

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA OCEÂNICA

Variabilidade do Sistema Praia-Dunas para o Litoral Norte do Rio Grande do Sul (Palmares do Sul a Torres -Brasil) Apoiado em Dados Laser Scanner – *Lidar*

HUMBERTO DIAS VIANNA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Oceânica”

Orientador: Prof. Dr. Lauro Julio Calliari

Rio Grande, março de 2013.

Dedico este trabalho para dois grande homens: meu pai Hermeto Marques Vianna e avô Ten. Sebastião Trindade Dias pelo legado de honra, honestidade e bons valores.

AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço a Jesus Cristo pelas lições de humildade e amor ao próximo;

Agradeço aos meus pais, Hermeto Marques Vianna (in memoriam) e Rosa Linda Dias Vianna pela vida, amor e apoio em todos os momentos de minha jornada;

Impossível não dedicar esse trabalho aos meus irmãos (Fabiana, Hermeto e Saionara) e tia Elodi pela amizade, apoio em minhas escolhas e ótimos momentos;

Esse trabalho também é dedicado a minha amada noiva Deisi pelo amor, respeito, incentivo, motivação e bons conselhos ao longo dos quatro anos de relacionamento;

Ao grande mestre Lauro Calliari por ter acreditado no meu potencial e desejo em concluir o trabalho de dissertação, independente de contratempos sofridos ao longo do curso. Ao Lauro agradeço por todos os ensinamentos de oceanografia geológica;

Ao professor e amigo Sérgio Fernandes do DER-FAEM UFPel pela constante motivação durante e depois da graduação e por ser meu mentor na área de geotecnologias;

Ao geógrafo Cláudio Schmitz (SPU-RS) pelo fornecimento dos dados brutos do laser;

Ao professor André Colling (Bentos-FURG) pela ajuda durante a análise estatística, sem o mesmo, esse trabalho não seria possível;

Ao professor Glauber Gonçalves (C3-FURG) pelo auxílio na obtenção dos dados e fornecimento do modelo geoidal;

Aos professores e servidores do Pós-Graduação em Engenharia Oceânica e graduação em Engenharia Agrícola da UFPel que, de alguma forma, contribuíram para esse trabalho;

Aos colegas do curso de Engenharia Hídrica da UFPel pelas liberações ao longo de 2012 motivadas pela dissertação;

Não menos importante, finalizo agradecendo aos verdadeiros amigos conquistados ao longo do curso de Engenharia Oceânica, Engenharia Agrícola e especialização em Diversidade Vegetal, pelos momentos de descontração tão importantes para amenizar as tensões cotidianas;

Ao CNPQ pela bolsa!

RESUMO

A altura do campo de dunas frontal está relacionada com parâmetros morfométricos e geológicos. Parâmetros como orientação da linha de costa, potencial de deriva de vento, declividade e largura da praia subaérea, percentual de areia média e tamanho médio do grão são determinantes para geomorfologia do campo de dunas frontal e transgressivo. O sistema laser scanner, ainda pouco utilizado no Brasil para estudos oceanográficos e de engenharia costeira, permite a obtenção dos diversos parâmetros citados de forma rápida e precisa, sem a necessidade de levantamentos morosos de perfis de praia. O principal impedimento para a adoção do sistema está relacionado ao alto custo do recobrimento e pouca mão de obra especializada para o processamento. Através de análises cluster e escalonamento multidimensional os diferentes balneários estudados nesse trabalho foram agrupadas, em função das variáveis ambientais, em quatro grupos de afinidade. As variáveis que mais contribuíram para a diferenciação dos grupos foram: largura da praia subaérea, potencial de deriva de vento, azimuth da linha de costa e percentual de areia média. Os grupos 1 e 4, situados mais ao sul da área de estudo, possuem balneários com maior largura da praia subaérea, potencial de deriva de vento e variação de volume acima do datum, porém apresentam os menores azimuths da linha de costa. O grupo 1 apresenta o maior volume de perfil e altura das dunas frontais. O menor volume de perfil pertence ao grupo 3, consequência do maior azimuth da linha de costa, responsável pela entrada quase paralela do vento dominante no sistema praia-duna e menor potencial de deriva de vento. O grupo 2 apresenta valores de largura da praia subaérea semelhante ao grupo 3, porém possui maior volume de perfil e altura das dunas frontais. Essas diferenças podem ser explicadas pelo menor azimuth da linha de costa do grupo 2. Baseado na análise conjunta da geomorfologia do campo de dunas com os resultados encontrados nas análises estatísticas podemos classificar as praias do grupo 1 em intermediárias do tipo banco e cava longitudinal e banco e praia de cúspides. As praias do grupo 2 e 3 em banco e praias de cúspides. Já as pertencentes ao grupo 4 em banco e cava longitudinal e banco e praia de cúspides.

Palavras chave: laser scanner, praia-duna, análise, variáveis, grupos.

ABSTRACT

The height of the foredunes fields is related to geological and morphometric parameters. Parameters such as orientation of the coastline, drift potential of wind, slope and width of subaerial beach, sand percentage and average mean grain size are determinants of the geomorphology of the foredune and transgressive dunes. Despite the LIDAR system allows collecting data mentioned quickly and accurately, without the need for lengthy surveys of beach profiles, it remains underutilized in Brazil. The main impediment to the adoption of this system is related to the high cost of coverage and low skilled labor for processing. Through cluster analysis and multidimensional scaling the different resorts studied in this work were grouped according to environmental variables in four affinity groups. The variables that contributed most to the differentiation of the groups were: width of subaerial beach, drift potential of wind azimuth of coastline and percentage of medium sand. Group 1 and 4 have being showed the greatest width of subaerial beach, wind drift potential and volume change above the datum but have the lowest azimuths shoreline. Group 1 has the greatest volume and height profile of foredunes. The lower volume profile belongs to group 3, a consequence of higher azimuth of shoreline, nearly parallel input responsible for the prevailing wind in the beach-dune system and less wind drift potential. Group 2 presents values of subaerial beach width similar to group 3 but has a greatest volume and height profile of foredunes. These differences can be explained by the lower azimuth shoreline of group 2. When we analyze jointly the geomorphology and the result of statistical methods, the beaches can be classified into group 1 like intermediate-type bank and cava and longitudinal bench and beach cusps; bank and beaches cusps the groups 2 and 3 and longitudinal bench and beach cusps the group 4.

Keywords: LIDAR, dune-beach, analysis, variables, groups.

SUMÁRIO

LISTA DE SÍMBOLOS.....	9
LISTA DE ABREVIATURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	12
LISTA DE FIGURAS.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO.....	23
3. OBJETIVOS.....	28
3.1 OBJETIVOS GERAIS.....	28
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
5.1. PALMARES DO SUL.....	44
5.1.1 Dunas Altas e Santa Rita.....	44
5.1.2 Demais Balneários.....	48
5.2 BALNEÁRIO PINHAL.....	56
5.3 CIDREIRA.....	60
5.4 TRAMANDAÍ.....	74
5.5 IMBÉ.....	85
5.6 OSÓRIO.....	92
5.7 XANGRI-LÁ.....	94
5.8 CAPÃO DA CANOA.....	98
5.9 TERRA DA AREIA.....	108
5.10 ARROIO DO SAL.....	112
5.11 TORRES.....	119
5.12 DISCUSSÕES GEOMORFOLOGIA.....	128
5.13 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	132
5.14 DISCUSSÕES ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	142
6. CONCLUSÕES.....	147
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	150

ANEXO 4.1 FAIXA RECOBRIMENTO LIDAR SOBREPOSTA A IMAGEM CBERS 2B.....	CD ANEXO
ANEXO 5.1 TABELA COM PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS.....	160
ANEXO 5.2 RELATÓRIOS PRIMER.....	176

LISTA DE SÍMBOLOS

A_m (%)	Percentual de areia média
dist.eucli	Distância euclidiana
i_1	Intensidade do sinal de retorno do primeiro pulso
i_2	Intensidade do sinal de retorno do segundo pulso
$M_z \varphi$	Tamanho do grão médio em escala logarítmica (ϕ)
n	Número de objetos na análise de escalonamento multidimensional
t	Tempo em que o retorno foi gravado
x_1	Coordenada UTM E de retorno do primeiro pulso
x_2	Coordenada UTM E de retorno do segundo pulso
y_1	Coordenada UTM N de retorno do primeiro pulso
y_2	Coordenada UTM N de retorno do segundo pulso
$Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_p$	Variáveis ambientais para análise Cluster
z_1	Altitude geométrica de retorno do primeiro pulso
z_2	Altitude geométrica de retorno do primeiro pulso
Σ	Somatório
δ_{ij}	distância do objeto i para o j , na i -ésima linha e j -ésima coluna

LISTA DE ABREVIATURAS

AMDS	Análise de escalonamento multidimensional
ANOSIM	Análise de variância similaridades
B	Barra
BCL	Banco e calha longitudinal
BPC	Banco e praia de cúspides
BT	Bancos transversais
C	Centro
CAD	Computer aided design
CD	Campo de dunas
DSP	Desvio Padrão
E	Coordenada UTM E ou east (leste)
ENE	Leste-nordeste
ESE	Leste-sudeste
GPS	Global Positioning System
IMU	Inertial Measurement Unit
JA	Jardim Atlântico
JE	Jardim do Édem
Lidar	Laser Scanner
MDS	Modelo digital de superfície
N	Coordenada UTM N
NE	Nordeste
NCALM	National Center for Airborne Laser Mapping
NTA	Nova Tramandaí plano A
NTB	Nova Tramandaí plano B
O	Oeste
OS	Oásis Sul
PDV	Potencial de deriva de vento
PDVR	Potencial de deriva de vento resultante
RS	Rio Grande do Sul
S	Sul
SE	Sudeste

SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SO	Sudoeste
SPU	Secretaria do Patrimônio da União
SSE	Sul-sudeste
TJ	Tiarajú
TS	Tramandaí Sul
TBM	Terraço de baixa mar
UTM	Universal Transversa de Mercator
UV	Unidades de Vetor
VVAD	Varição do volume acima do datum
ZN	Zona Nova
ZNES	Zona Nova Extensão Sul
ZNS	Zona Nova Sul

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Comparação entre lidar e fotogrametria.....	32
Tabela 5.1 - Parâmetros morfométricos da praia de Quintão.....	55
Tabela 5.2 - Morfometria do Balneário Pinhal.....	59
Tabela 5.3 - Morfometria dos balneários do município de Cidreira-RS.....	73
Tabela 5.4 - Morfometria dos balneários pertencentes ao município de Tramandaí-RS.....	84
Tabela 5.5 - Morfometria dos balneários pertencentes ao município de Imbé-RS.....	90
Tabela 5.6 - Morfometria dos balneários Atlântida Sul e Dunas Altas.....	93
Tabela 5.7 - Morfometria dos balneários de Xangri-lá.....	97
Tabela 5.8. Parâmetros morfométricos dos balneários de Capão da Canoa.....	107
Tabela 5.9 - Parâmetros morfométricos do município de Arroio do Sal.....	118
Tabela 5.10 - Morfometria do município de Torres.....	126
Tabela 5.11 - Valores do R estatístico e nível de significância encontrados pelo ANOSIM para os grupos sugeridos.....	139
Tabela 5.12 - Média e percentual de contribuição das variáveis para a formação do grupo 1.....	139
Tabela 5.13 - Média e percentual de contribuição das variáveis para a formação do grupo 2.....	140
Tabela 5.14 - Média e percentual de contribuição das variáveis para a formação do grupo 3.....	140
Tabela 5.15 - Média e percentual de contribuição das variáveis para a formação do grupo 4.....	141
Tabela 5.16 - Contribuição de cada variável para a dissimilaridade entre grupos em %.....	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Municípios constituintes da área de estudo.....	23
Figura 4.1 - Nuvem de pontos gerada pelo lidar sobre as dunas frontais do Balneário Dunas Altas (Palmares do Sul).....	29
Figura 4.2 - Nuvem de pontos gerada sobre a plataforma de pesca em Salinas (Cidreira).....	29
Figura 4.3 - Sistema laser scanner.....	30
Figura 4.4 - Diagrama do sistema laser scanner.....	31
Figura 4.5 - Modelo geoidal gerado para o litoral norte do RS.....	35
Figura 4.6 - Equação utilizada para a conversão de altitudes geométricas em ortométricas....	36
Figura 4.7 - Classes de altitudes geradas para trecho de praia em Terra de Areia onde cada cor corresponde a uma altitude no intervalo de 15 cm.....	38
Figura 4.8 - MDS com classes de altitude e curvas de nível sobrepostas.....	39
Figura 4.9 - Vista superior do perfil, as flechas indicam a largura adotada para o cálculo da VVAD.....	39
Figura 4.10 - Perfil visto em corte.....	39
Figura 4.11 - Vetorização da crista de uma duna frontal. Na imagem parte do campo de dunas do balneário de Capão Novo (Capão da Canoa – RS).....	40
Figura 4.12 - Arquivo ASCII de coordenadas da crista de uma duna pertencente ao balneário Araçá (Capão da Canoa-RS).....	41
Figura 5.1 - Hipsometria do balneário Dunas Altas.....	CD ANEXO
Figura 5.2 - Hipsometria dos balneários Santa Rita e Frade.....	CD ANEXO
Figura 5.3 - Detalhe dos rastros lineares residuais e duna parabólica deixado pelas dunas parabólicas, do cordão alto de dunas frontais e de um sangradouro migrando entre o campo de dunas. A imagem representa a parte norte do balneário Dunas Altas imediatamente ao sul do sangradouro.....	45
Figura 5.4 - Ruptura de deflação (<i>blowout</i>) causada pela presença de um grande sangradouro localizado ao sul do mosaico de DA.....	46
Figura 5.5 - Blowouts (rupturas de deflação) tipo calha no balneário Santa Rita.....	47
Figura 5.6 - Blowouts (rupturas de deflação) tipo bacia no balneário Dunas Altas.	47
Figura 5.7 - Bacia de deflação e dunas parabólicas encontrado no balneário Frade	48

Figura 5.8 - Sentido de migração das dunas parabólicas em direção às edificações, sinalizando a ausência de planejamento do balneário.....	49
Figura 5.9 - Descontinuidade nas dunas frontais ocasionada pela presença de sangradouros..	50
Figura 5.10 - Balneário Rei do Peixe na imagem é possível visualizar as falhas no arquivo bruto.....	CD ANEXO
Figura 5.11- Edificações entre cordão de dunas adjacentes.....	51
Figura 5.12 – Duna frontal em forma de U, na imagem edificações sobre o cordão.....	51
Figura 5.13 - Hipsometria do centro (Pioneiros).....	CD ANEXO
Figura 5.14 - Hipsometria do campo de dunas entre Quintão e Balneário Pinhal....	CD ANEXO
Figura 5.15 - Hipsometria do campo de dunas entre Quintão e Balneário Pinhal....	CD ANEXO
Figura 5.16 - <i>Blowout</i> com duna frontal recuperada à frente	52
Figura 5.17 - Bacia de deflação e lobo de deposição de um <i>blowout</i>	53
Figura 5.18 - Duna frontal segmentada formando depósitos isolados de formato triangular, provavelmente no estágio 3 ou 4.....	53
Figura 5.19 - Cordão de duna frontal delgada.....	54
Figura 5.20 - Urbanização sobre as dunas frontais em Balneário Pinhal.....	56
Figura 5.21 - Edificações sobre as dunas frontais.....	57
Figura 5.22 - Dunas frontais removidas.....	57
Figura 5.23 - Duna frontal com altura maior que 8 m.....	58
Figura 5.24 - Dunas removidas e sinais de lotes nivelados com material proveniente das mesmas na Costa do Sol.....	60
Figura 5.25 - Hipsometria do trecho entre Rua Bagé até Getúlio Vargas.....	CD ANEXO
Figura 5.26 - Hipsometria do trecho entre Rua Venâncio Aires até Tipio.....	CD ANEXO
Figura 5.27 - Hipsometria entre Av. Brasil até Travessa 45.....	CD ANEXO
Figura 5.28A - Hipsometria entre Travessa 43 até Av. Pampa.....	CD ANEXO
Figura 5.28B - Hipsometria entre Av. Pampa até Av. José Krauer.....	CD ANEXO
Figura 5.29 - Hipsometria entre Travessa São Lucas até rua Garça no balneário Costa do Sol (Cidreira-RS).....	CD ANEXO
Figura 5.30 - Dunas removidas e sinais de lotes nivelados com material proveniente das mesmas na Costa do Sol.....	60
Figura 5.31 - Grande densidade de edificações sobre as dunas frontais na Zona A.....	61
Figura 5.32 - Edificações entre as dunas na Zona A	61
Figura 5.33 - Terminal turístico de Cidreira, na imagem é possível visualizar as dunas frontais e a avenida Mostardeiro.....	62

Figura 5.34 - Fundação Pão dos Pobres, arbóreas substituem as dunas frontais.....	63
Figura 5.35 - Local edificado com remoção das dunas frontais, coordenadas 576736 E 6661205 N.....	64
Figura 5.36 - Remoção total do campo de dunas.....	64
Figura 5.37 - Sangradouro ocasionado por tubulações pluviais, coordenadas 576842 E 6661435 N.....	65
Figura 5.38 - Dunas frontais em Nazaré, coordenadas 576931 E 6661761 N.....	66
Figura 5.39 - Sangradouro formado por tubulação pluvial em Nazaré, coordenadas 576931 E 6661791 N.....	66
Figura 5.40 - Morfologia das dunas frontais em Salinas.....	67
Figura 5.41 - Cordões de dunas frontais ao sul da plataforma de pesca em Salinas.....	67
Figura 5.42 - Sangradouro formado por tubulação pluvial em Salinas, coordenadas 578259 E 6665537 N.....	68
Figura 5.43 - Campo dunas ano norte de Cidreira, vista da RS – 786.....	69
Figura 5.44 - Duna frontal incipiente e estabelecida.....	70
Figura 5.45 - Dunas parabólicas pela ação do vento dominante.....	70
Figura 5.46 - Dunas frontais incipientes e rastros lineares.....	71
Figura 5.47 - Planície de deflação com dunas parabólicas e <i>blowouts</i>	71
Figura 5.48 - Dunas parabólicas encontradas ao longo do campo de dunas.....	72
Figura 5.49 - Planície de deflação com 580 m.....	72
Figura 5.50 - Grande <i>trailing ridge</i> de duna parabólica orientado em relação ao vento dominante.....	73
Figura 5.51 - Hipsometria entre Costa do Sol e Zona A.....	CD ANEXO
Figura 5.52 - Hipsometria da Zona A.....	CD ANEXO
Figura 5.53. Hipsometria entre Zona A e Centro.....	CD ANEXO
Figura 5.54 - Hipsometria entre Centro e Nazaré.....	CD ANEXO
Figura 5.55 - Hipsometria entre Nazaré e Salinas.....	CD ANEXO
Figura 5.56 - Hipsometria entre Salinas e Campo de Dunas.....	CD ANEXO
Figura 5.57 - Hipsometria do campo de dunas.....	CD ANEXO
Figura 5.58 - Hipsometria do campo de dunas.....	CD ANEXO
Figura 5.59 - Dunas frontais orientadas em relação ao vento dominante, dunas parabólicas podem ser visualizadas.....	74
Figura 5.60 - Bacia de deflação próximo ao balneário Tiarajú, nebkhas podem ser visualizadas.....	75

Figura 5.61 - Remoção do campo de dunas para criação de loteamento em Tiarajú.....	76
Figura 5.62 – Dunas de morfologia arredondada e orientadas em relação ao vento dominante.....	77
Figura 5.63 - Campo de dunas em Jardim Atlântico.....	77
Figura 5.64 - Campo de dunas em Jardim Atlântico.....	78
Figura 5.65 - Dunas mais bem desenvolvidas em Oásis Sul.....	79
Figura 5.66 - Duna Parabólica em Oásis Sul.....	79
Figura 5.67 - Lobo de deposição e bacia de deflação em Nova Tramandaí plano A.....	80
Figura 5.68 - Dunas frontais bem desenvolvidas com crista contínua no balneário Barra.....	81
Figura 5.69 - Dunas frontais do balneário Barra.....	82
Figura 5.70 - Dunas frontais do balneário Barra.....	82
Figura 5.71 - Morfologia das dunas frontais no pontal da laguna de Tramandaí.....	83
Figura 5.72 - Hipsometria do campo de dunas.....	CD ANEXO
Figura 5.73 - Hipsometria dos balneários Tiarajú e Jardim do Éden.....	CD ANEXO
Figura 5.74 - Hipsometria dos balneários Jardim Atlântico e Oásis Sul.....	CD ANEXO
Figura 5.75 - Hipsometria do balneário Nova Tramandaí plano B.....	CD ANEXO
Figura 5.76 – Hipsometria dos balneários Nova Tramandaí plano A e Tramandaí Sul.....	CD ANEXO
Figura 5.77 - Hipsometria do balneário Zona Nova Extensão Sul e Zona Nova Sul.....	CD ANEXO
Figura 5.78 - Hipsometria do balneário Zona Nova, na imagem é possível visualizar a plataforma de pesca.....	CD ANEXO
Figura 5.79 - Hipsometria dos balneários Centro e Barra.....	CD ANEXO
Figura 5.80 - <i>Through blowouts</i> nas dunas frontais.....	85
Figura 5.81 - <i>Through blowouts</i> sobre o cordão de dunas frontais.....	86
Figura 5.82 - Alargamento do campo de dunas.....	86
Figura 5.83 - Área deflacionada com dunas parabólicas entre Balneário Imbé e Ecademar....	87
Figura 5.84 - Duna frontal de grande volume no balneário Riviera.....	88
Figura 5.85 - Edificações sobre área reservada ao cordão de dunas no balneário Ipiranga.....	88
Figura 5.86 - Edificações dividindo espaço com dunas no balneário Nordeste.....	89
Figura 5.87 - Hipsometria do balneário Imbé.....	CD ANEXO
Figura 5.88 - Hipsometria entre os balneários Morada do Sol e Ipiranga.....	CD ANEXO
Figura 5.89 - Hipsometria entre o balneário Nordeste e Mariluz Plano C.....	CD ANEXO
Figura 5.90 - Hipsometria entre o balneário Harmonia e Santa Terezinha.....	CD ANEXO

Figura 5.91 - Hipsometria entre o balneário Santa Terezinha e Imara.....	CD ANEXO
Figura 5.92 – Dunas frontais orientadas em relação ao vento dominante conectadas ao cordão produzido paralelo à Av. Beira Mar.....	92
Figura 5.93 - Hipsometria do balneário Atlântida Sul.....	CD ANEXO
Figura 5.94 - Hipsometria do balneário Mariápolis.....	CD ANEXO
Figura 5.95 - Condomínio Playa Vista Xangri-lá, cordões de dunas frontais produzidos artificialmente.....	95
Figura 5.96 - Área vegetada posterior às dunas frontais.....	96
Figura 5.97 - Sangradouro de ocorrência natural.....	96
Figura 5.98 - Hipsometria do balneário Xangri-lá.....	CD ANEXO
Figura 5.99 - Hipsometria do balneário Xangri-lá.....	CD ANEXO
Figura 5.100 - Hipsometria balneário Xangri-lá.....	CD ANEXO
Figura 5.101 - Hipsometria dos balneários Xangri-lá, CCIe Enara.....	CD ANEXO
Figura 5.102 - Hipsometria dos balneários Enara e Atlântida.....	CD ANEXO
Figura 5.103 - Orla do balneário Navegantes.....	98
Figura 5.104 - Edificações com 45 m de altura no balneário Navegantes em contraste com as dunas frontais.....	98
Figura 5.105 – Orla do bairro Zona Nova.....	99
Figura 5.106 - Substituição do campo de dunas por quiosques e calçadão, na imagem é possível visualizar o antigo baronda.....	100
Figura 5.107 - Morfologia do cordão de dunas frontais no Balneário Zona Nova.....	101
Figura 5.108 - Cordão de dunas frontais descontínuo degradado por edificações e arbóreas no Balneário Arco Íris.....	101
Figura 5.109 - Dunas frontais vegetadas no balneário Guarani.....	102
Figura 5.110 - Morfologia das dunas frontais no balneário Jardim Beira Mar.....	103
Figura 5.111 - Sangradouro de ocorrência natural próximo à divisa com a Praia do Barco...103	
Figura 5.112 - Duna de orientação transversal ao vento dominante.....	104
Figura 5.113 - Sangadouros de ocorrência antrópica gerados pela drenagem urbana no balneário Zona Nova.....	106
Figura 5.114 - Hipsometria dos balneários Navegantes e Centro.....	CD ANEXO
Figura 5.115 - Hipsometria dos balneários Zona Nova e Araçá.....	CD ANEXO
Figura 5.116 - Hipsometria dos balneários Arco Íris, Guarani, Zona Norte e Jardim Beira Mar.....	CD ANEXO
Figura 5.117 - Hipsometria dos balneários Praia do Barco e Capão Novo.....	CD ANEXO

Figura 5.118 - Hipsometria do balneário Capão Novo.....	CD ANEXO
Figura 5.119 - Hipsometria do balneário Capão Novo.....	CD ANEXO
Figura 5.120 - Hipsometria dos balneários Capão Novo e Arroio Teixeira.....	CD ANEXO
Figura 5.121 - Hipsometria dos balneários Arroio Teixeira, Conceição, Arroio Teixeira Gleba B e Curumin.....	CD ANEXO
Figura 5.122 - Contraste entre urbanização versus trecho preservado em Terra de Areia.	108
Figura 5.123 - Cordão de dunas frontais preservado, porém segmentado pelo acesso de pedestres.....	109
Figura 5.124 - Padrão do campo de dunas preservado e dunas frontais ao sul de Terra de Areia.....	109
Figura 5.125 - Forma das dunas frontais a partir das coordenadas 604322 E 6724417 N....	110
Figura 5.126 - Sequência de depósitos independentes.....	110
Figura 5.127 - Hipsometria do município de Terra de Areia.....	CD ANEXO
Figura 5.128 - Hipsometria da metade norte de Terra de Areia e sul de Arroio do Sal.....	CD ANEXO
Figura 5.129 - Hipsometria entre as ruas Santa Cruz e Manoel Alves Pereira.....	CD ANEXO
Figura 5.130 - Possível nivelamento das áreas adjacentes à estrada e um canal de ocorrência artificial.....	112
Figura 5.131 - Hipsometria entre as ruas Castelo Branco e Amazonas.....	CD ANEXO
Figura 5.132 - Campo de dunas com cristas paralelas.....	113
Figura 5.133 - Hipsometria entre avenida Assis Brasil e Rua Vinte e Cinco de Abril.....	CD ANEXO
Figura 5.134 - Cordão de dunas com crista seccionada.....	114
Figura 5.135 - Sangradouro cruzando o cordão de dunas frontais.....	114
Figura 5.136 - Sangradouro transpondo o cordão de dunas frontais.....	115
Figura 5.137 - Hipsometria entre Rua A até Tancredo Neves.....	CD ANEXO
Figura 5.138 - Dunas frontais removidas para o cultivo de arbóreas na Rua A esquina J....	115
Figura 5.139 - Hipsometria entre as ruas Tancredo Neves até D.....	CD ANEXO
Figura 5.140 - Tendência de migração das dunas próximo à Rua Tancredo Neves em Arroio do Sal.....	116
Figura 5.141 - Hipsometria entre Rua D até S.....	CD ANEXO
Figura 5.142 - Hipsometria entre Rua A até Rua Farroupilha.....	CD ANEXO
Figura 5.143 - Hipsometria entre Rua H até 1425 Brasília.....	CD ANEXO
Figura 5.144 - Hipsometria entre Rua dos Ventos até Farroupilha.....	CD ANEXO

Figura 5.145 - Edificação com mais de 10 m de altura na praia Paraíso.....	119
Figura 5.146 - Quadras não edificadas na praia Real.....	120
Figura 5.147 - Duna frontal seccionada pela ação de um sangradouro.....	121
Figura 5.148 - Arbóreas sobre as dunas frontais próximo ao limite entre Itapeva Sul e Torres Tur.....	121
Figura 5.149 - Afloramento rochoso no Parque Estadual da Itapeva.....	122
Figura 5.150 - Morfologia das dunas frontais no Parque Estadual de Itapeva.....	123
Figura 5.151 - Duna interligado ao cordão principal.....	123
Figura 5.152 - Praia da Guarita em vermelho as formações rochosas, nota-se sangradouros na Guarita Oeste.....	124
Figura 5.153 - Parque Nacional da Guarita com afloramentos rochosos estendendo-se por mais de 60 m em direção ao mar.....	124
Figura 5.154 - Morro do Farol no topo é possível visualizar antenas e farol.....	125
Figura 5.155 - Dunas frontais próximo ao Rio Mampituba.....	125
Figura 5.156 - Hipsometria do balneário Paraíso.....	CD ANEXO
Figura 5.157 - Hipsometria do balneário Praia Real.....	CD ANEXO
Figura 5.158 - Hipsometria de três balneários ao sul de Torres.....	CD ANEXO
Figura 5.159 - Hipsometria dos balneários Recreio, Petrópolis, Yara e Gaúcha Anexo.....	CD ANEXO
Figura 5.160 - Hipsometria dos balneários Praia Gaúcha, Casqueiro, Tupynambá, Riviera, Condomínio Ocean Side e Lagoa do Jardim.....	CD ANEXO
Figura 5.161 - Hipsometria dos balneários Itapeva Sul, Torres Tur e Itapeva III Etapa.....	CD ANEXO
Figura 5.162 - Hipsometria do balneário Itapeva.....	CD ANEXO
Figura 5.163 - Hipsometria do Parque Estadual de Itapeva, em vermelho, a grande formação rochosa que se estende até o oceano de altura superior ao limite da escala.....	CD ANEXO
Figura 5.164 - Hipsometria do Parque Estadual de Itapeva.....	CD ANEXO
Figura 5.165 - Hipsometria do Parque Estadual de Itapeva e Nacional da Guarita, em vermelho, as falésias de altura superior ao limite da escala.....	CD ANEXO
Figura 5.166 - Hipsometria da Praia da Cal Prainha e Morro do Farol.....	CD ANEXO
Figura 5.167 - Hipsometria da Praia Grande.....	CD ANEXO
Figura 5.168 – Ação de um evento extremo em Dunas Altas, em azul as áreas atingidas.....	130
Figura 5.169 – Ação de evento extremo no balneário Magistério, na imagem é possível visualizar a transposição do cordão de dunas frontais pelas ondas.....	131

Figura 5.170 - Dendrograma gerado a partir da análise Cluster, onde se observa a formação de 4 grupos de praias de maior similaridade.....	133
Figura 5.171 - Limitado pelas linhas em vermelho, o balneário Conceição (Capão da Canoa) é seccionado por um grande sangradouro.....	135
Figura 5.172 – Forma gráfica da análise de Escalonamento Multidimensional (MDS), onde se observa a formação de quatro grupos de praias.....	136
Figura 5.173 – Imagem de satélite onde se observa a distribuição dos quatros grupos de praias formados nas análises Cluster e MDS.....	138

1. INTRODUÇÃO

Dunas costeiras formam-se através da interação entre o sedimento (areia) e a força de cisalhamento exercida pelo vento na camada limite atmosférica. A interação entre superfície representada pelo tamanho do grão, vegetação, detritos e obstáculos topográficos e características do vento, caracterizado pela força tangencial na superfície e variabilidade direcional do regime anual, reflete-se na morfologia das dunas (Seoane *et. al.* 2007). O transporte eólico é proporcional à terceira potência da velocidade do vento, pequenas variações na velocidade do vento induzem grandes mudanças nos volumes transportados. O tamanho absoluto das dunas frontais e dos sistemas dunares transgressivos é influenciado por três fatores primários: velocidade dos ventos incidentes, tamanho médio do grão e orientação da linha de costa em relação ao vento dominante (Bagnold, 1941).

Um fator importante que favorece a formação de dunas com grande volume é a alta energia de ondas com período longo uma vez que promove condições para a transferência de sedimentos da ante-praia para a zona de arrebatamento e daí para a praia (Short & Hesp, 1982). As praias analisadas mostraram evidências sobre a relação entre sua morfodinâmica e o volume e altura das dunas indicando maior altura para praias dissipativas passando para dunas menores e mais estáveis em direção ao extremo refletivo (Hesp, 1988).

Considerando que numa área exista incidência de ventos em direção ao continente, as praias dissipativas são geralmente constituídas de areia fina, a face da praia e o pós praia são largos e de baixa declividade propiciando mínimo distúrbio no fluxo do vento. Adicionalmente devido a alta energia de ondas apresentam bastante spray salino que propicia a existência de uma vegetação com baixa diversidade e zonation pronunciada. Todos estes fatores associados a baixa mobilidade da praia, condiciona um potencial elevado na formação de dunas frontais altas. Com o passar do tempo (centenas de anos) o alto potencial do vento no transporte de areia fornece grande volume de sedimentos para a formação das dunas. Grandes campos de dunas transgressivas completam a geomorfologia, sendo formados pela combinação de ondas de alta energia e vento com grande potencial para o transporte eólico (Short & Hesp, 1982).

Praias intermediárias são caracterizadas por energia moderada de ondas granulometria média, zona de surf complexa geralmente caracterizada por ritmicidades, formando pequenas baías, incluindo bancos transversais e cavas que lhes confere certo grau de tridimensionalidade. Distúrbios no fluxo do vento aumentam com o aumento do gradiente da praia diminuindo o potencial de transporte eólico e conseqüentemente reduzindo a altura das dunas frontais. A longo prazo a diminuição da dissipatividade da praia reduz o potencial no transporte de areia pelas ondas e pelo vento. Praias intermediárias de alta energia podem apresentar campos de dunas transgressivos sem vegetação, *blowouts* e dunas parabólicas de menor proporção quando comparados à praias dissipativas (Short & Hesp, 1982). Poucos e discretos *blowouts* e dunas parabólicas são encontradas em praias de intermediárias de moderada-baixa energia.

Entretanto essas relações entre as características morfodinâmicas e a altura das dunas frontais podem ser modificadas por uma série de fatores naturais e antrópicos. Em certos trechos do litoral norte e médio do Rio Grande do Sul (RS) especialmente ao sul de Mostardas, a variabilidade na altura das dunas frontais não está relacionada com o estágio praias nem com a largura da porção subaérea e granulometria. Neste setor da costa onde predominam praias dissipativas com dunas frontais reduzidas, o vento predominante incide paralelamente à praia induzindo transporte de areia. Desde o extremo norte entre a localidade de Torres até Mostardas as dunas frontais são bem desenvolvidas uma vez que a mudança na orientação da linha de costa em relação ao vento predominante induz transporte eólico em direção ao continente. Mostardas é assim um ponto de inflexão na costa do RS. Nota-se entretanto um aumento progressivo na altura das dunas frontais de Torres à Dunas Altas e provavelmente nesse trecho as relações morfodinâmicas entre praia e duna frontal seguem os aspectos apontados na literatura uma vez que a orientação da costa em relação ao vento predominante favorece o transporte eólico em direção ao continente. Possivelmente nesse trecho as relações entre a morfodinâmica das praias e a altura e estabilidade das dunas frontais se encaixe nos padrões já descritos na literatura.

Levantamentos recentes com laser scanner, Light Detection And Ranging (LIDAR) justamente ao longo do setor entre Torres e Dunas Altas, fornece uma base de dados onde é possível obter infinitos perfis transversais praia-duna nos quais parâmetros físicos tais como altura das dunas, largura e declividade de praia e a geomorfologia detalhada da área levantada

sejam obtidos. Esses dados associados aos processos responsáveis pela morfodinâmica atual a exemplo da direção e intensidade do vento, existência de drenagem pluviais, características morfodinâmicas das praias bem como a presença/ausência de diferentes graus de urbanização ao longo do setor considerado nos proporciona uma boa oportunidade para verificar em maior detalhe a existência da variabilidade lateral e seus padrões característicos.

Estima-se que, com a precisão do fornecida pelo LIDAR ao longo de uma faixa de praia maior que 130 km, seja possível explicar, com propriedade, a variação lateral na altura das dunas e demais variações morfológicas do longo do trecho estudado.

2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

O litoral norte gaúcho é formado pelos municípios de Palmares do Sul, Balneário Pinhal, Cidreira, Tramandaí, Imbé, Osório, Xangri-lá, Capão da Canoa, Terra de Areia, Arroio do Sal e Torres, sendo limitado ao sul pela farol Berta e ao norte pelo rio Mampituba (Figura 2.1). Esses municípios são constituídos por, aproximadamente, 135 balneários com uma linha de costa retilinizada com 126,448 km de extensão e uma orientação geral sudoeste-nordeste. A linha de costa é interrompida por duas desembocadoras, ao sul pelo rio Tramandaí (divisa entre os municípios de Tramandaí e Imbé) e ao norte pelo rio Mampituba (divisa entre o estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina), ambas fixadas por estruturas oceânicas do tipo molhes.

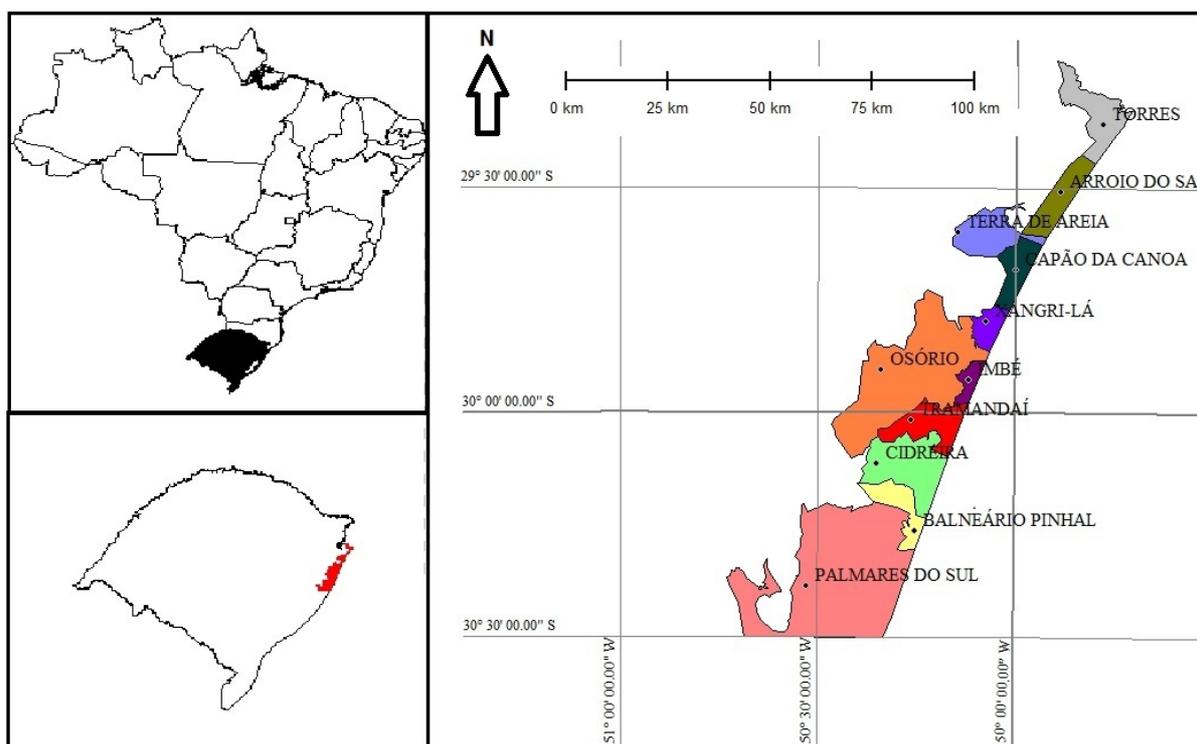


Figura 2.1 – Municípios constituintes da área de estudo, à esquerda destaque para a área de estudo no território brasileiro e do Rio Grande do Sul.

A área de estudo situa-se na planície costeira do Rio Grande do Sul, mais ampla do país. Essa planície cresceu durante o Quaternário, através do desenvolvimento de um amplo

sistema de leques aluviais, situado em sua parte mais interna, próximo às suas áreas fonte e do acréscimo lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo “laguna barreira” (Tomazelli & Villwock, 2000). Cada barreira se instalou nos máximos transgressivos alcançados durante os últimos maiores ciclos glácio-eustáticos do Quaternário (Tomazelli & Villwock, 2000). A planície costeira do Rio Grande do Sul corresponde a uma região onde estão expostos os depósitos mais superficiais e proximais do pacote sedimentar acumulado em uma bacia marginal aberta a Bacia de Pelotas. Desenvolvida sobre embasamento constituído pelo complexo cristalino pré-cambriano e pelas sequenciais sedimentares e vulcânicas, paleozóicas e mezozóicas da Bacia do Paraná (Tomazelli & Villwock, 2000).

A região de estudo insere-se no sistema deposicional IV, do tipo laguna barreira, desenvolvida durante o Holoceno, como consequência da última transgressão pós-glacial (Tomazelli & Villwock, 2005). No máximo dessa transgressão, o mar alcançou um nível, aproximadamente, 2,10 m acima do atual (Angulo *et. al.*, 1999). A barreira holocênica ao norte de Tramandaí progradiu, em Jardim do Éden e Cidreira a barreira retrogradiu (Travessas *et. al.* 2005). Entre Torres e Tramandaí a barreira progradiu (Dillenburg *et. al.*, 2005). Em Dunas Altas a barreira tem um comportamento levemente progradante (Dillenburg *et. al.*, 2007).

A plataforma continental é larga, 150 a 200 km de extensão, com profundidades variando entre 100 e 140 m, declividade suave, 0,5 a 1,5 m/km, e antepraia com limites externos entre as profundidades de 10 e 15 m, constituída por depósitos arenosos (Almeida *et. al.*, 2006). Os sedimentos praias são constituídos, principalmente, por areias finas de tamanho médio de 0,2 mm (Nicolodi *et al.* 2002, Gruber 2002).

Os balneários que constituem os citados municípios são, segundo Calliari *et al.* (2006), caracterizados por praias de características intermediárias a dissipativas, de acordo com a classificação de Wright & Short (1984). Entre o farol de Mostradas até os desfiladeiros encontrados na praia da Guarita em Torres, os balneários apresentam características intermediárias com índice de mobilidade moderado a alto (Pereira *et. al.* 2010). O mesmo autor afirma que, no município de Torres, ocorrem balneários de características intermediárias e dissipativas com moderado a baixo índice de mobilidade. A declividade média de tais praias é baixa, aproximadamente 2%, com poucos e inexpressivos cúspides praias (Martins, 1967). Formações rochosas são encontradas no município de Torres, conferindo certo grau de

proteção as praias entre promontórios rochosos.

Sobre o litoral incidem ondas geradas no Atlântico sul e vagas formadas pelos fortes ventos nordeste de primavera e verão. Exceto pelos ventos sul e sudeste, as ondas são caracterizadas por média a alta energia, sendo a altura significativa variável próxima de 1,25m e período entre 9 a 10 s (Fontoura, 2004). As praias estão condicionadas ao regime de micromaré, média anual de 0,47m e altura significativa de ondas de 1,5m (Calliari *et al.*, 2006). Figueiredo & Calliari (2005) afirmam que ondas maiores que 3,5 m podem ocorrer em águas profundas no período de inverno. Segundo Strauch *et. al* (2009) a altura significativa de ondas no verão em Tramandaí distribui-se entre as direções ENE (leste-nordeste) e S (sul) com valores entre 1,5 a 3 m, esse último entre as direções ESE (leste-sudeste) e SSE (sul-sudeste). No outono as alturas significativas são de 4,0 m entre as direções ENE e S, com predominância da direção SSE, atingindo as maiores frequências os valores entre 1,0 e 2,0 m nesta direção. Os períodos de picos se dividem entre as direções ENE e S com valores de até 15 s na direção SE (sudeste), apresentando maior frequência na faixa de 9 a 12 s na mesma direção. No outono, os períodos de pico se distribuem entre as mesmas direções observadas no verão, atingindo valores de 19 s com predominância na direção SSE e apresentando frequências entre 9 a 12 s nesta direção. Regimes ondulatórios correspondem as vagas e ondulações, sendo a maior concentração de vagas observadas nas direções entre E (leste) e ESE no verão no verão com predominância de E em Tramandaí (Strauch *et. al.* 2009).

O cordão de dunas é, geralmente, constituído por areias finas quartzosas (Martins, 1967) sendo interrompido por sangradouros. Em certos setores da costa, nota-se extensos campos de dunas, os quais progradam sobre banhados e um conjunto de lagoas costeiras. A altura das dunas frontais aumenta gradativamente de norte para sul sendo as maiores ocorrendo no balneário de Dunas Altas (Palmares do Sul), atingindo valores entre 6 a 8 m (Calliari *et. al.*, 2005). O mesmo autor afirma que 50% das dunas do litoral norte encontram-se no estágio 2, segundo a classificação de Hesp (1988).

Segundo Hesp (1988) as dunas podem ser classificadas em cinco estágios evolutivos que podem ser aplicados em costas erosivas, progradantes e estáveis. O estágio 1 é caracterizado por dunas de topografia simples, lateralmente contínuas e bem vegetadas (90% – 100% de sua superfície). O estágio 2 é similar ao 1, porém menos vegetada (75% a 90%). O estágio 3 ocorre uma topografia do tipo hummock, de morfologia irregular, fragmentada,

assimétrica, com formas monticular com superfície vegetada entre 45% a 75%. No estágio 4 as dunas caracterizam-se por cordões parcialmente vegetados, com 20% a 45% da superfície, maior variabilidade topográfica, em comparação ao grupo 3, com médios a grande *blowouts* além de planícies de areia e bacias de deflação. O 5º e último estágio é caracterizado pela remoção das dunas frontais pela ação de ventos e/ou ondas permanecendo depósitos remanescentes e segmentos do cordão original.

A presença de sangradouros na região foi descrita por Figueiredo & Calliari (2005), registrando uma média de 6 a 10 sangradouros a cada 10 km até o rio Tramandaí, onde a média cai para 4, aumentando entre 10 a 14 em Torres. A diminuição em Tramandaí é atribuída à Laguna de mesmo nome, fazendo com que a drenagem superficial seja dirigida para o interior da mesma e dela para o rio Tramandaí. O brusco aumento na sua frequência nos trechos mais urbanizados pode ocasionar déficit sedimentar praial e, conseqüente, erosão costeira em casos mais extremos, devido ao maior transporte de sedimentos para a zona de arrebentação pelos sangradouros.

Tomazelli (1993) efetuou a análise de séries temporais de vento, entre 1970 e 1982, obtidas das estações meteorológicas de Torres, Imbé e Rio Grande, determinando a direção e velocidade dominante. O estudo mostrou que o vento nordeste (NE) é o mais frequente, sendo procedido pelo sul (S) para Torres, oeste (O) para Imbé e sudoeste (SO) para Rio Grande. A frequência do vento NE durante o ano para Torres alcança valores entre 24,1% e 41,4% em Imbé. A maior frequência percentual de NE ocorre em dezembro para estação de Imbé com 53,2% e em novembro com 62,7% em Torres. Segundo o Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (Camargo *et. al.*, 2002) a temperatura média anual varia entre 18 e 20° para a faixa de Quintão até Capão Novo e entre 20 e 22° dessa última até Torres. Os dados anuais de direção e frequência dos ventos dominantes para a região de estudo são os seguintes: Torres: NE, 17,5%; Arroio do Sal a Capão da Canoa NE, 17,5%; Xangri-lá ao centro de Tramandaí NE, 22,5%; do centro de Tramandaí até Balneário Pinhal NE, 25% e de Balneário Pinhal até Dunas Altas NE, 20% (Camargo *et. al.*, 2002).

Segundo Seeliger *et. al* (2004) a herbácea perene *Blutaparon portulacoides* constitui-se em obstáculo à interceptar o fluxo de areia transportado pelos ventos, sendo essa espécie responsável pela formação das dunas incipientes. A *Cakile maritima* pode ser encontrada atrás das dunas incipientes bem no limite das marés meteorológicas. A *Panicum racemosum*,

responsável pela maior deposição de areia, pode ser encontrada encontrada nas dunas frontais, sendo chamada de construtora das dunas (Seeliger *et. al.*, 2004). Calliari *et.al.* (2005) afirmam que as espécies vegetais que ocorrem na região de estudo são a *Panicum racemosum* e *Senecio crassiflorus*. Palma (2006) ao estudar a vegetação das dunas frontais do Parque Estadual de Itapeva encontrou com maior frequência e cobertura a *Panicum racemosum*, *Senecio crassiflorus* e *Hydrocotyle bonariensis*.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Mensurar, com o uso de dados LIDAR feições do sistema praia-dunas entre Dunas Altas e Torres no litoral norte do RS identificando padrões geomorfológicos e fatores morfodinâmicos responsáveis pela sua variabilidade lateral.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Processamento dos dados brutos do LIDAR.
- Extração de feições morfológicas, com uso de modelos digitais de superfície (MDS) gerados a partir dos dados brutos LIDAR. As feições de obtidas foram: altura das dunas frontais, declividade e largura de praia, variação do volume acima do datum VVAD (m^3/m) para cada perfil e azimute da linha de costa para os diferentes balneários.
- Edição de imagens hipsométricas dos municípios que compõe a região de estudo.
- Análise da geomorfologia existente.
- Associar qualitativamente os dados geomorfológicos obtidos aos processos físicos predominantes a partir de dados bibliográficos pré-existentes.
- Tratamento estatístico dos dados com o objetivo de separar praias/balneários em grupos segregados com base na análise estatística e interpretação visual do MDS.
- Encontrar padrões geomorfológicos baseados nos grupos formados pela análise estatística;

4. MATERIAL E MÉTODOS

Atualmente duas variantes do sistema LIDAR podem ser encontradas. Uma para aplicações em levantamentos batimétricos (utiliza a porção azul-verde do espectro eletromagnético) e outra para levantamentos de feições topográficas (opera na faixa do infravermelho), podendo ser terrestre ou aerotransportado. O LIDAR consiste em um sensor ativo (possui a sua própria fonte de energia) produzindo luz laser em frequência específica para medir distância, ou seja, o sensor emite um feixe de energia (à velocidade da luz) para o alvo (árvores, construções e etc) medindo a distância e tempo de retorno até o mesmo. O sistema emite um grande número de feixes, gerando uma nuvem de pontos de alta acurácia (15 cm na altimetria e 1/1000 da altura de voo na planimetria) segundo o U.S. Army Corps of Engineers (2002). Na figura 4.1 e 4.2 é possível visualizar a nuvem de pontos gerada pelo laser scanner.

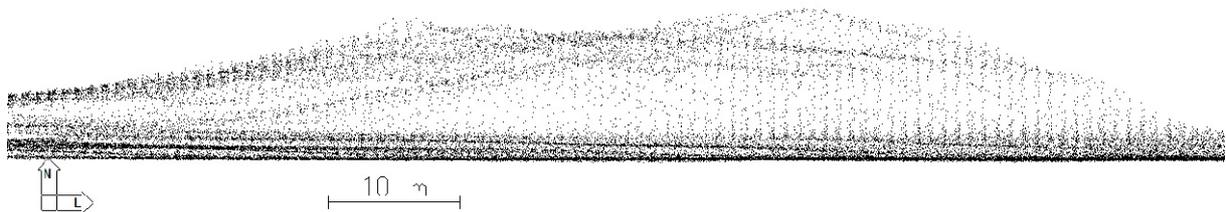


Figura 4.1 - Nuvem de pontos gerada pelo LIDAR sobre as dunas frontais do Balneário Dunas Altas (Palmares do Sul), vista em perfil.

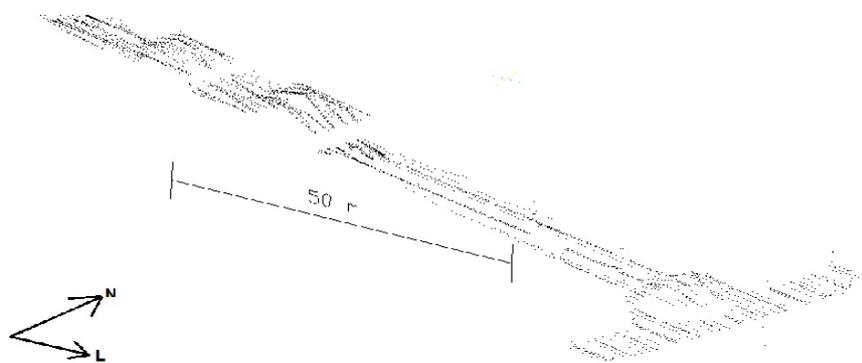


Figura 4.2 - Nuvem de pontos gerada sobre a plataforma de pesca em Salinas (Cidreira).

O sistema LIDAR é constituído pelo sensor laser propriamente dito, responsável pela geração do pulso e recepção do retorno (sistema ótico-mecânico, lentes e espelhos), pelo sistema de orientação (GPS) e pelo IMU (Inertial Measurement Unit), responsável por medir a atitude da plataforma (κ , ϕ e ω), (Figura 4.3). O sistema LIDAR típico pode ser dividido nos seguintes componentes chave: Unidade de medida laser, sistema ótico mecânico e unidade de controle e processamento (Figura 4.4), (Wehr & UWE, 1999). Os sensores laser produzem energia nos comprimentos de onda do infravermelho próximo (1064 nm para emissores YAG – cristal utilizado em geradores do tipo “flashtube” ou doido laser), 810 nm para o sistema ScaLARS da Nasa e 1540 nm para o Toposys da Rieg, Tiwari & Pande (2011).

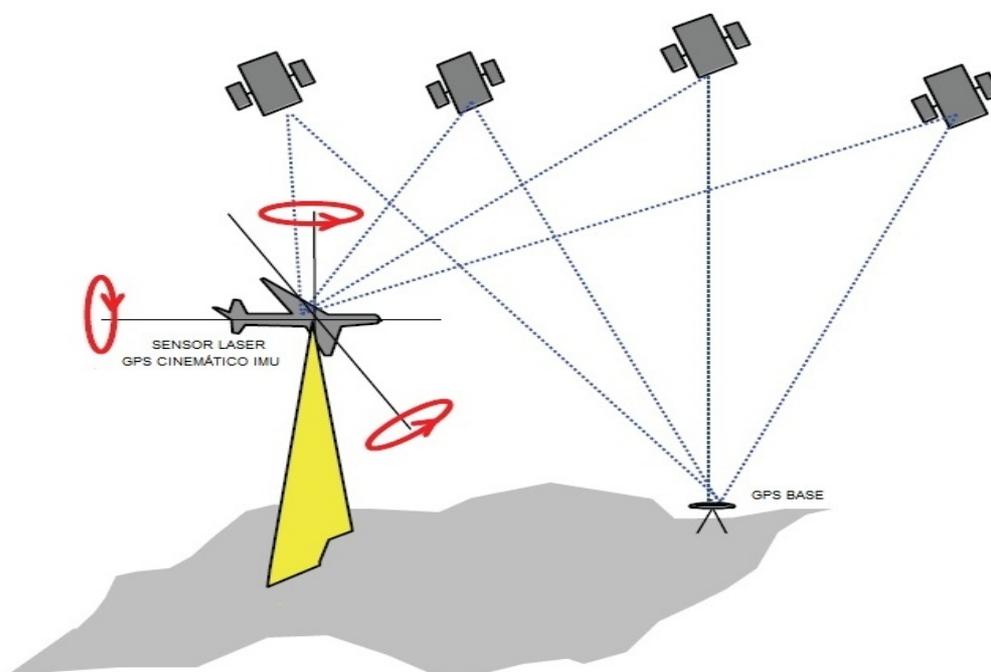


Figura 4.3 - Sistema laser scanner. Fonte: Tiwari & Pande (2011)

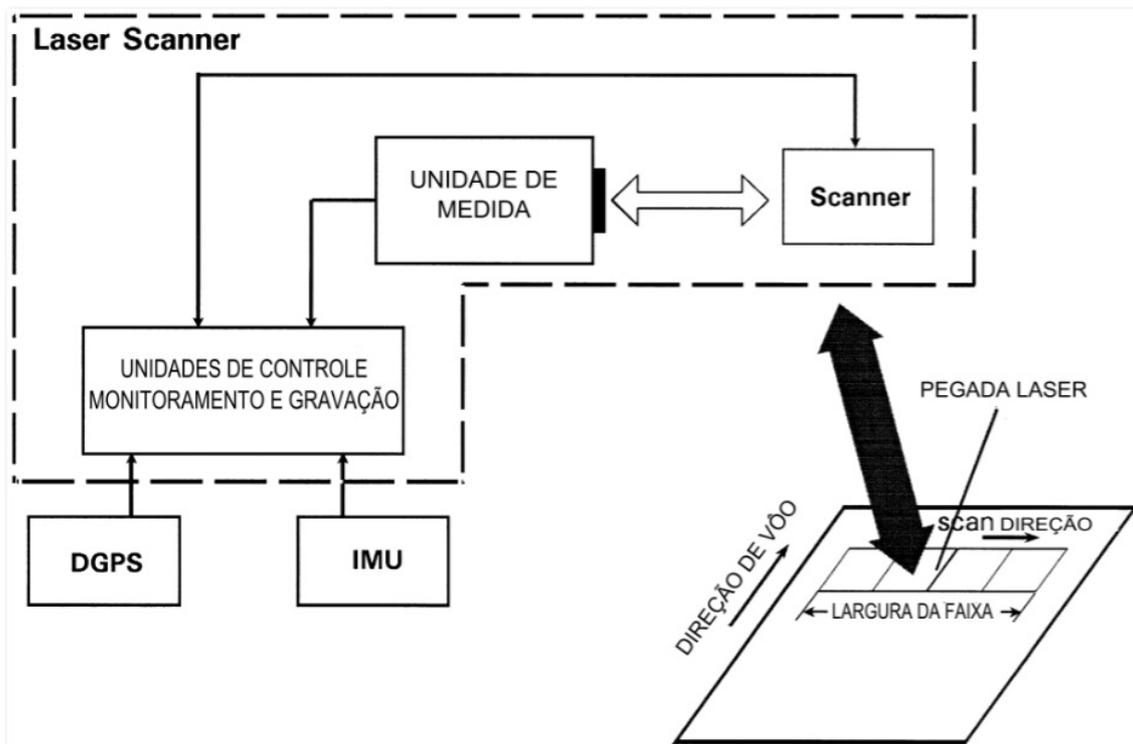


Figura 4.4 - Diagrama do sistema LIDAR. Fonte Wehr & Lohr (1999).

O sistema LIDAR é capaz de uma rápida e acurada coleta de dados topográficos e altimétricos sem a necessidade do levantamento de redes de pontos de controle, somente uma estação base em solo é suficiente para a correção diferencial do receptor a bordo da aeronave em um raio de 30 km. Dependendo da altura de vôo, sobreposição entre faixas e ângulo de escaneamento, a densidade de pontos amostrados no terreno pode ser de 25 por m². O mapeamento com LIDAR é independente de condições climáticas, podendo operar em dias nublados (desde que as nuvens estejam acima da aeronave) e à noite. A operação não depende do ângulo zenital do sol, diferentemente dos levantamentos aerofotogramétricos U.S. Army Corps of Engineers (2002).

Os modelos mais populares do LIDAR são capazes de processar o primeiro e último retorno do feixe emitido após interagir com o alvo, exemplo Optech 1210 ALTM. Existem no mercado sensores capazes de armazenar apenas o primeiro retorno e outros capazes de armazenar até quatro retornos. Segundo o U.S. Army Corps of Engineers (2002) as características típicas dos sensores LIDAR são: Acurácia vertical de 15 cm, horizontal entre 0,2 e 1 m; altura de vôo de 200 a 6000 m; ângulo de escaneamento de 1 a 75 ° com frequência

de 0 a 40 Hz. A frequência do pulso emitido varia de 5 a 33 kHz. Na tabela 4.1 é apresentada uma comparação entre o sistema LIDAR e a tradicional e consagrada fotogrametria.

Tabela 4.1 - Comparação entre LIDAR e fotogrametria.

Características	LIDAR	Fotogrametria
Fonte de energia	Ativa	Passiva
Geometria	Polar	Perspectiva
Tipo de Sensor	Ponto	Quadro ou escaner linear
Medida de Pontos	Direta	Indireta
Amostragem	Pontos individuais	Área total
Imagem Associada	Nenhuma ou monocromática	Alta qualidade espacial e geométrica
Acurácia Horizontal	2 a 5 vezes menor que a vertical	1/3 m Melhor que a vertical
Acurácia Vertical	10 a 15 cm (\approx 10 cm por 1000m acima de 2500 m)	Função da altura de vôo e distância focal da câmera
Planejamento do Vôo	Mais complexo devido às pequenas faixas e potencial de vazios	Recobrimento longitudinal e lateral
Restrições ao vôo	Pouco afetado pelas condições meteorológicas, levantamento pode acontecer durante o dia ou noite e em condições de nuvens	Deve voar durante o dia e necessita de céu claro
Produtividade	Mais automatizado e rápido que a fotogrametria	
Softwares de processamento	Proprietários, processamento desempenhado geralmente pelos fornecedores do produto e operadores	Softwares para desktops desenvolvidos para o usuário final
Aquisição de dados em áreas remotas	Mais fácil aquisição, o laser scanner é muito utilizado para mapeamentos costeiros	Dificultado pelo apoio de campo.
Apoio de campo	Apenas uma base GPS a cara 30 Km	Diversos pontos por bloco

Fonte: U.S. Army Corps of Engineers (2002)

Neste trabalho foram utilizados dados brutos, arquivos em formato ASCII com nove colunas (t,x2,y2,z2,i2,x1,y1,z1,i1), onde:

- t é o tempo de gravação do dado;
- x2,y2 e z2 são as coordenadas UTM do segundo pulso;
- x1,y1 e z1 são as coordenadas UTM do primeiro pulso;
- i1 e i2 é a intensidade do sinal de retorno para o primeiro e segundo pulso;

O recobrimento LIDAR foi executado sobre todo o litoral norte do Rio Grande do Sul pela empresa LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento e fornecidos para a produção desse trabalho pela Secretaria do Patrimônio da União do Rio Grande do Sul (SPURS). O levantamento foi efetuado em julho de 2010, sendo processadas nesse trabalho as faixas de vôo 16 a 24 e 26 a 29 (Anexo 4.1). O LIDAR utilizado foi o modelo ALTM 2050 da Optech com as seguintes características:

- Altitude operacional entre 210 e 2000m;
- Precisão altimétrica 15 cm até 1500 m e 25 cm até 2000m;
- Ângulo de escaneamento (abertura) entre 0 e 20°;
- Largura da faixa de vôo de 0 a 0,72 x altitude;
- Frequência de escaneamento de 0 a 70 Hz (dependendo do ângulo de abertura);
- Precisão planimétrica de (1/2000) x altitude;
- Padrão de repetição do feixe laser de 50 kHz;
- Frequência de varredura variável entre 1 e 100 Hz e de pulsos igual a 50 KHz;

Mais detalhes sobre o LIDAR ALTM 2050 podem ser obtidos em: http://www.nts-info.com/inventory/images/ALTM_2050Optech.Ref702.pdf e http://www.optech.ca/pdf/Fieldnotes/altm_pipeline.pdf

Os parâmetros de vôos utilizados para o recobrimento foram:

- A altura de vôo de 1000 m;
- Ângulo de abertura de 20°
- Densidade de 2 pontos por m², permitindo precisões de 50 cm na planimetria e 15 cm na altimetria, atendendo o Padrão de Exatidão Cartográfico Classe A para escala 1:2000.

Os arquivos brutos em formato ASCII foram processados no software ALDPAT versão 1.0 desenvolvido pelo Centro internacional de Pesquisas em Furações da Universidade Internacional da Flórida. O desenvolvimento dessa ferramenta foi parcialmente financiada pelo NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Mais detalhes podem ser obtidos na página: <http://LIDAR.ihrc.fiu.edu/>. O processamento dos arquivos LIDAR com o ALDPAT será descrito brevemente abaixo, mais detalhes podem ser obtidos em Zhang & Zheng (2007).

- Separação dos arquivos: Os arquivos brutos foram divididos em dois, primeiro e segundo pulso. As nuvens de pontos estavam projetadas em UTM, referenciadas ao sistema SIRGAS 2000 com altitudes elipsoidais (altitude geométrica);
- Determinação do limite entre as duas faixas: Passo necessário para se conhecer a abrangência do levantamento e o percentual de sobreposição entre faixas;
- Divisão dos arquivos grandes em menores: Os arquivos LIDAR são compostos por milhões e, até mesmo, bilhões de pontos, o que dificulta a sua visualização e manipulação. Para reduzir o tempo de processamento e permitir a visualização, os arquivos foram divididos em faixas de 2 por 2 Km. Esse tamanho é recomendado pelo NCALM (National Center for Airborne Laser Mapping) da Universidade de Houston – Texas;
- Geração do modelo digital de superfície (MDS): Os arquivos LIDAR constituem-se de uma grade irregular de pontos. O ALDPAT utiliza o software Golden Surfer (<http://www.goldensoftware.com/products/surfer/surfer.shtml>) para gerar uma malha regular de pontos através de interpolação. Foi escolhido o interpolador krigagem, gerando-se uma malha regular com 0,5 m de resolução. A escolha desse interpolador se deu baseado na metodologia utilizada por Robertson *et. al.* (2004).
- Conversão de .grd para .ers: Para otimizar o processamento e visualização dos arquivos, as malhas foram convertidas do formato .grd para o formato raster .ers do ER Mapper.

Após a geração do MDS, os mesmos passaram por um processo de conversão de altitudes. A conversão foi efetuada com o objetivo de transformar as altitudes geométricas em ortométricas, referenciadas ao geóide (nível do mar), de acordo com o referencial altimétrico nacional (marégrafo de Imbituba). Para essa conversão foi utilizado o modelo

geoidal produzido pelo Laboratório de Tecnologia de Geoinformação da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). As ondulações geoidais para a região de interesse podem ser visualizadas na figura 4.5.

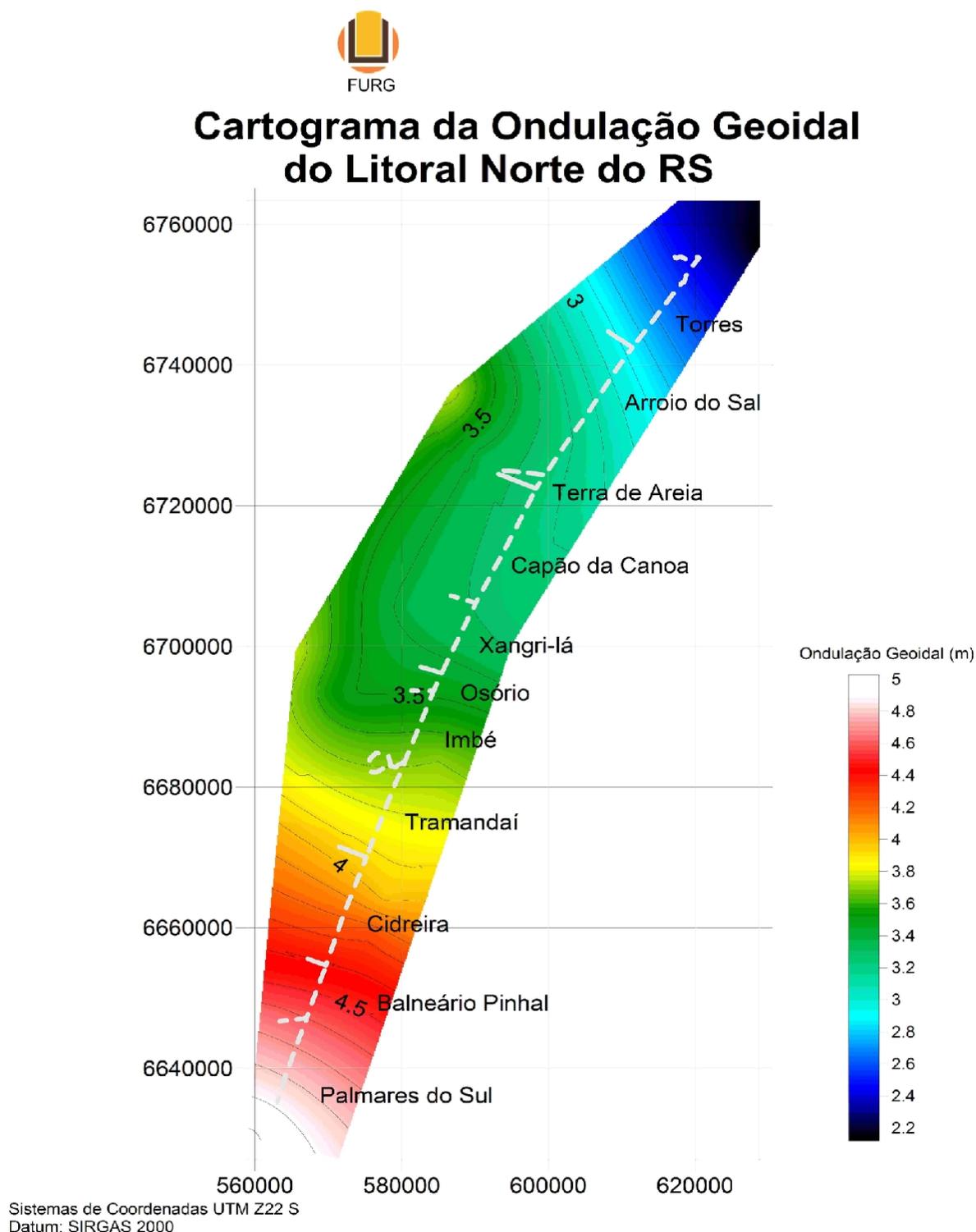


Figura 4.5 - Modelo geoidal gerado para o litoral norte do RS.

A equação utilizada para a conversão das altitudes geométricas em ortométricas é apresentada na figura 4.6.

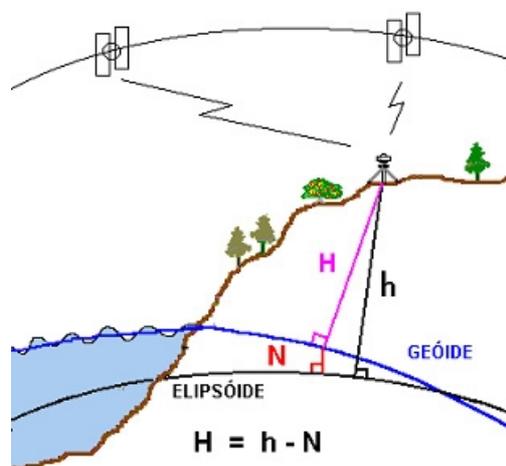


Figura 4.6 - Equação utilizada para a conversão de altitudes geométricas em ortométricas, onde H é a altitude ortométrica, h a altitude geométrica e N a ondulação geoidal (Fonte IBGE).

Para o trabalho proposto, as etapas de classificação e filtragem de pontos não pertencentes ao terreno (pontos levantados sobre edificações e demais estruturas antrópicas) amplamente citadas na bibliografia não foram efetuadas sendo, a primeira, devido à área de interesse estar situada entre a crista da duna frontal e a linha de costa, região em que a presença de edificações e demais feições que alteram as características originais do terreno são praticamente irrelevantes. A segunda se tornou desnecessária devido ao levantamento, processamento e interpretação manual das características geomorfológicas de interesse. Também levou-se em consideração o tempo para o processamento dos dados, de tamanho aproximado de 11 gigabyte, que demandariam grande tempo, inviabilizando as análises para o trecho de 127 km. Essas etapas seriam primordiais caso o produto de interesse fosse o modelo digital de terreno.

A metodologia utilizada para a extração das feições geomorfológicas de interesse (posição da linha de costa, perfis praias, base e altura das dunas) foi a seguinte:

- Linha de costa: “A linha de costa é definida como linha de preamar ou pela linha do nível médio do mar, quando não existir uma maré apreciável. Em lugares onde as

marés são sensíveis e existe uma praia, a linha de costa é o limite interior da praia e, portanto, corresponde aproximadamente a linha de preamar das marés mais altas (DHN, 1992). A determinação da linha de costa se deu sobre o MDS, gerando-se curvas de nível equidistantes 15 cm, dentro da precisão altimétrica proposta pelo LIDAR, sobrepostas às classes altitude (cores atribuídas para cada intervalo de 15 cm), com o objetivo de se aumentar a sensibilidade do operador às mudanças de altitudes e, conseqüentemente, à declividade do perfil. Com a geração das mesmas, foi possível visualizar a linha de costa, primeira linha continua que dá início a um aumento na declividade, em direção ao continente, até a base das dunas. Um exemplo das classes de altitudes geradas pode ser visualizada na figura 4.7.

- Base da duna: Identificada visualmente através da sobreposição das curvas de nível sobre o MDS, metodologia semelhante a aplicada para a determinação da linha de costa. A base da duna é a primeira linha que dá início a um aumento brusco na declividade do perfil. Na figura 4.8 a demarcação da linha de costa e base da duna pode ser visualizada.
- Largura da praia subaérea: Calculada sobre os perfis, sendo a distância horizontal medida perpendicularmente à praia com origem na linha de costa até a base da duna frontal.
- Variação do Volume acima do Datum (VVAD): O volume do perfil foi calculado para uma faixa de 10 m de largura, com o perfil traçado sobre o MDS ao centro. A altitude de origem adotada foi a da linha de costa para o arquivo de interesse. O Volume calculado foi dividido pelo comprimento do perfil traçado, com origem na linha de costa até a crista da duna. Na figura 4.9 e 4.10 pode-se visualizar em duas vistas um perfil levantado no campo de dunas entre Cidreira e Tramandaí, RS.

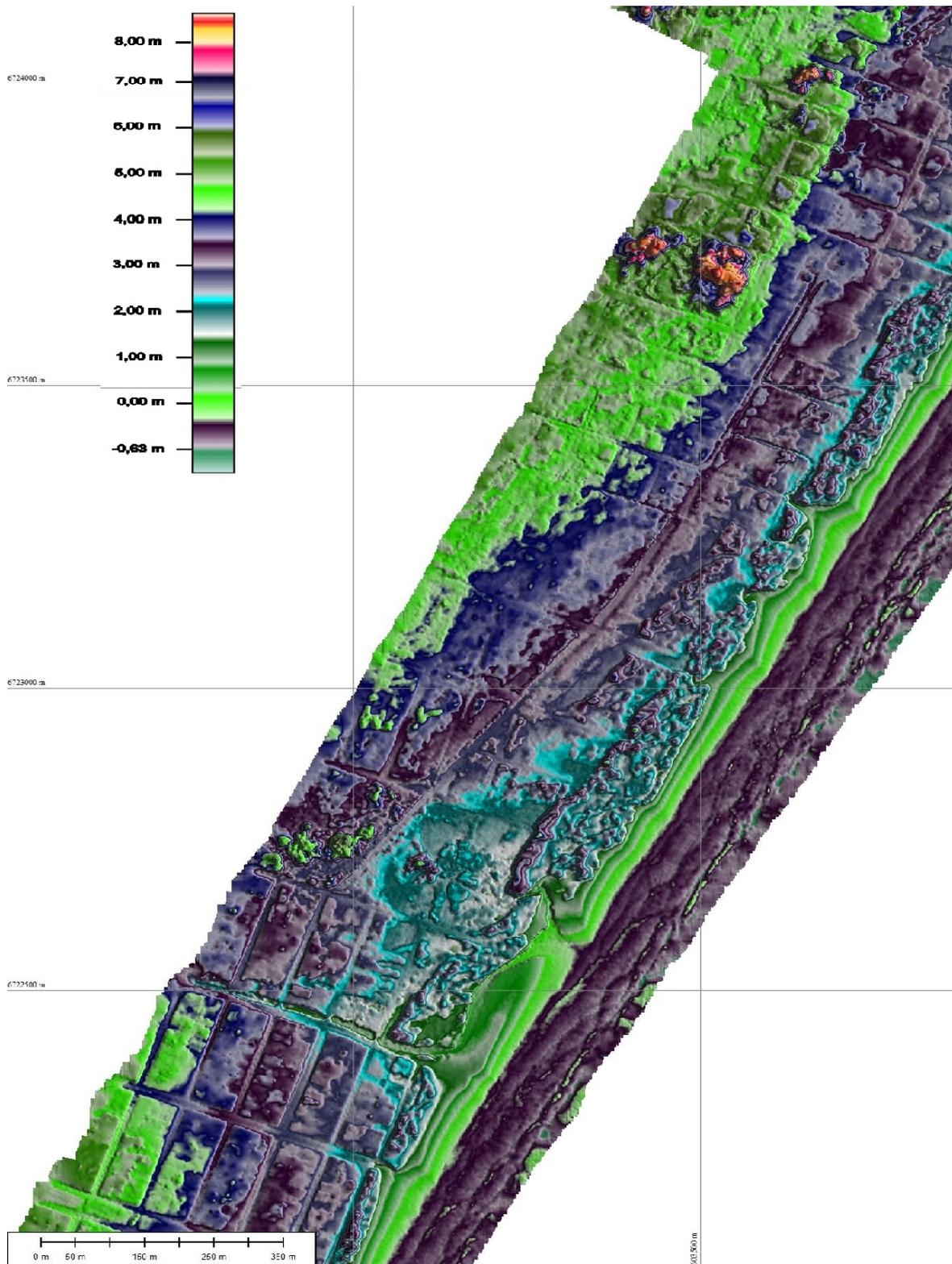


Figura 4.7 - Classes de altitudes geradas para trecho de Terra de Areia onde cada cor corresponde a uma altitude no intervalo de 15 cm.

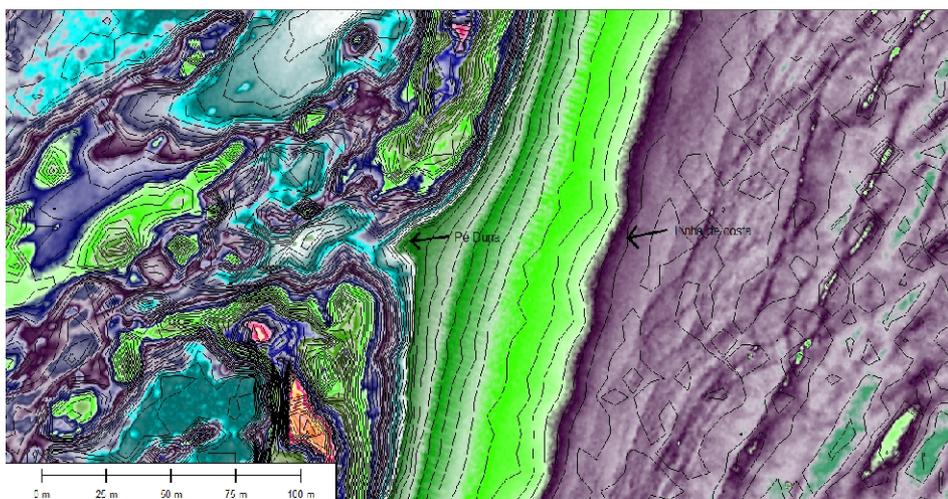


Figura 4.8 - MDS com classes de altitude e curvas de nível sobrepostas.

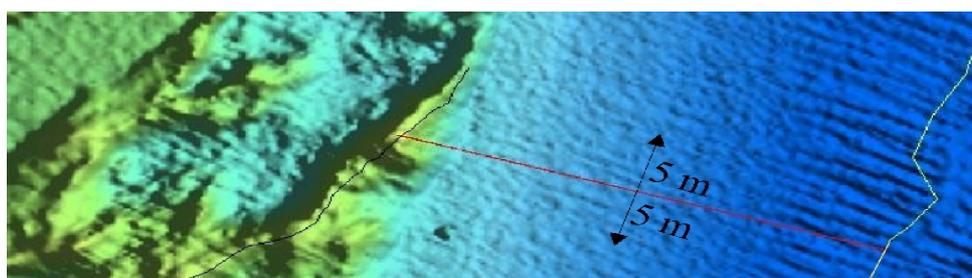


Figura 4.9 - Vista superior do perfil, as flechas indicam a largura adotada para o cálculo da VVAD.

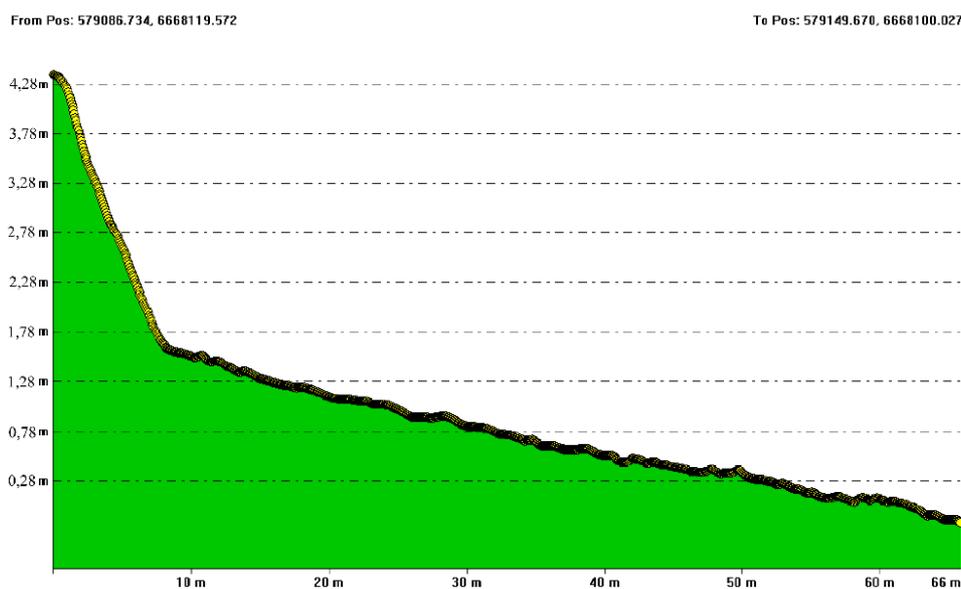


Figura 4.10 – Exemplo de perfil levantado.

- Altura das dunas: A altura do campo de dunas frontais para cada balneário foi determinada traçando-se um vetor, polígono aberto, sobre a crista das mesmas sobre o MDS. Esses vetores foram convertidos para arquivos ASCII com o objetivo de se calcular a altura média das dunas frontais em software de computação numérica. A figura 4.11 demonstra um vetor traçado sobre a crista de uma duna.

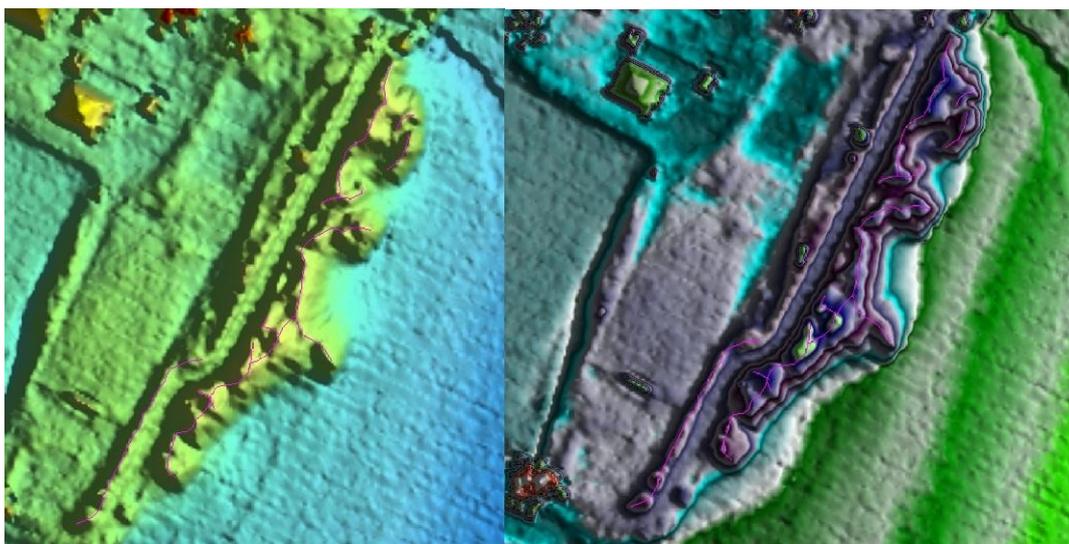


Figura 4.11 - Vetorização da crista de uma duna frontal sobre imagem de hipsometria na esquerda e de classes de altitude na direita. Na imagem parte do campo de dunas do balneário de Capão Novo (Capão da Canoa - RS).

Na figura 4.12 um arquivo com coordenada obtidas a partir do processo descrito acima pode ser visualizado. O arquivo gerado contém 3 colunas, a primeira da esquerda para direita a coordenada UTM E, a segunda a coordenada N e a terceira a altitude ortométrica.

- Orientação da linha de costa: O azimute de quadrícula foi determinado para cada um dos balneários da área de estudo. A metodologia para a obtenção consistiu em se calcular o ângulo formado pela linha de costa vetorizada em relação ao norte de quadrícula com o uso de um CAD (*computer aided design*).

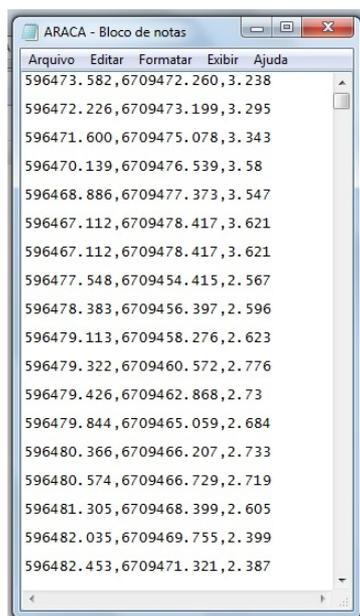


Figura 4.12 - Arquivo ASCII de coordenadas da crista de uma duna pertencente ao balneário Araçá (Capão da Canoa-RS).

- Sangradouros: O número de sangradouros que desaguam na face da praia foi contabilizado.

Após a coleta das informações citadas acima, procedeu-se a organizados dos dados na forma de tabela para posterior análise estatística. Foi utilizada uma técnica de estatística multivariada exploratória considerando a análise de agrupamento (*cluster*) e análise de escalonamento multidimensional (AMDS). As análises foram efetuadas com o software PRIMER versão 5.2.4 (Clarke & Gorley, 2006), mais detalhes podem ser obtidos em: <http://www.primer-e.com/>. Abaixo uma breve descrição das análises efetuadas, adaptado de Pereira *et. al.* (2010) e Gray *et. al* (1988).

A análise MDS é uma técnica destinada a construção de diagramas que mostram a relação entre um número de objetos a partir de uma matriz de distância. Normalmente a configuração inicial dessa técnica é previamente determinada, isso é, aplica-se a mesma para um dado número de objetos em um dado número de dimensões (Manly, 1994).

Segundo Manly (1994) o AMDS inicia com uma matriz distância entre n objetos, δ_{ij} , distância do objeto i para o j , na i -ésima linha e j -ésima coluna. O número de dimensões t para o mapeamento dos objetos é fixado por uma solução particular.

A interpretação do MDS é diretamente efetuada no diagrama, ou seja, pontos agrupados próximos representam amostras que possuem variáveis ambientais muito similares e pontos que estão distantes correspondem a valores muito diferentes para suas variáveis (Clarke & Gorley, 2006). A partir dos agrupamentos de grupos de sistemas praia/dunas no diagrama AMDS, foram criados grupos com características comuns, indicadas pela sua proximidade no diagrama do AMDS. A significância estatística destes grupos foi avaliada com o teste ANOSIM ($p < 0,05$), (Clarke & Gorley, 2006). Após comprovadas as formações de grupos de sistemas praia/dunas significativamente distintos, foram gerados diagramas Cluster para melhor identificação gráfica de quais praias possuem maior similaridade entre si, através de um dendrograma.

A técnica *cluster* utilizada no PRIMER gera uma árvore hierárquica (dendrograma) horizontal, através de agrupamentos aglomerados hierarquicamente. Essa técnica adota uma matriz similaridade como partida e, sucessivamente, funde as amostras em grupos e os grupos em grande aglomerados e assim sucessivamente. O *cluster* inicia com a mais alta similaridade mútua e então gradualmente diminui o nível de similaridade dos quais os grupos são formados. No final um único diagrama de agrupamento é obtido.

Os dados para a análise consistem de valores $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_p$ em função da variáveis p para n objetos. No caso de agrupamento hierárquico os valores são usados para gerar uma matriz distância entre os indivíduos. A distância euclidiana pode ser calculada pela seguinte fórmula (Manly, 1994):

$$\text{distância.euclidiana} = \sum (Y_{ik} - Y_{jk})^2 \text{ onde:} \quad (4.1)$$

Na expressão (4.1) Y_{ik} é o valor da variável Y_k para o indivíduo i e Y_{jk} é o valor da mesma variável de indivíduo j ;

É conveniente salientar que antes do cálculo da matriz similaridade (ou matriz triangular), contendo toda a distância euclidiana entre os objetos, os dados foram transformados através da aplicação de raiz quadrada visando a padronização. Esse procedimento é necessário devido ao fato de as variáveis possuírem diferentes unidades de medida.

Esta análise de agrupamento (Cluster) é gerada a partir de uma matriz de similaridade

gerada sobre as características ambientais de cada trecho de praia avaliada. Desta forma, as praias são classificadas entre si sob critérios que as diferenciam ou aproximam, através do Índice de Similaridade. Para a geração deste Índice, para cada praia foi aplicada a transformação Distância Euclidiana, a mais adequada para análise de dados ambientais (Clark & Warwick, 2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo será apresentada a geomorfologia do campo de dunas frontais dos onze municípios que compõem a área de estudo. Os dados abaixo estão organizados por municípios, sendo o limite dos mesmos demarcados respeitando-se as informações descritas nas plantas e mapas oficiais dos municípios, essas informações foram compiladas no arquivo kmz disponível no cd anexo. Na ausência de tal informação, os arquivos foram nomeados pelos nomes dos logradouros que os limitam. Imagens com a hipsometria dos balneários estão no CD anexo referenciadas ao sistema SIRGAS 2000, projeção UTM, e as altitudes referenciadas ao marégrafo de Imbituba. A linha de costa está demarcada nessa imagem em cor azul, a base da duna em amarelo e os perfis levantados em vermelho.

O resultados das análises estatísticas serão discutidos neste mesmo capítulo, item 5.13, abrangendo todos os balneários estudados.

5.1. PALMARES DO SUL

A praia de Quintão, situada no município de Palmares do Sul, é constituída pelos balneários Dunas Altas, Santa Rita, Frade, Rei do Peixe e Centro, também chamado Pioneiros. As discussões a respeito do primeiro e segundo balneário não se limitou apenas ao campo de dunas frontais, visto que o campo de dunas transgressivo apresenta características únicas quando comparado aos demais balneários.

5.1.1 Dunas Altas e Santa Rita

Dunas Altas está inserida entre as praias intermediárias do litoral norte do RS, apresentando máximas variações em sua largura Calliari *et. al.* (2005).

É notável nos mapas hipsométricos figuras 5.1 (Dunas Altas) e 5.2 (Santa Rita) o

potencial do lidar que através da topografia e morfologia detalhadas e contínuas indicam de forma indireta a predominância de processos eólicos, representado pelo vento NE na morfologia do campo de dunas interiores. Rastros lineares residuais “*trailing ridges*” e dunas parabólicas, (Hesp & Martinez 2008) com gradientes topográficos decrescentes e oblíquos em relação a orientação da linha de costa (especialmente na Figura 5.1) são feições marcantes. Essa morfologia é devido à presença de vegetação que ancora as bordas de dunas transgressivas transversais, parabólicas e barcanóides e se estendem por centenas de metros, alcançando escalas quilométricas que ultrapassam a área de levantamento. Na figura 5.2 esta morfologia é menos desenvolvida pelo processo de urbanização mais intenso em Santa Rita comparativamente ao de Dunas Altas ainda incipiente. Detalhes dos rastros lineares são mostrados na Figura 5.3.

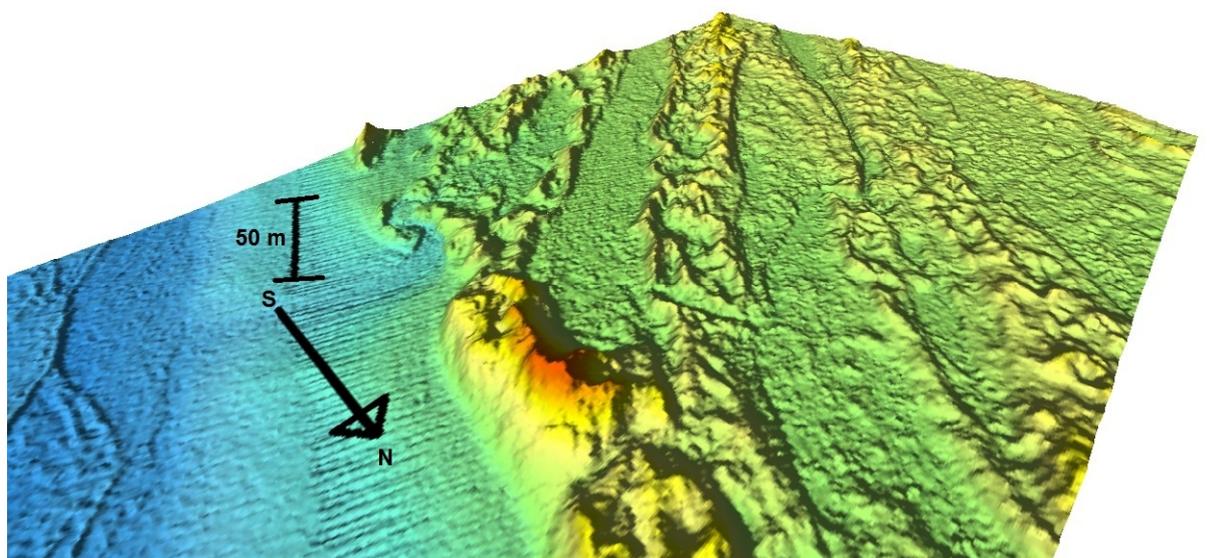


Figura 5.3 - Detalhe dos rastros lineares residuais e duna parabólica deixado pelas dunas parabólicas, do cordão alto de dunas frontais e de um sangradouro migrando entre o campo de dunas. A imagem representa a parte norte do balneário Dunas Altas imediatamente ao sul do sangradouro.

Outra característica marcante, é a continuidade de grandes dunas frontais com morfologia mais retificada no setor norte de Dunas Altas a qual contrasta com o setor sul deste mesmo balneário como também com a maior parte do setor urbanizado do balneário Santa Rita (Figura 5.2) onde os sangadouros rompem o cordão contínuo transformando-o em

segmentos mais curtos sob a forma de massas isoladas em forma de U, com extremidades voltadas para o continente devido a intensa ação do vento NE. Nota-se o papel dos sangradouros na desestabilização das dunas frontais através da erosão. A cerca de 500 m da extremidade sul de Dunas Altas o sangradouro propiciou a formação de um *blowout* (ruptura de deflação) com 102 m de comprimento (Figura 5.4).

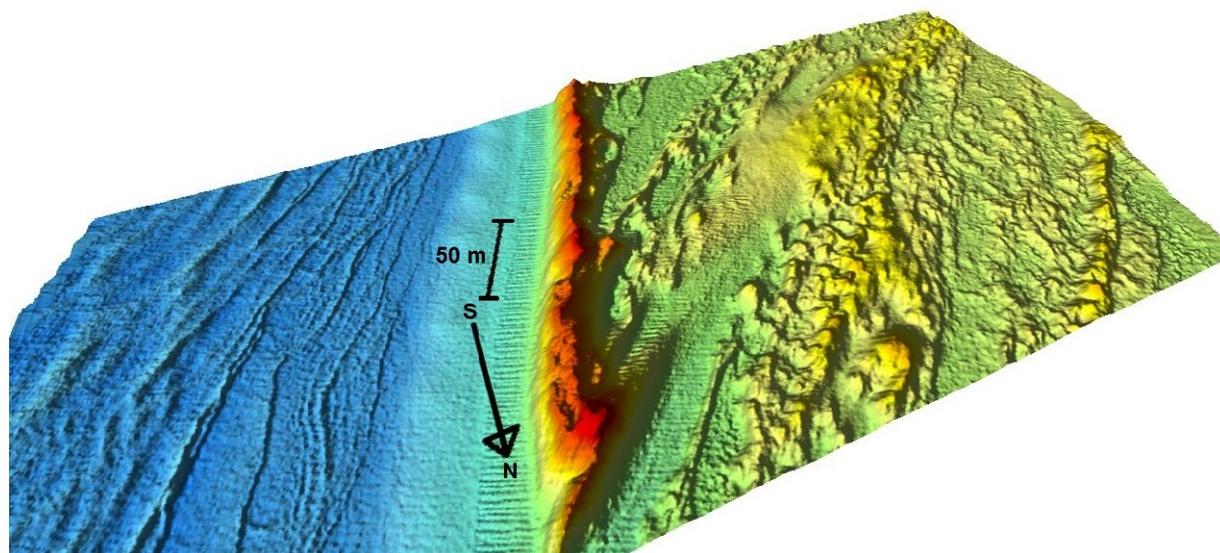


Figura 5.4 - Ruptura de deflação (*blowout*) causada pela presença de um grande sangradouro localizado ao sul do mosaico de DA.

Segundo Hesp (2000) rupturas de deflação são feições mistas (erosivo-deposicionais), formadas pela erosão do vento em dunas pré-existentes. A areia erodida pelo vento da bacia de deflação e das paredes adjacentes é depositada imediatamente a sotavento na forma de lobo deposicional. Como evidenciado nas figuras 5.1 e 5.2 e nas a altura das dunas frontais atinge valores máximos da ordem de 10 m. A metodologia consideravelmente mais precisa do LIDAR corrobora os resultados obtidos por Calliari *et al.* (2005) onde os autores salientam que “*As maiores dunas ocorrem no balneário de Dunas Altas, localizado nas proximidades do Farol do Berta, trecho onde a orientação da linha de costa em relação ao vento NE atinge valores mais elevados. Neste local, a altura das dunas varia entre 6 e 8m, alcançando em determinados locais alturas superiores a 8 m*”. Deve-se ressaltar que a metodologia usada no trabalho citado consistiu na medição de largura da praia e altura das dunas a intervalos de 10 km. O levantamento LIDAR evidencia a presença muitos outros tipos de rupturas de deflação

tipo fenda no cordão de dunas frontais, e tipo *bowl* (bacia/mais profundo) ou tipo *sauce* (pires/mais raso) no campo de dunas transgressivas (Figura 5.5 e 5.6). Segundo Hesp (2000) o tipo calha é mais alongado com paredes íngremes e profundo podendo cortar toda a duna ao passo que os tipo bacia desenvolvem-se em terrenos de dunas relativamente planos com declive baixo, ou na crista das dunas.

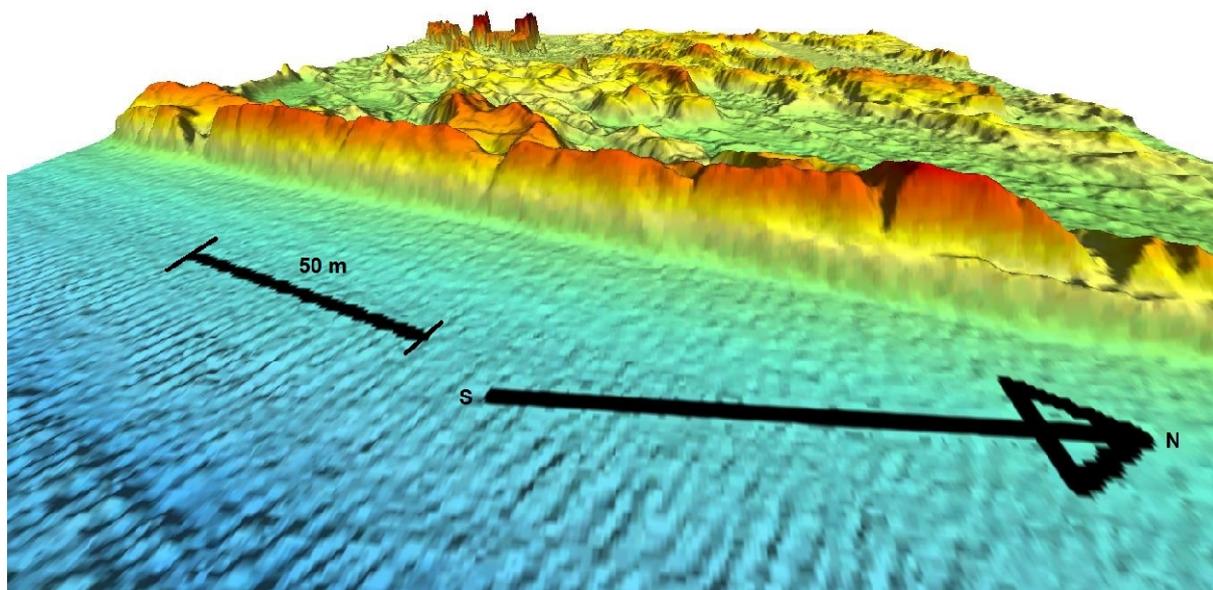


Figura 5.5 - Blowouts (rupturas de deflação) tipo calha no balneário Santa Rita.

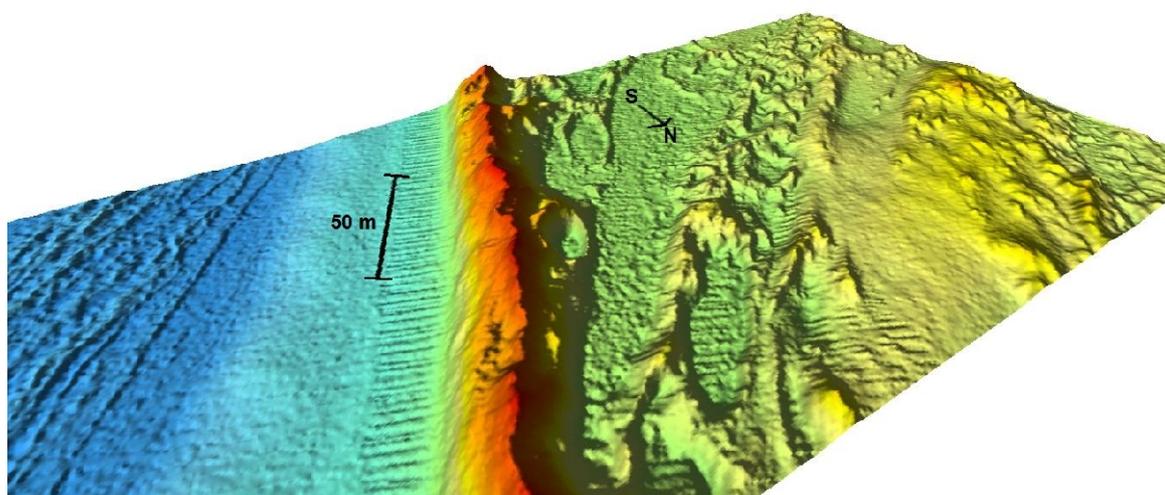


Figura 5.6 - Blowouts (rupturas de deflação) tipo bacia no balneário Dunas Altas. Nas dunas de ambos balneários estas feições indicam que o sistema frontal pode ser

classificado como os tipos 3 ou 4 na classificação morfodinâmica de Hesp (1988).

A análise da tabelas 5.1 indica que a largura média da faixa de praia no balneário Dunas Altas é de 61,92 m. No balneário Santa Rita a média cai para 61,33 m. A declividade média do faixa de praia do balneário DA é de 3,75%. O balneário Santa Rita apresenta perfis de menor declividade, 2,91%, sinalizando o mesmo como um setor mais dissipativo. Estes resultados podem indicar variação granulométrica com sedimentos levemente mais grossos para o balneário Dunas Altas, entretanto esses dados precisam ser verificados através de amostragem de campo e processamento de laboratório. A análise da tabela 5.1 indica que largura da praia não seria um fator determinante para explicar a pequena variação na altura das dunas entre os dois balneários contíguos.

5.1.2. Demais Balneários

O balneário Frade apresenta ao sul rastros lineares formados pelo atuação do vento dominante NE, associados a dunas parabólicas (Figura 5.7). Nesse balneário é interessante observar o sentido de migração das dunas parabólicas em direção às edificações (Figura 5.8).

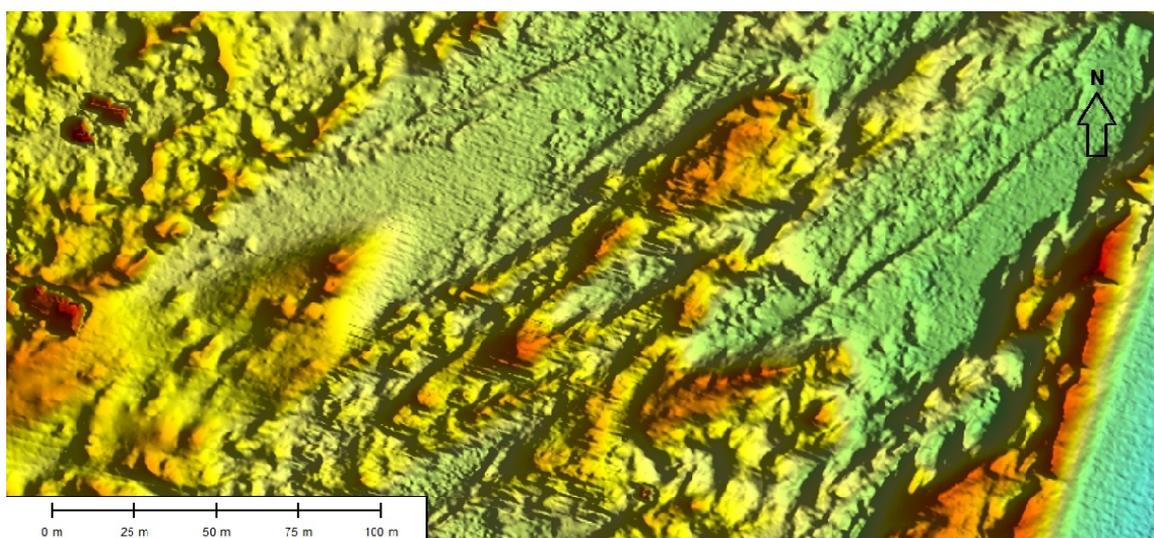


Figura 5.7 - Bacia de deflação e dunas parabólicas encontrado no balneário Frade.

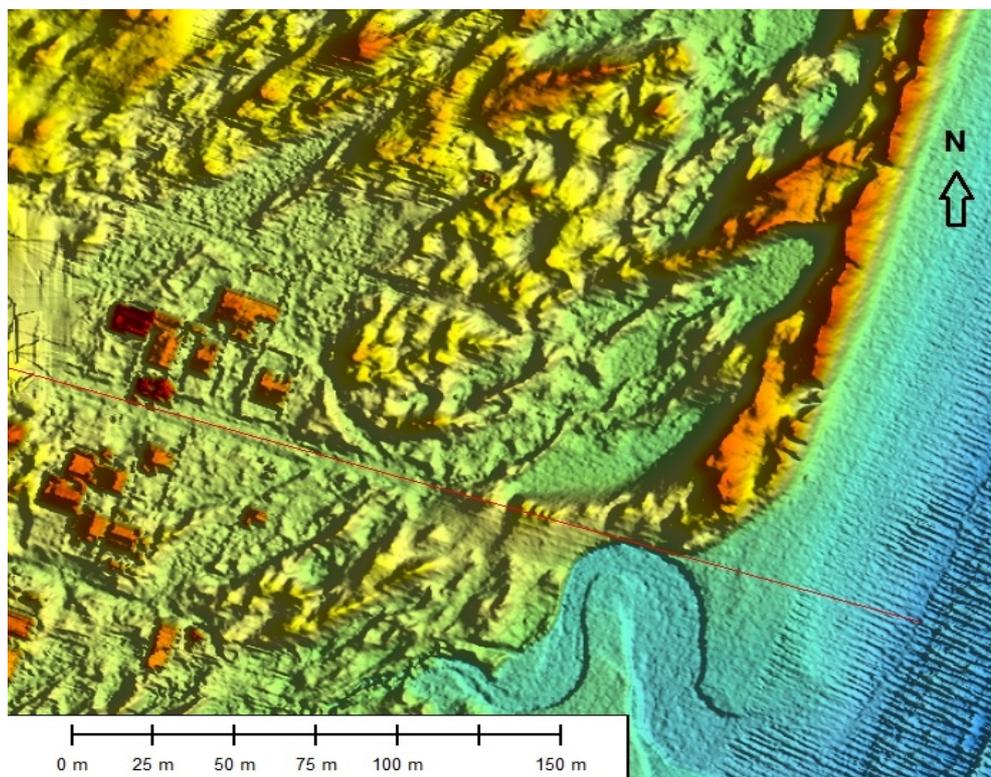


Figura 5.8 - Sentido de migração das dunas parabólicas em direção às edificações, sinalizando a ausência de planejamento do balneário.

O balneário Rei do Peixe possui uma maior densidade de edificações, quando comparado aos descritos anteriormente. É caracterizado por um cordão de dunas frontais descontínuo, formando dunas isoladas (Figura 5.9). O número de sangradouros assim como a largura do cordão das dunas frontais não pode ser contabilizada em função de falhas no arquivo bruto do laser (Figura 5.10).

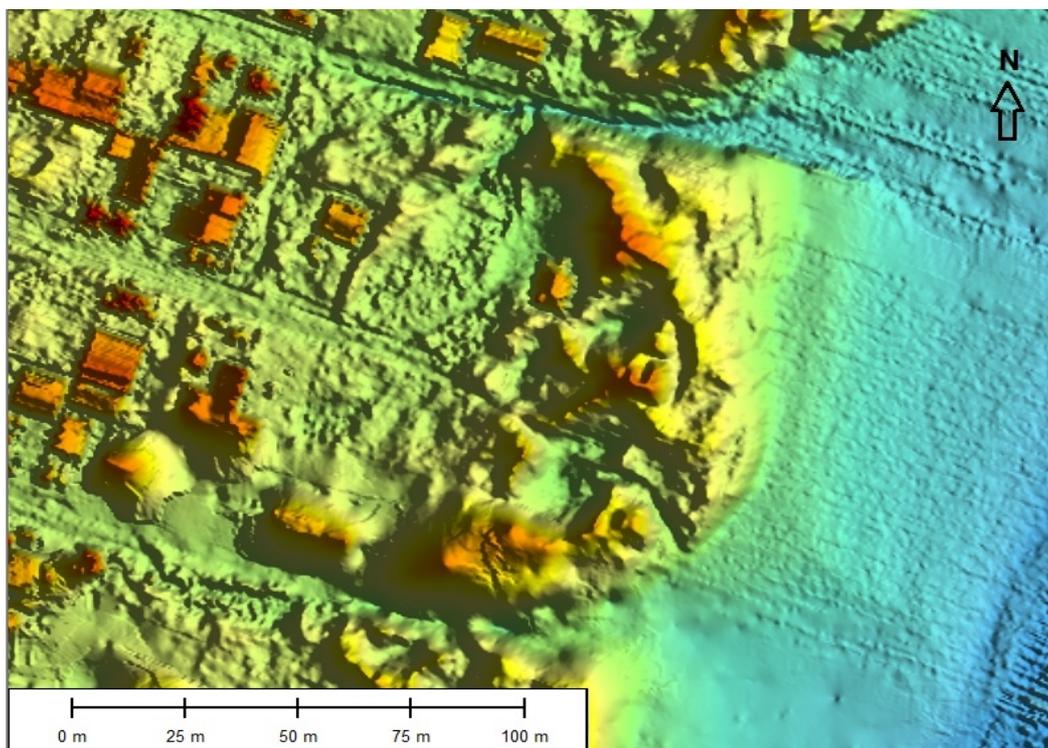


Figura 5.9 - Descontinuidade nas dunas frontais ocasionada pela presença de sangradouros.

O trecho de praia pertencente ao centro de Quintão é caracterizado por um cordão de dunas frontais interrompido pela presença de sangradouros formados pela drenagem urbana. A largura do cordão de dunas varia entre 45 e 84 m, limitado à oeste pela primeira quadra, com a crista descontínua em diversos pontos. Foram encontradas edificações sobre as dunas frontais, sendo parte da mesma removida. (Figura 5.11e 5.12).

Trinta e dois sangradouros formados pela drenagem urbana foram contabilizados nesse trecho. A ação conjunta de dois acabam por reduzir a duna frontal a uma pequena massa isolada em forma de U (Figura 5.12).

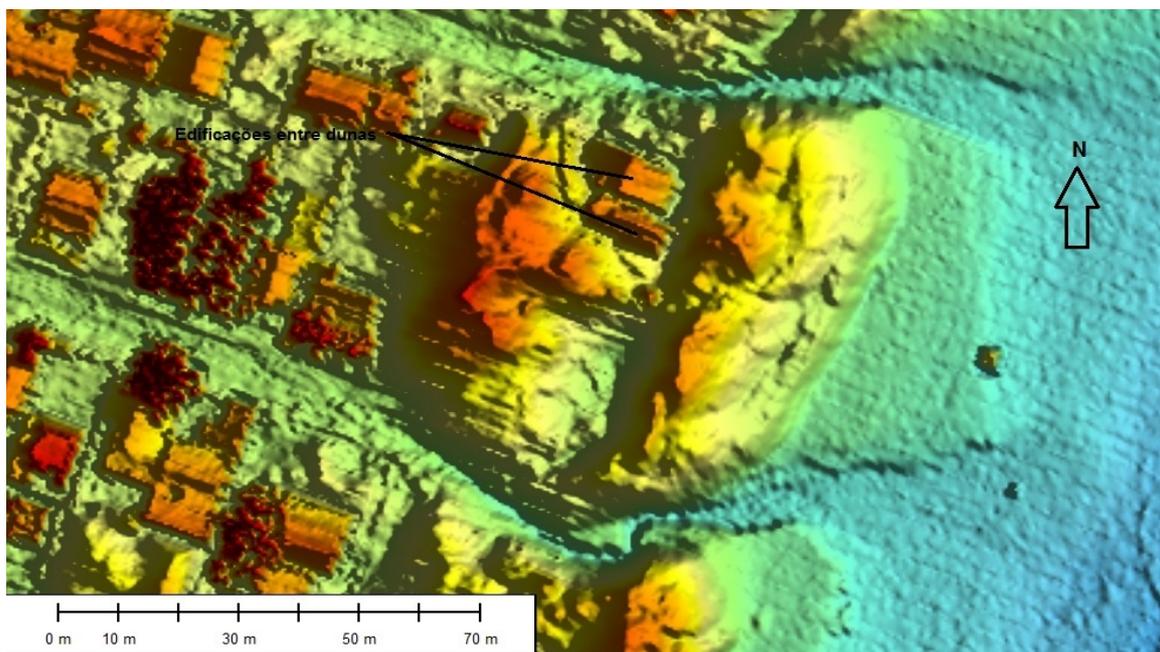


Figura 5.11- Edificações entre cordão de dunas adjacentes.

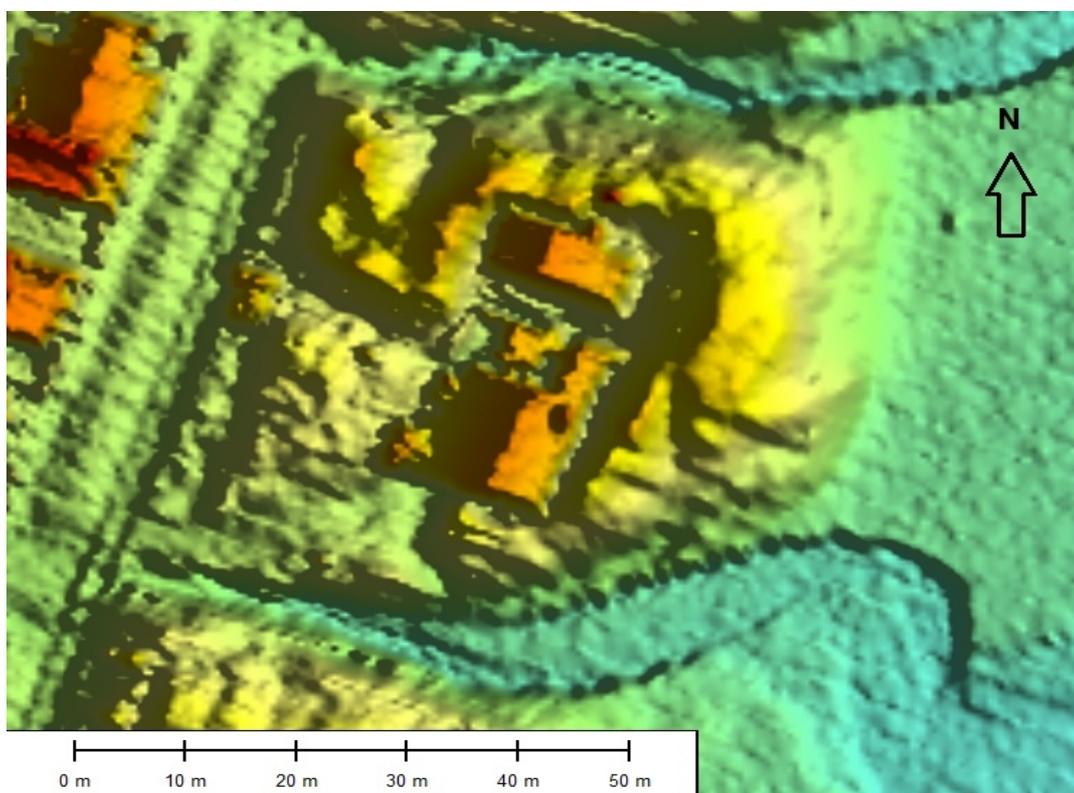


Figura 5.12 – Duna frontal em forma de U, na imagem edificações sobre o cordão.

Limitado ao sul pelo Centro, ao norte pelo Balneário Pinhal e à oeste pela RS-786, um campo de dunas preservado, com largura aproximada de 350 m, ocorre em Quintão. Rastros lineares e dunas parabólicas formados pela ação do vento nordeste são nítidos nas figuras 5.14 e 5.15. Lobos de deposição e bacias de deflação são demonstrados nas figura 5.16 e 5.17.

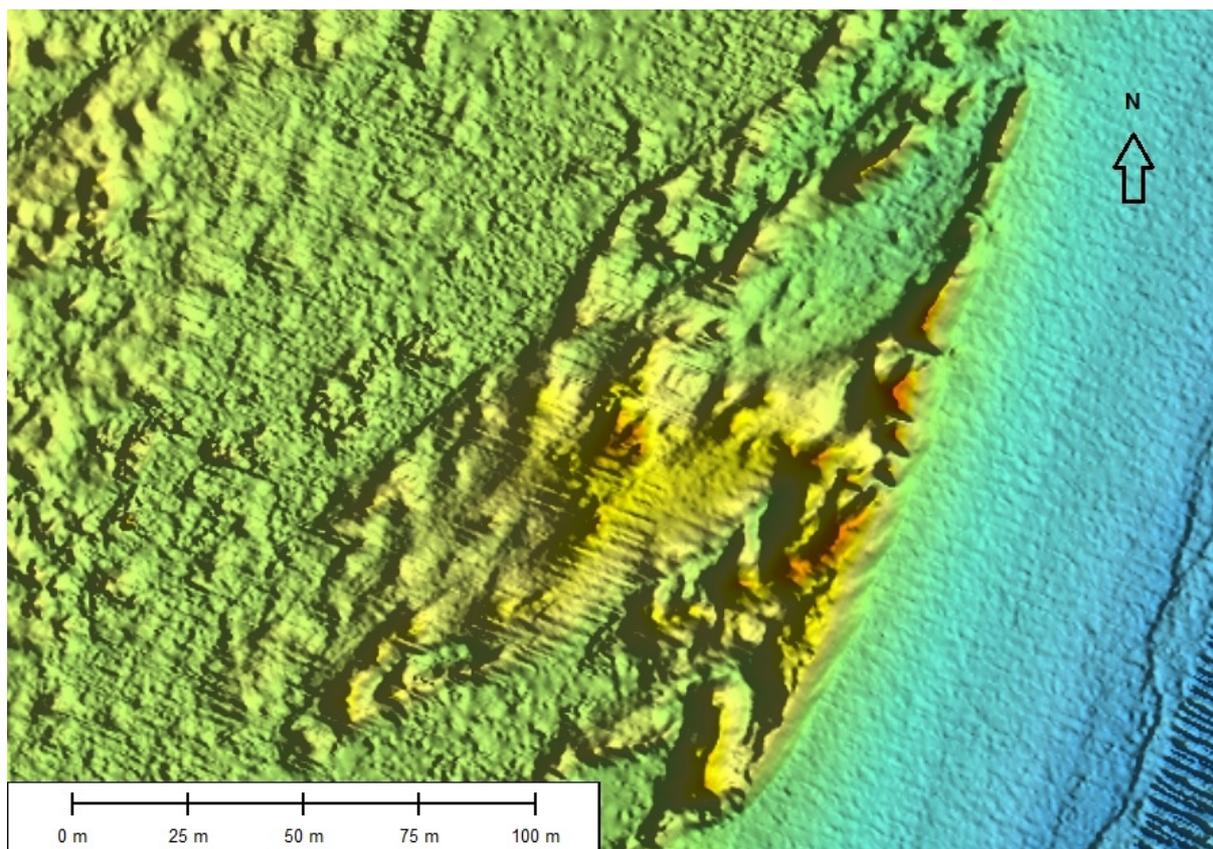


Figura 5.16 – *Blowout* com duna frontal recuperada à frente. Na figura é possível visualizar *blowouts* fenda.

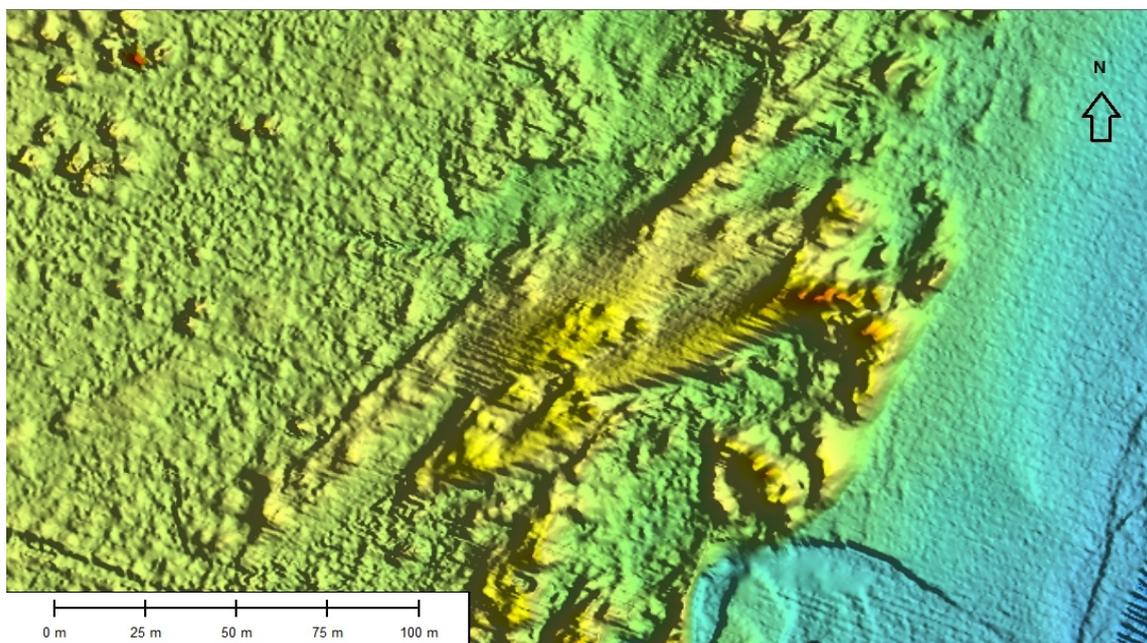


Figura 5.17 - Bacia de deflação e lobo de deposição de um *blowout*.

As dunas frontais são segmentadas e, em alguns pontos, foram encontrados depósitos triangulares (Figura 5.18) e dunas frontais delgadas (Figura 5.19).

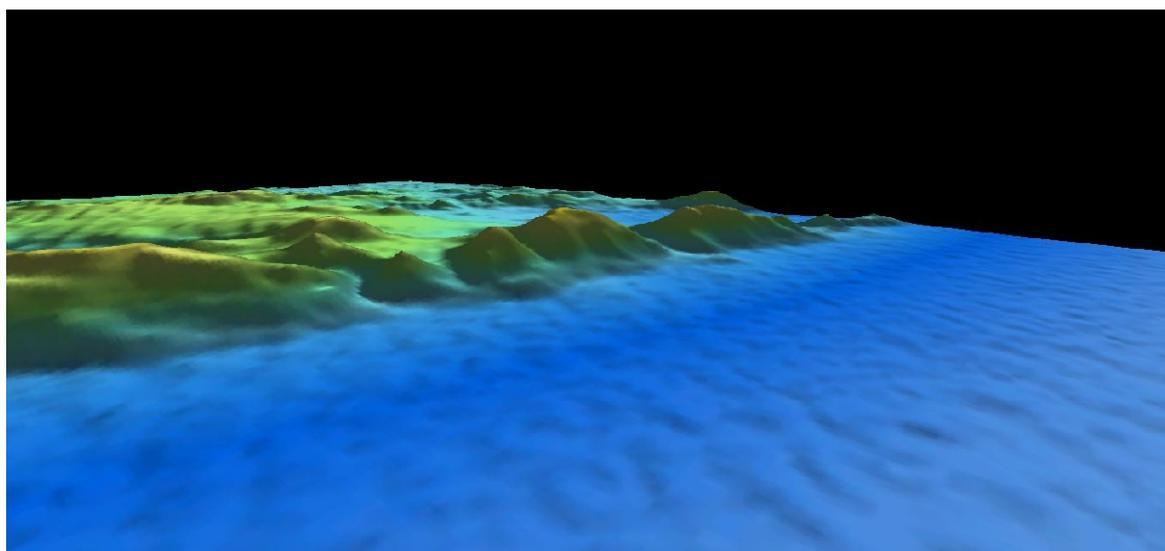


Figura 5.18 - Duna frontal segmentada formando depósitos isolados de formato triangular, provavelmente no estágio 3 ou 4.

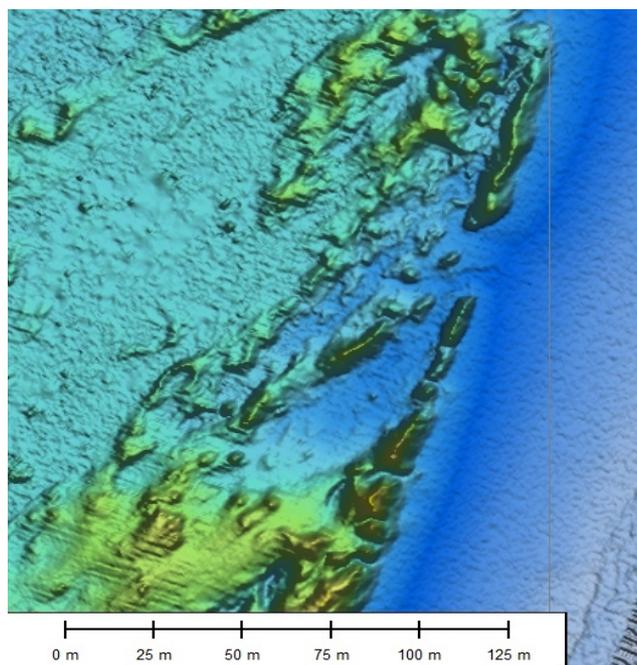


Figura 5.19 – Cordão de duna frontal delgada.

Os parâmetros morfométricos dos balneários que compõem Quintão são demonstrados na tabela 5.1. Para Dunas Altas, Tabajara *et. al* (2005) contabilizou os seguintes parâmetros morfodinâmicos: altura das dunas frontais igual a 7,6 m; declividade do perfil 2,94%, largura da praia subaérea 100 m; volume do perfil de 23,05 m³/m.

Tabela 5.1 - Parâmetros morfométricos da praia de Quintão.

Balneários	Declividade (%)	Largura média (m) da praia subaérea	Var.vol (m³/m)	Azimute linha costa (graus)	Altura dunas frontais (m)
Dunas Altas	3,75	61,92	23,9	17,87	7,66
Santa Rita	2,91	61,33	15,8	16,31	6,76
Frade	3,15	56,31	18,76	17,59	6,01
Rei do Peixe	3,35	59,94	16,91	18,67	5,55
Centro (Pioneiros)	3,1	58,67	16,72	18,69	4,99
Campo Dunas	3,34	55,47	12,1	19,55	4,57

Os valores médios e desvio padrão (DSP) encontrados para altura das dunas frontais são de 5,92 m (DSP=1,15), largura da praia subaérea de 58,94 m (DSP=2,63), variação do volume acima do datum igual a 17,36 m³/m (DSP=3,88) e azimute médio da linha de costa igual a 18,11° (DSP=1,12). A declividade média da praia de Quintão é de 3,27% (DSP=0,29).

5.2 BALNEÁRIO PINHAL

Situado entre a praia de Quintão e Cidreira, o Balneário Pinhal é caracterizado por uma grande urbanização na faixa costeira, em alguns casos, ocorrem construções sobre as dunas frontais (Figura 5.20).

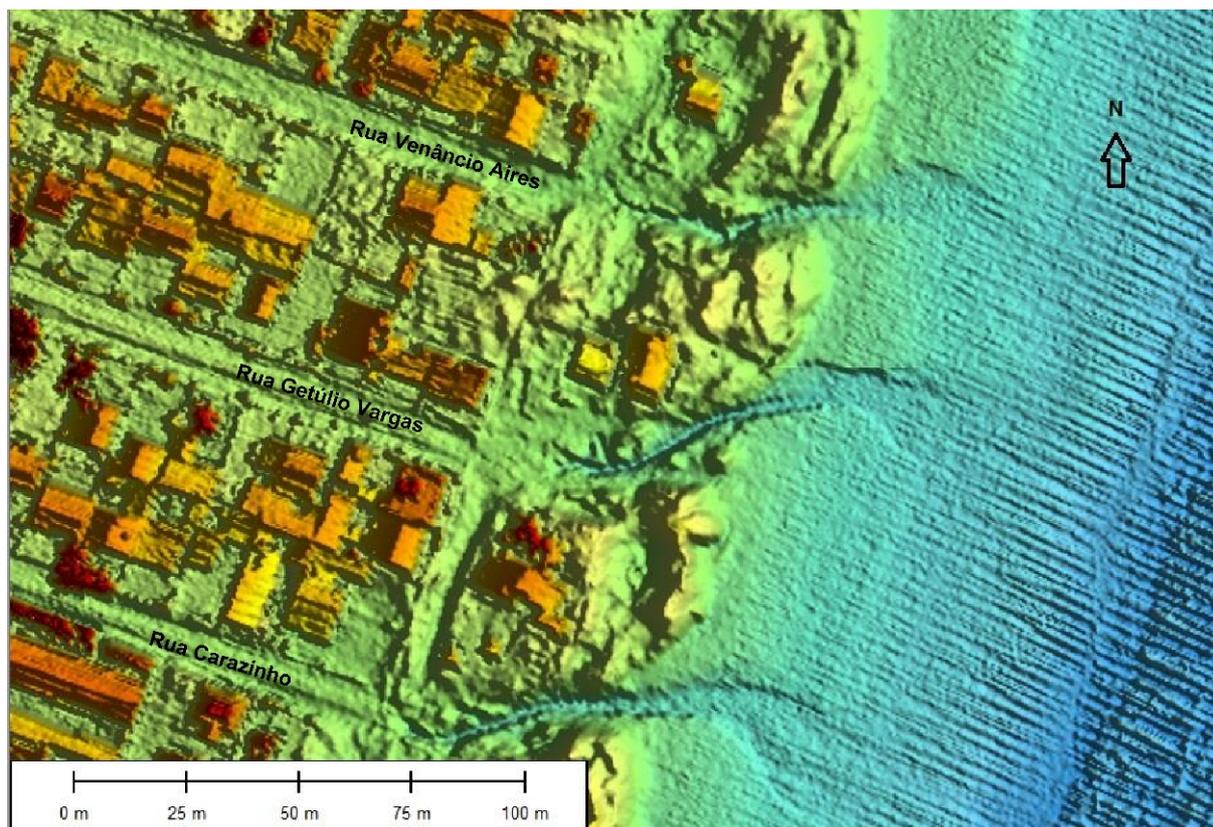


Figura 5.20 - Urbanização sobre as dunas frontais em Balneário Pinhal.

O cordão de dunas frontais iniciado na Rua Bagé (571837 E 6647438 N) até a Rua Tipio (572663 E 6649872 N) apresenta o cordão totalmente degradado pela urbanização, resumindo-se a massas isoladas, segmentadas por sangradouros, largura do cordão variando entre 0 a 79 m. Pequenos depósitos sedimentares constituem o cordão, com edificações os substituindo em alguns casos (Figura 5.21). Trinta e sete sangradouros foram contabilizados nesse trecho, todos de ocorrência antrópica formados pela drenagem urbana.

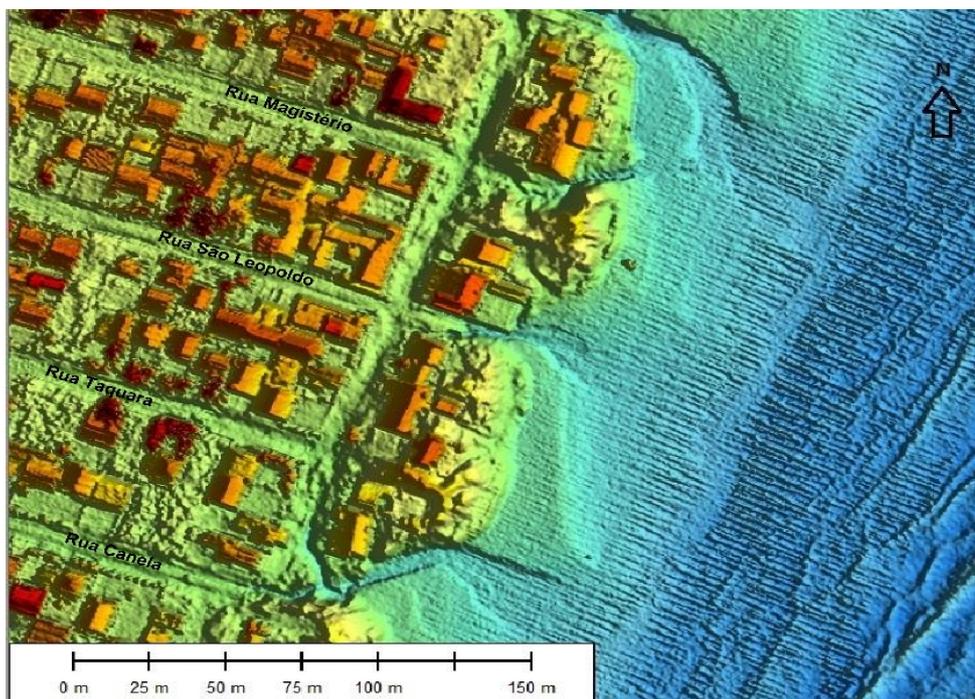


Figura 5.21 - Edificações sobre as dunas frontais.

Um cordão de dunas com maior largura ocorre entre a Rua Tipio e Av. Maristela (573002 E 6650639 N), com dunas frontais contínuas, porém irregulares, interrompidas por três sangradouros. Já entre a Av. Maristela e Nilson Santana dos Santos (574480 E 6654839 N), limite norte do município, as dunas frontais possuem crista irregular, constantemente edificadas, removidas, em alguns pontos (Figura 5.22).

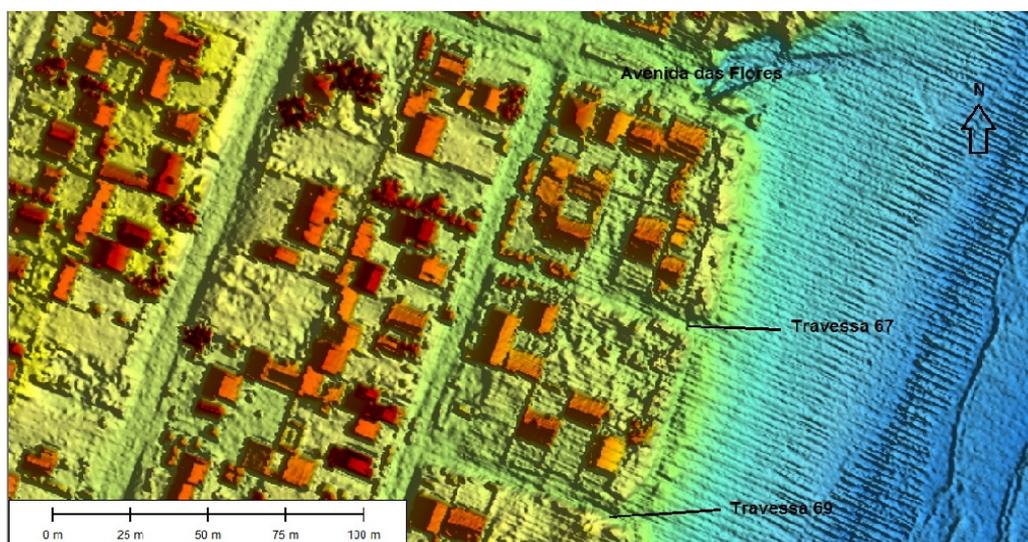


Figura 5.22 - Dunas frontais removidas.

Um cordão de dunas frontais levemente retilíneo e de pequena largura média de 27 m, foi preservado entre as coordenadas 573393 E 6651558 N a 573458 E 6651747 N, seguido por dunas constituídas de pequenos depósitos irregulares e delgados, com remoção total em alguns pontos. Uma duna maior que 8 m foi encontrada nas coordenadas 573645 E 6652502 N (Figura 5.23).

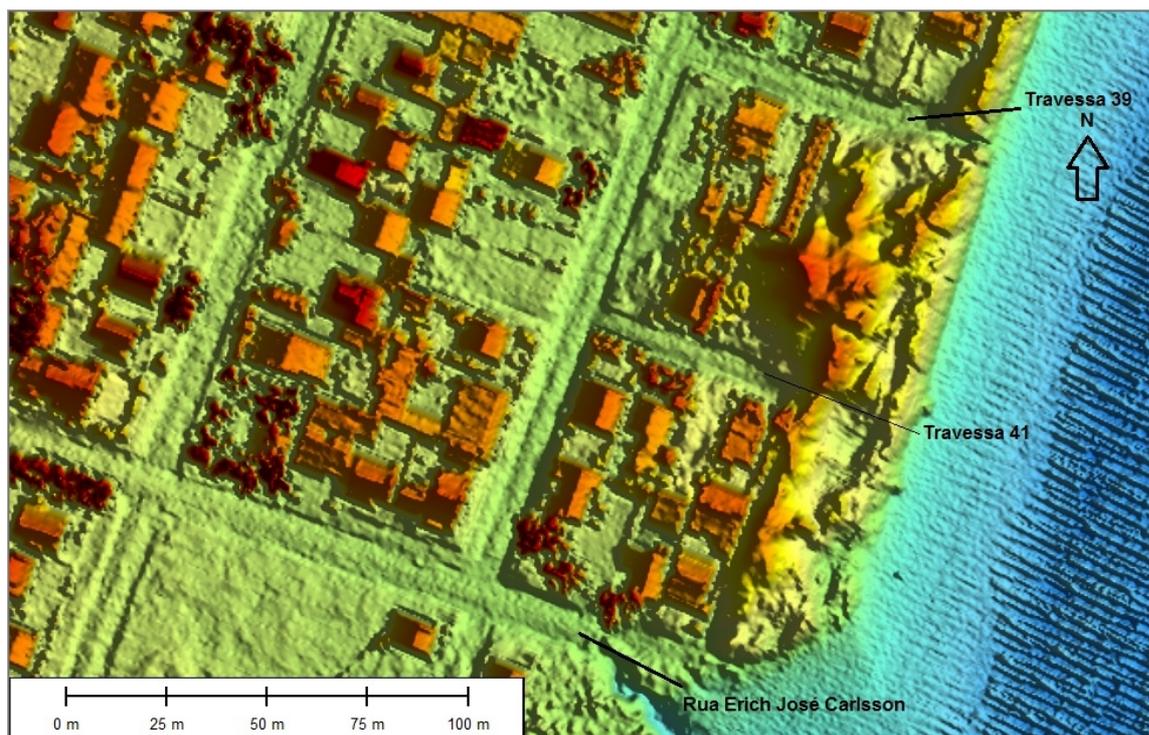


Figura 5.23 - Duna frontal com altura maior que 8 m.

A remoção total das dunas frontais por 1,37 km ocorre entre a Av. Santo Antonio (573933 E 6653134 N) e Rua José Venzon (574388 E 6654434 N). As dunas reaparecem nas duas quadras seguintes, até o limite norte do município, com uma morfologia irregular, descontínua de baixa altura e largura. Trinta e sete sangradouros interrompem o cordão de dunas entre a Av. Maristela e limite norte do município, nenhum de ocorrência natural, todos formados pela drenagem urbana de vias, tubulações pluviais que deságuam na face da praia e pequenos canais formados pela drenagem das dunas.

Imagens com hipsometria do trecho entre Rua Bagé e Tipio podem ser observadas nas figuras 5.24 e 5.25. Imagens hipsométricas dos demais balneários podem ser visualizadas nas figuras 5.26 a 5.29. Na tabela 5.2 os parâmetros morfométricos dos diferentes trechos podem

ser visualizados.

Tabela 5.2 - Morfometria do Balneário Pinhal.

Balneários	Declividade (%)	Largura média (m)	Var.vol (m³/m)	Azimute linha costa (graus)	Altura dunas frontais (m)
Rua Bagé até Getúlio Vargas	2,46	65,9	12,44	20,32	6,52
Rua Venâncio Aires ate Tipio	3,04	79,55	13,81	19,51	4,51
Av Brasil ate Travessa 45	3,43	64,19	13,19	18,84	4,17
Travessa 43 ate Av Pampa	5,16	36,49	14,6	18,33	4,85
Av Pampa ate Av Jose Krauer	5,04	51,14	12,14	20,21	3,87
Travessa São Lucas ate Rua Garça	3,15	87,16	13,55	18,9	3,39

Os valores médios para os parâmetros morfométricos são: Largura da porção subaérea da praia é de 64,07 m (DSP=18,46), o volume médio calculado foi de 13,29 m³/m (DSP=0,91). A declividade média das praias desse município é igual a 3,71% (DSP=1,12). A altura média das dunas frontais é de 4,55 m (DSP=1,09). O azimute da linha de costa médio é de 19,35° (DSP=0,80).

5.3 CIDREIRA

Constituído por uma faixa de praia com, aproximadamente, 16 Km de comprimento, o município de Cidreira é limitado ao norte por Tramandaí e ao sul pelo Balneário Pinhal. É constituído pelos balneários Costa do Sol, Zona A, Centro, Nazaré e Salinas, citados de sul para norte. Pertence ao município um campo de dunas preservado que se estende até Tramandaí.

No balneário Costa do Sol, as dunas frontais foram removidas em diversas quadras.

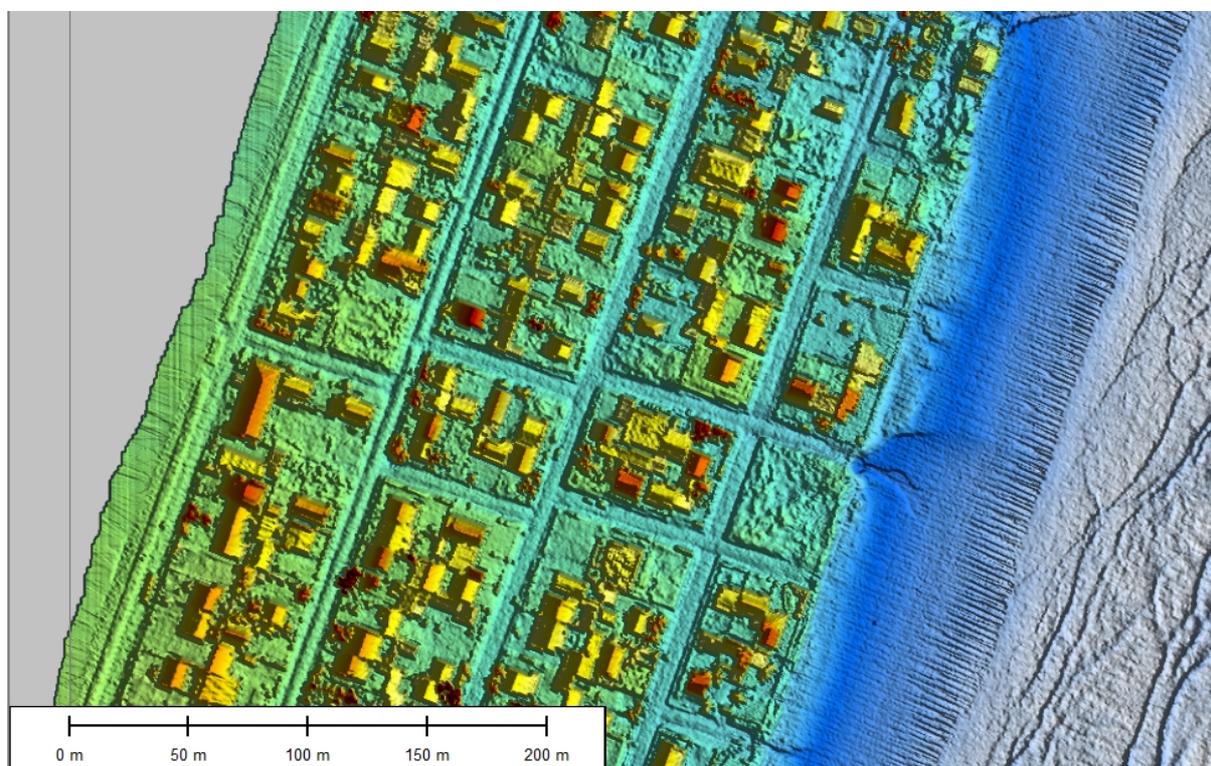


Figura 5.30 - Dunas removidas e sinais de lotes nivelados com material proveniente das mesmas na Costa do Sol.

Dunas descontínuas, estreitas e constituídas por massas isoladas são frequentes na Costa do Sol, edificações sobre as mesmas foram encontradas em diversos pontos. Sangradouros formados pela drenagem urbana, drenagem natural e por tubulações pluviais que desaguam na faixa de praia ocorrem em 32 pontos na Costa do Sol. Formação semelhante é encontrada na Zona A até o terminal turístico (575662 E 6658355 N) com densidade de edificações por lote maior. Ocupação desordenada do solo (Figura 5.31) é uma constante

nessa região, com dunas frontais resumindo-se, em alguns pontos, a pequenas massas isoladas descontínuas e sem orientação definida (Figura 5.32).

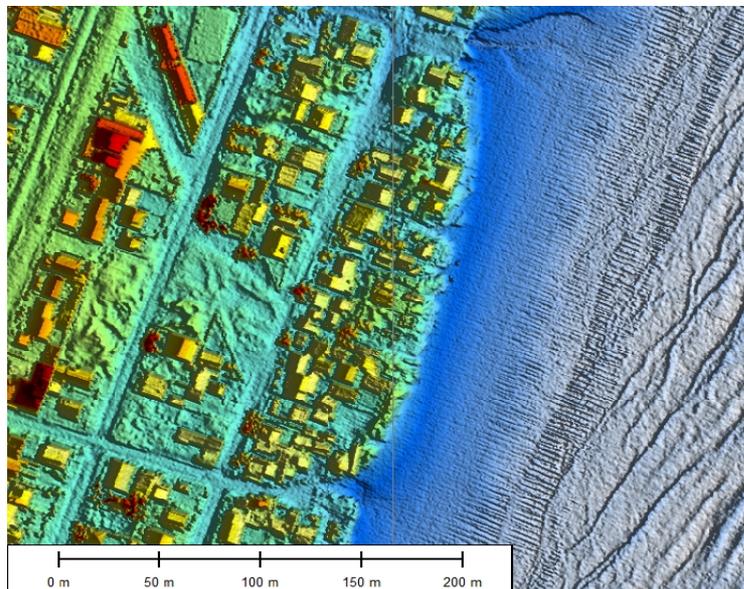


Figura 5.31 - Grande densidade de edificações sobre as dunas frontais na Zona A.

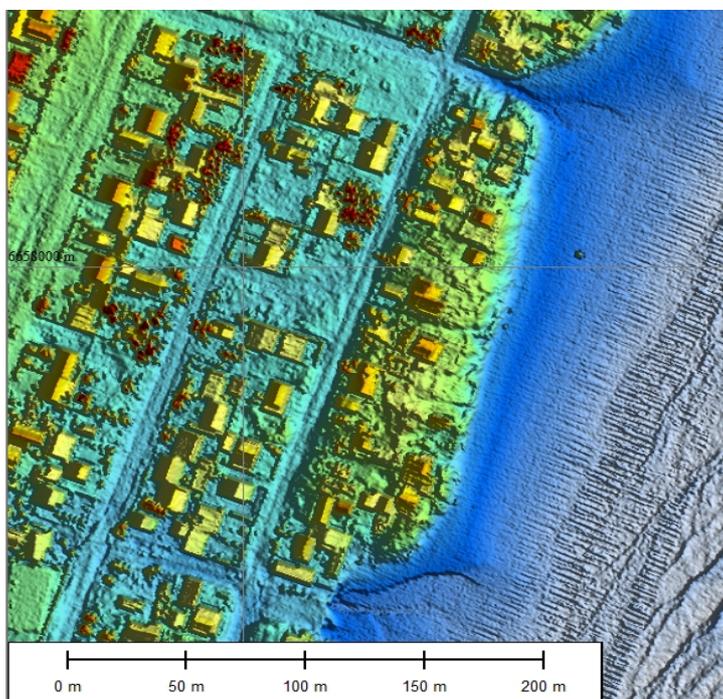


Figura 5.32 - Edificações entre as dunas na Zona A.

Um trecho de 445 m ao norte da Rua João Becker (575678 E 6658291 N) possui um

campo de dunas com dunas frontais, parabólicas e *blowouts* parcialmente preservado, atingindo alturas de até 6,5 m, com forma alongada, descontínua em alguns pontos e orientada em relação ao vento dominante. Nesse local está instalado o terminal turístico de Cidreira, parcialmente soterrado pelo transporte eólico das dunas. (Figura 5.33).

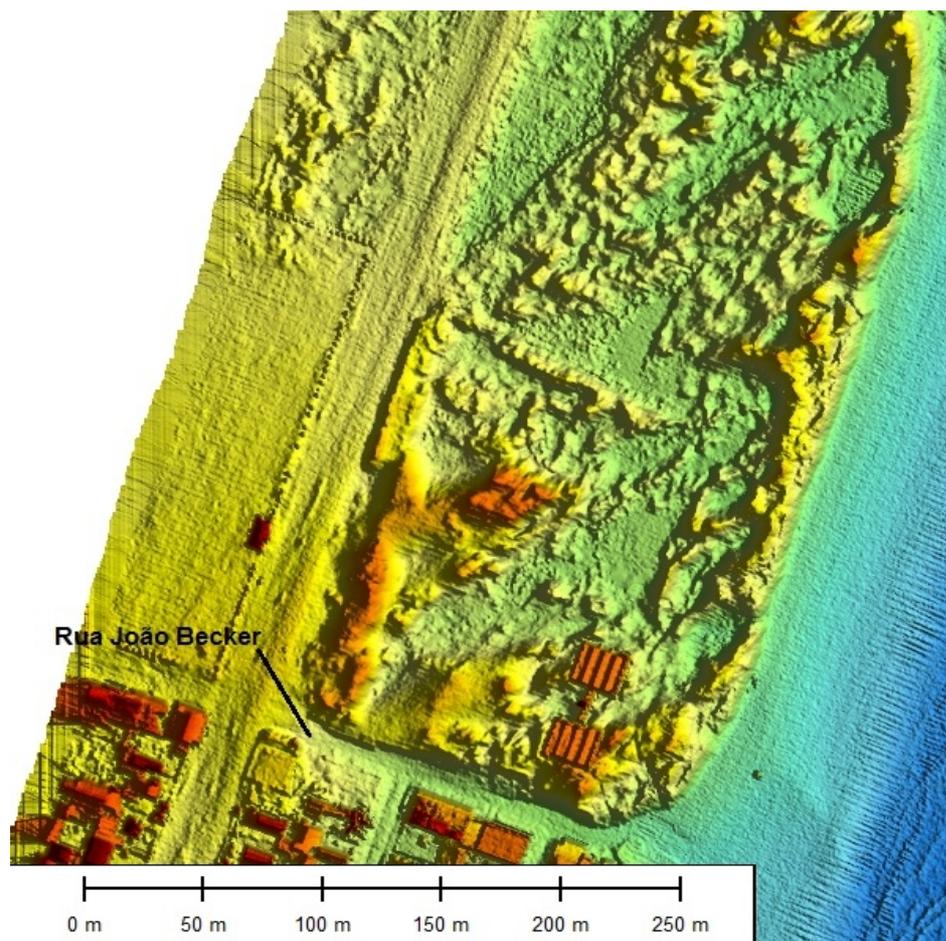


Figura 5.33 - Terminal turístico de Cidreira, na imagem é possível visualizar as dunas frontais e a avenida Mostardeiro.

Interrompidas por um sangradouro de ocorrência natural (575813 E 6658718 N) ao norte do terminal turístico, dunas frontais contínuas, com 7,25 m de altura, estendem-se por 125 m, próximo à Fundação Pão dos Pobres, onde foram substituídas por arbóreas cultivadas até o limite do balneário (Figura 5.34). A altura superior a 7 m é justificada pela presença da vegetação que impede o transporte eólico de sedimento.

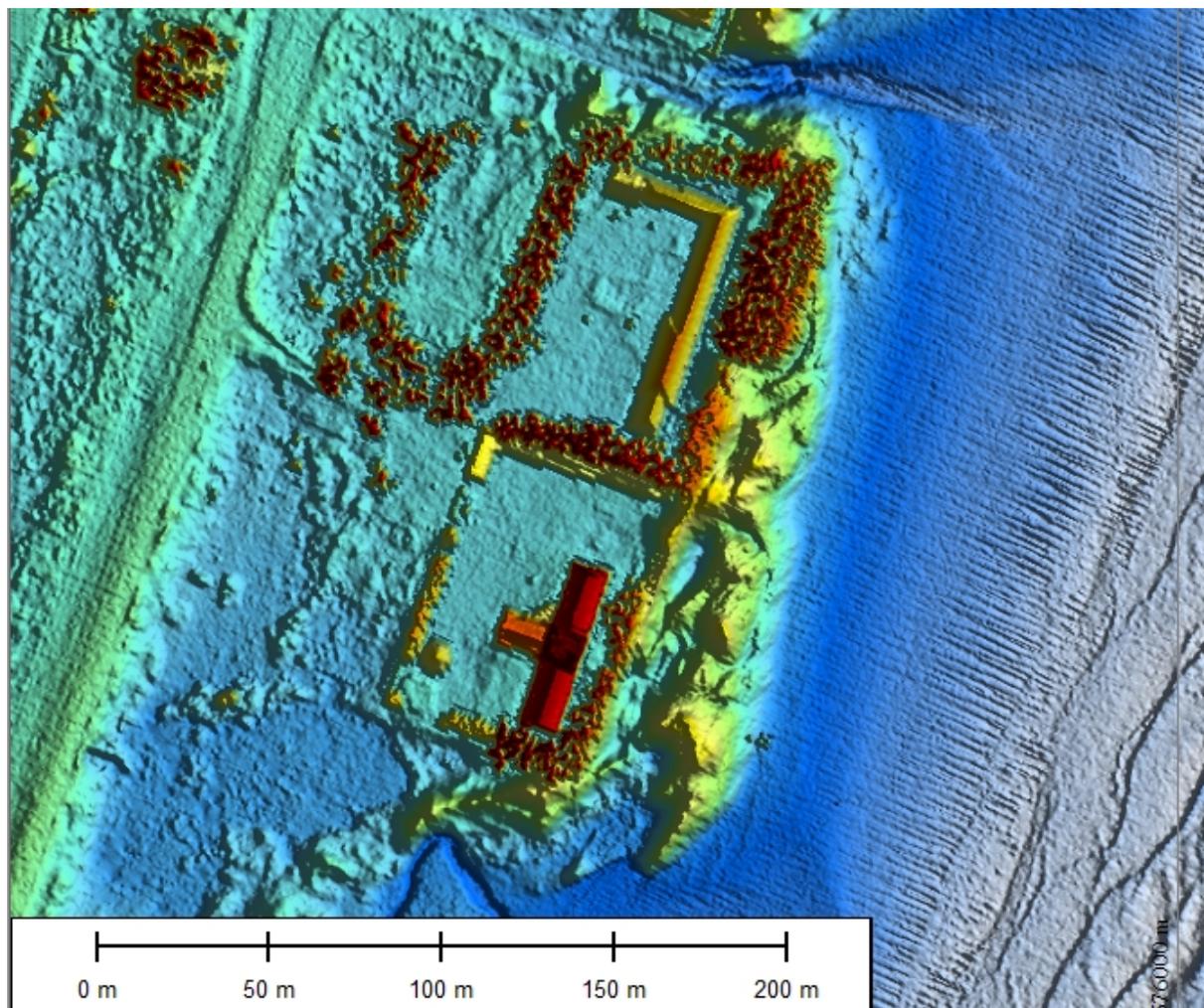


Figura 5.34 - Fundação Pão dos Pobres, arbóreas substituem as dunas frontais.

Treze sangradouros ocorrem na Zona A, dois formados naturalmente e o restante pela drenagem urbana e tubulações de drenagem pluvial.

Próximo ao limite sul (575951 E 6659093 N), primeira quadra do Centro, as dunas frontais são contínuas, atingindo larguras de 19 m, contrastando com as quadras vizinhas, onde não existe qualquer vestígio da formação original (Figura 5.35 e 5.53), sendo a maioria removida para dar lugar a edificações (Figura 5.36). Vinte e três sangradouros ocorrem no Centro, nenhum de ocorrência natural, sendo a maioria formado por tubulações pluviais (Figura 5.37), e drenagem urbana.



Figura 5.35 - Local edificado com remoção das dunas frontais, coordenadas 576736 E 6661205 N.

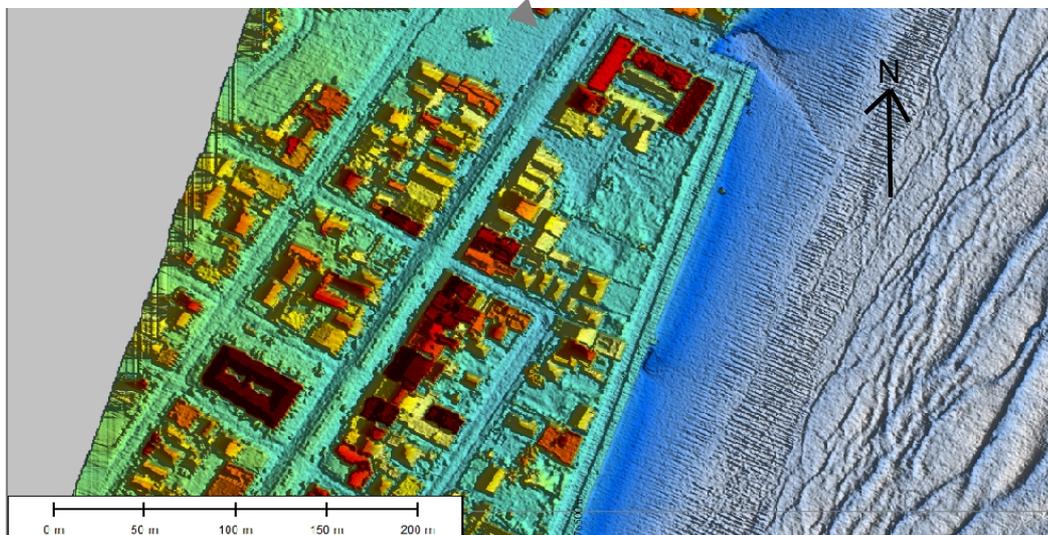


Figura 5.36 - Remoção total do campo de dunas no Centro.



Figura 5.37 - Sangradouro ocasionado por tubulações pluviais, coordenadas 576842 E
6661435 N.

Localizado no final do calçadão João Rios, ao norte do centro, encontra-se o balneário Nazaré, formado por um pequeno campo de dunas limitados pela Rua 25 (Figura 5.38), com uma crista contínua em alguns pontos e grande volume. Mais ao norte, as dunas frontais apresentam uma morfologia plana, possivelmente por obras de terraplanagem, com diversos pequenos depósitos isolados. O desaparecimento do cordão ocorre próximo ao limite de Salinas com presença de edificações, reaparecendo duas quadras antes do limite norte, com cordão contínuo, de largura moderada. Dezesesseis sangradouros ocorrem em Nazaré, sete por tubulações pluviais, o mesmo número por drenagem urbana e dois de ocorrência natural.



Figura 5.38 - Dunas frontais em Nazaré, coordenadas 576931 E 6661761 N.



Figura 5.39 - Sangradouro formado por tubulação pluvial em Nazaré, coordenadas 576931 E 6661791 N.

O balneário Salinas, diferentemente dos demais, mantém um pequeno campo de dunas, em que as dunas frontais estão preservadas, limitado à oeste pela rua Waldir Azevedo (Figura 5.40), sendo constituído, basicamente, por dunas frontais contínuas e diversos depósitos, de diferentes alturas, interligados. Dunas com até 8,00 m de altura ocorrem e

arbóreas cultivadas foram encontradas sobre as dunas em diversos pontos. Cristas paralelas (Figura 5.41) ocorrem nas coordenadas (577764 E 6664256 N) e cordões bem desenvolvidos são encontrados ao norte desse balneário. Vinte sangradouros interrompem o cordão de dunas frontais, formados pela drenagem urbana e do próprio cordão. Quatro tubulações pluviais desaguam em Salinas (Figura 5.42).

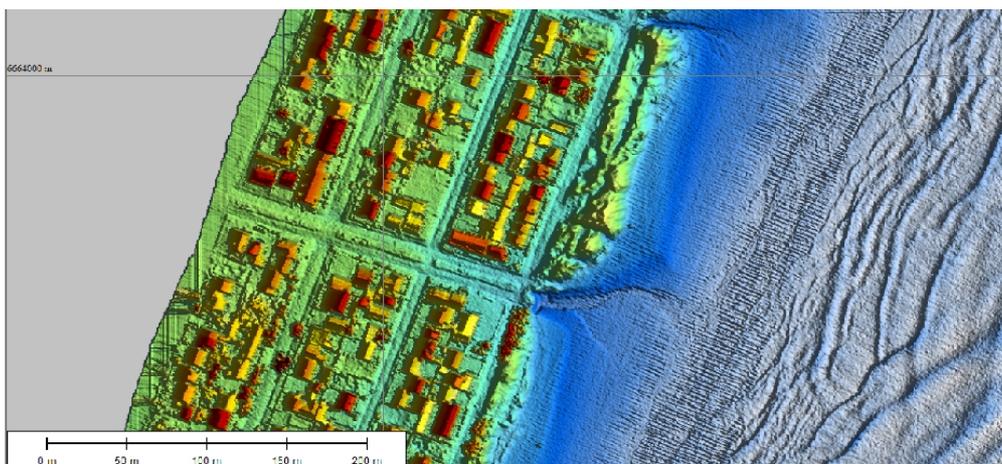


Figura 5.40 - Morfologia das dunas frontais em Salinas.

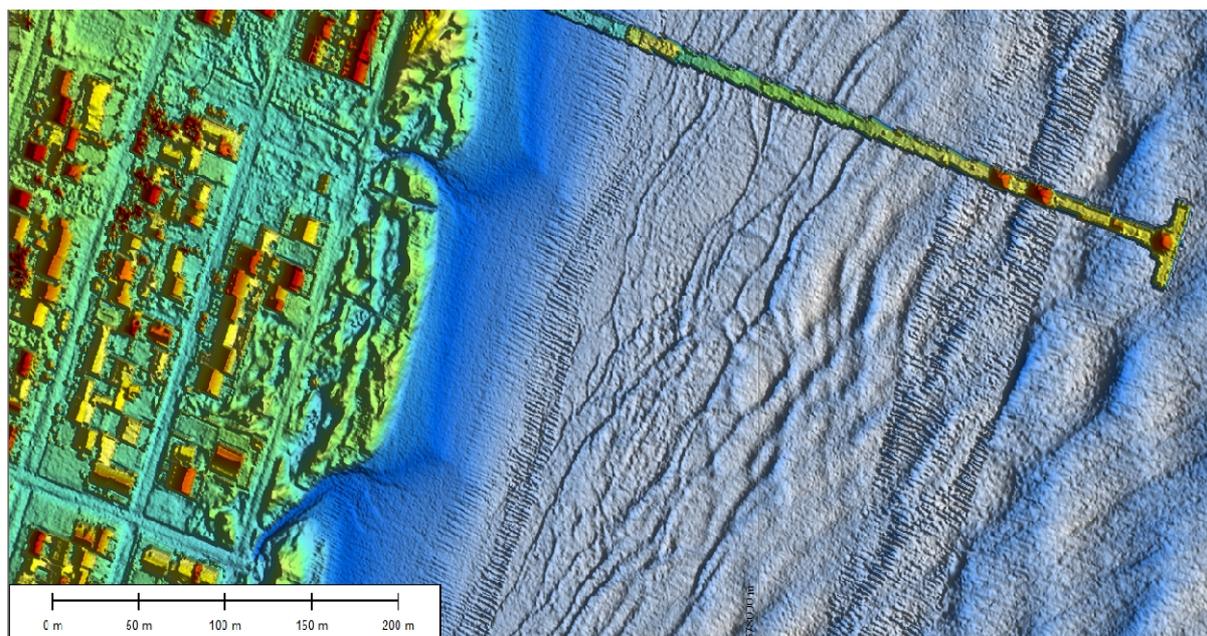


Figura 5.41 – Cordões de dunas frontais ao sul da plataforma de pesca em Salinas.



Figura 5.42 - Sangradouro formado por tubulação pluvial em Salinas, coordenadas 578259 E 6665537 N.

Ao norte de Salinas e estendendo-se até a fronteira sul de Tramandaí, um campo de dunas preservado ocorre (Figura 5.43), ao sul a largura das dunas frontais atingem 36 m, com crista bem desenvolvida e contínua, podendo alcançar de até 6,5 m de altura. Cristas paralelas ocorrem nas coordenadas 578324 E 6665946 N (Figura 5.44) sendo interrompidas por sangradores de ocorrência natural, ocasionando, nesses locais, dunas parabólicas (Figura 5.45). Dunas frontais incipientes e rastros lineares ocorrem, constituídas por volumes alongados de sedimento, com largura próxima 5 m e altura de 4m. Uma grande bacia de deflação ocorre nas coordenadas 578481 E 6666542 N (Figura 5.46) e pequenos depósitos de sedimento.

Uma planície de deflação maior que 210 m foi encontrada nas coordenadas 578635 E 6666821 N (Figura 5.47), a mesma alimenta o campo de dunas interior, sendo encontrado nessa planície depósitos de dunas parabólicas e *blowouts* (Figura 5.48). A maior bacia de deflação ocorre próximo às coordenadas 579162 E 6668363 N, estendo-se por 580 m, nesse trecho, dunas frontais são inexistentes (Figura 5.49). Dunas frontais orientadas no sentido do

vento dominante são frequentes, podendo atingir 192 m de comprimento, com a crista contínua e bem definida (Figura 5.50). Trechos formados por dunas parabólicas e *blowouts* ocorrem entre dois sangradouros ao norte.



Figura 5.43 - Campo dunas ano norte de Cidreira, vista da RS – 786.

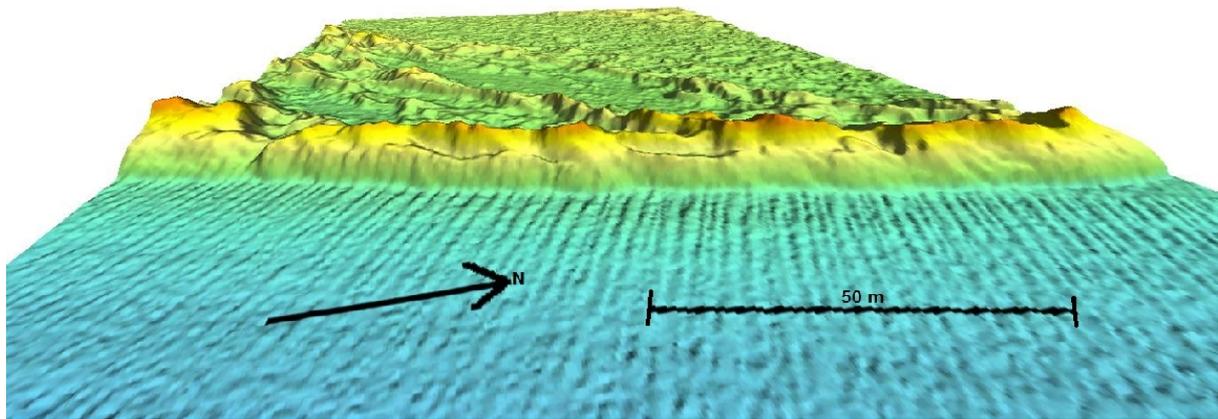


Figura 5.44 – Duna frontal incipiente e estabelecida.

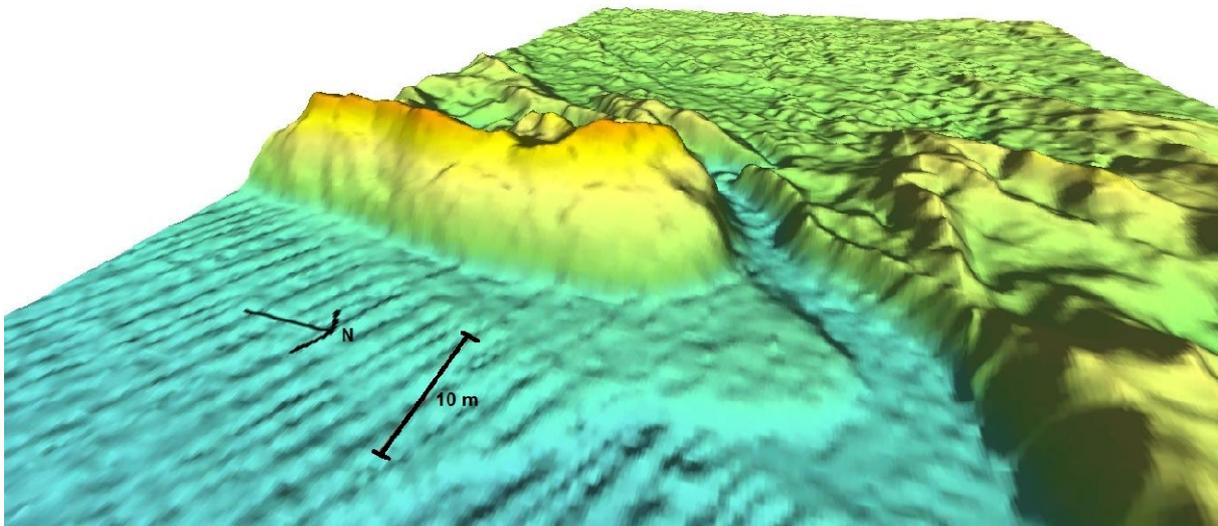


Figura 5.45 – Dunas parabólicas pela ação do vento dominante.

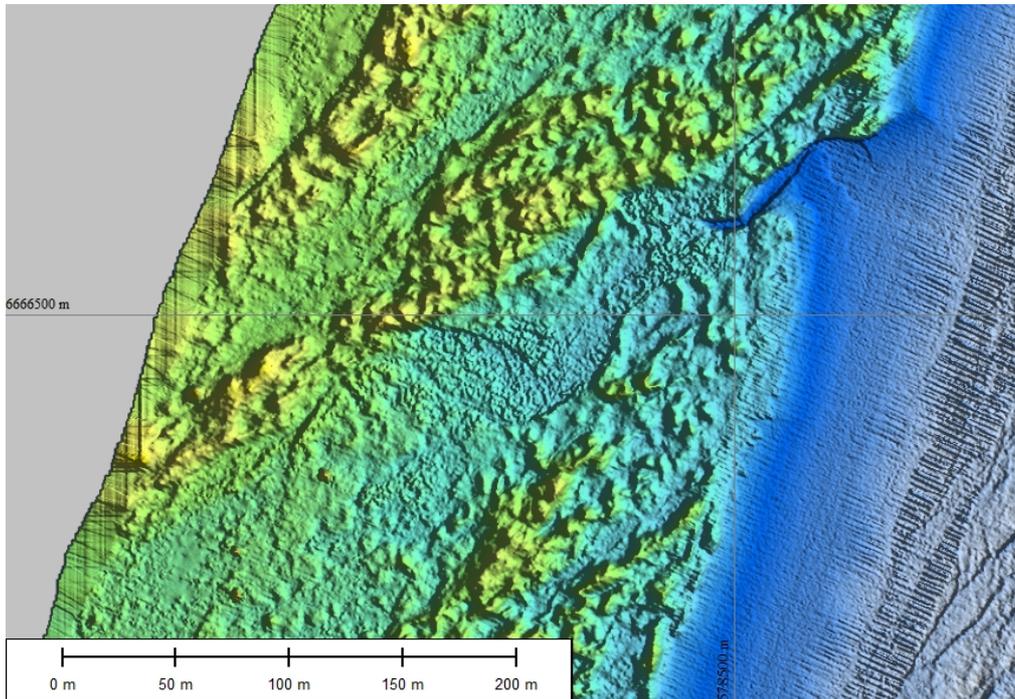


Figura 5.46 - Dunas frontais incipientes e rastros lineares.

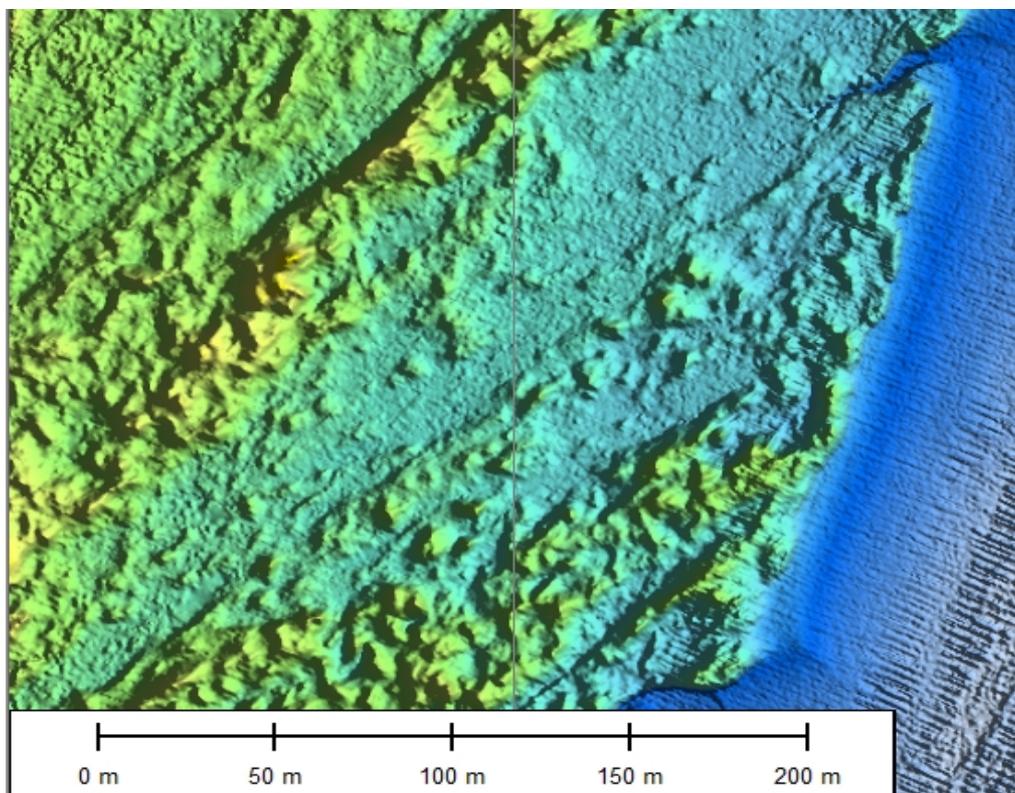


Figura 5.47 – Planície de deflação com dunas parabólicas e *blowouts*.

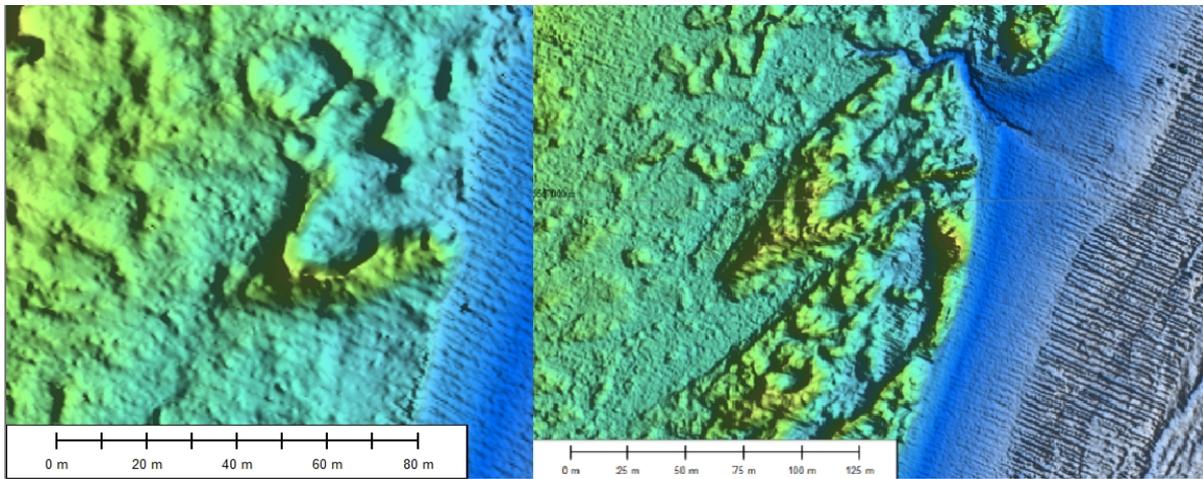


FIGURA 5.48 – Dunas parabólicas encontradas ao longo do campo de dunas.

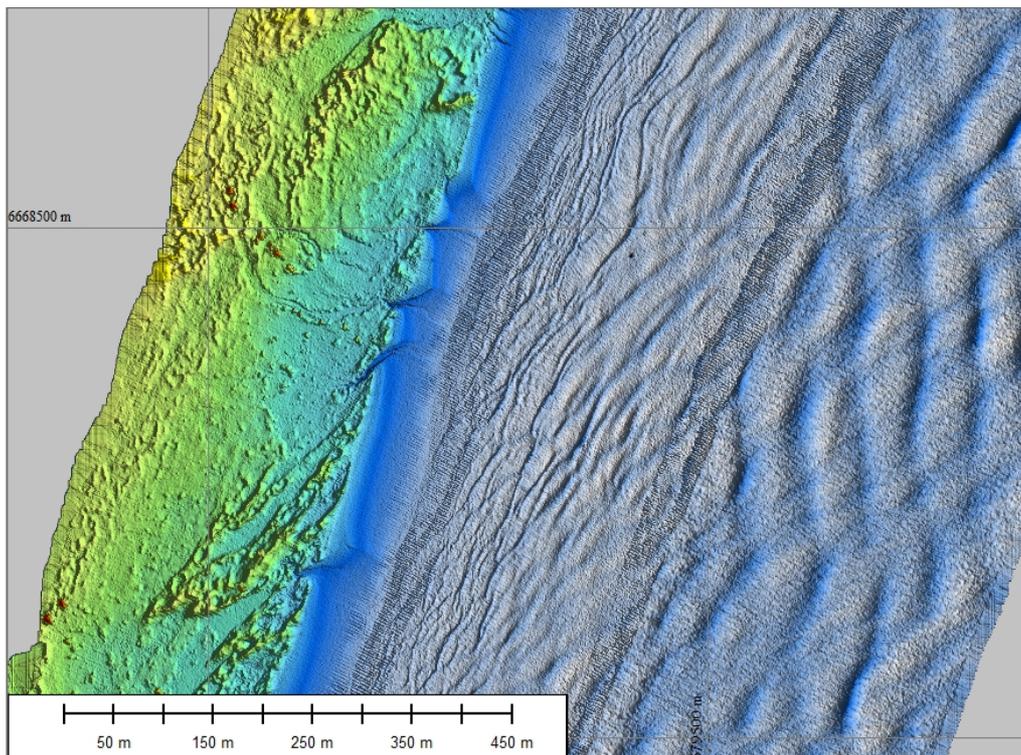


Figura 5.49 - Planície de deflação com 580 m.

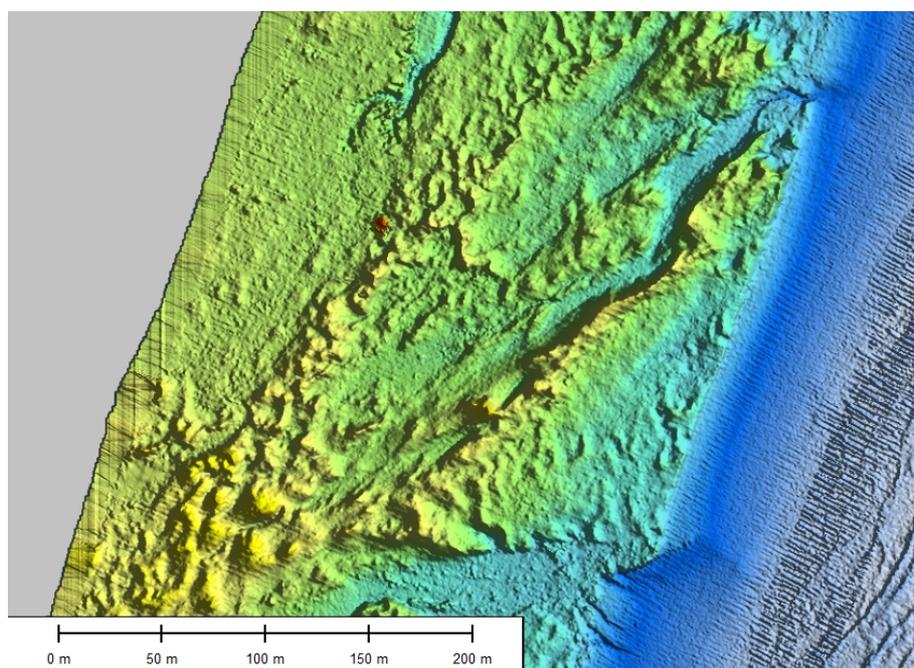


Figura 5.50 – Grande *trailing ridge* de duna parabólica orientado em relação ao vento dominante.

Ao longo do campo de dunas ocorrem 28 sangradouros, todos de formação natural, gerados pela drenagem do campo de dunas. Um sangradouro de grande magnitude ocorre nas coordenadas 578933 E 6667726 N.

Os parâmetros morfométricos dos balneários citados podem ser visualizados na tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Morfometria dos balneários do município de Cidreira-RS.

Balneários	Declividade (%)	Largura média (m)	Var.vol (m ³ /m)	Azimute linha costa (graus)	Altura dunas frontais (m)
Costa do Sol	3,65	75,97	15,06	18,38	4,1
Zona A	3,55	72,93	11,03	18,57	3,73
Centro	4,42	60,54	11,47	19,3	4,26
Nazaré	3,92	70,04	12,23	17,97	3,68
Salinas	3,4	65,32	14,45	18,61	6,49
Campo de Dunas	4,37	62,92	13,43	19,55	3,82

Os valores médios encontrados para os parâmetros morfométricos são: Altura das

dunas frontais 4,35 m (DSP=1,07); largura da praia subaérea 67,95 m (DSP=6,01); VVAD 12,94m³/m (DSP=1,63); azimute da linha de costa médio 18,73° (DSP=0,59); declividade média 3,89% (DSP=0,43).

5.4 TRAMANDAÍ

A praia de Tramandaí desenvolveu-se à sudoeste do canal da laguna de mesmo nome (Toldo *et. al.* 1993). É extensa, retilínea, constituída por sedimentos arenosos de granulometria fina e unimodal, com amplo predomínio de composição quartzosa Martins (1967); Alvarez *et. al.* (1983); Tomazelli & Villwock (1992). Segundo os mesmos autores, pode ser considerada uma praia intermediária a dissipativa, com baixa declividade (variação 2,48% a 3,70%).

Ao sul, o município tem-se um campo de dunas preservado, que se estende até Tiarajú, constituído por dunas frontais de baixa altura e largura, formadas por diversos depósitos de sedimento interligados com crista descontínua. Em diversos pontos ocorrem dunas parabólicas e *blowouts* (Figura 5.59).

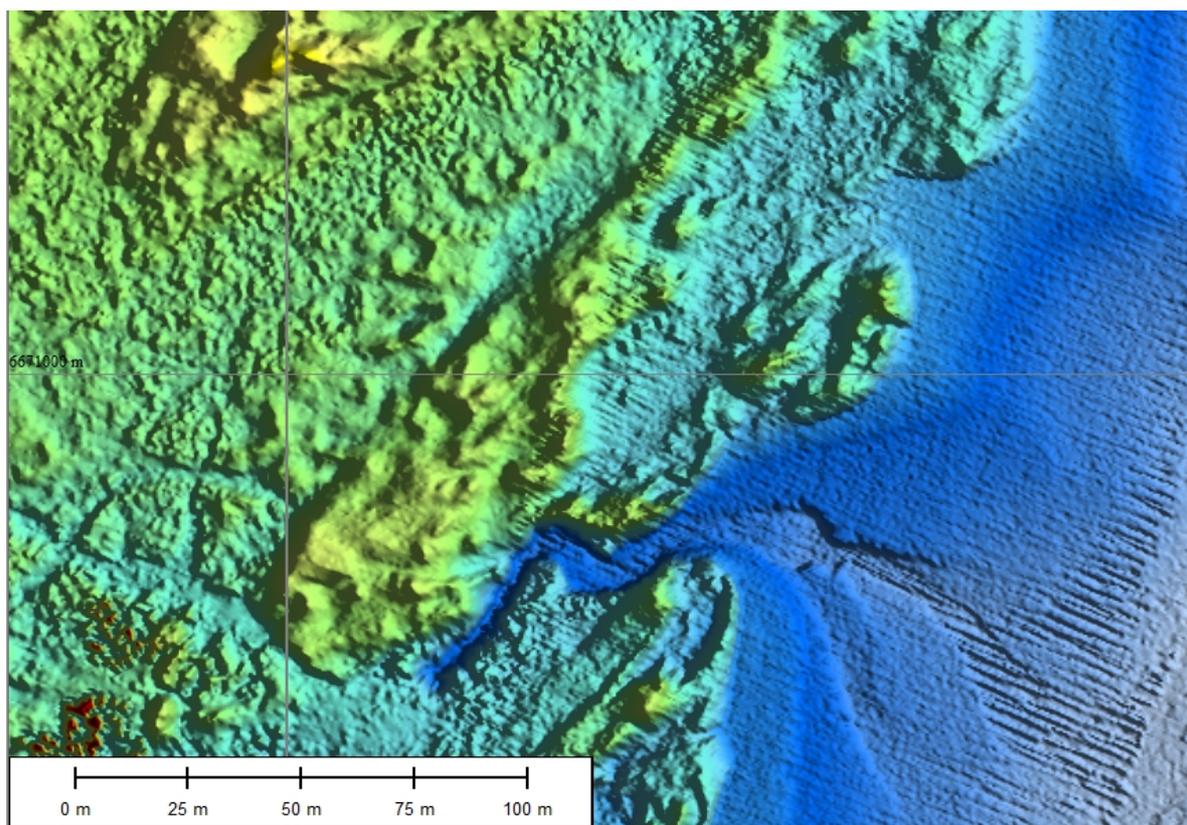


Figura 5.59 - Dunas frontais orientadas em relação ao vento dominante, dunas parabólicas podem ser visualizadas.

Dunas incipientes são frequentes nessa formação, bacias de deflação são encontradas próximo ao pós-praia (Figura 5.60).

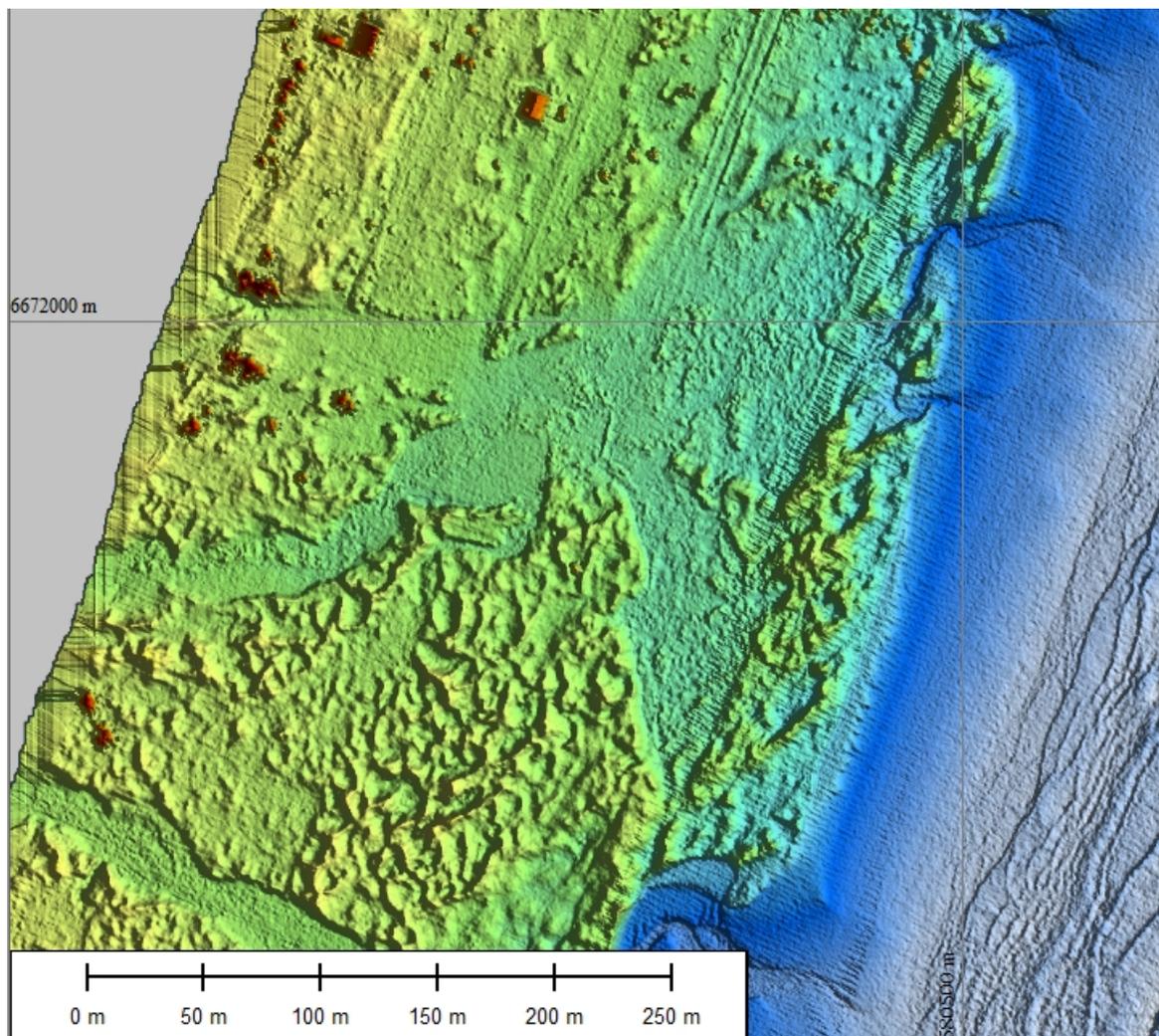


Figura 5.60 - Bacia de deflação próximo ao balneário Tiarajú, nebkhas podem ser visualizadas.

Ao longo do campo de dunas, treze sangradouros de ocorrência natural foram contabilizados, formados pela drenagem do campo de dunas.

Ao norte do campo de dunas, o balneário Tiarajú teve a remoção do campo de dunas para a criação de loteamentos (Figura 5.61), sendo mantida as dunas frontais. As dunas remanescentes são descontínuas, formadas por volumes de sedimentos interligados de altura

não uniforme, tipo 3 ou 4. Onze sangradouros ocorrem em Tiarajú, seis por tubulações pluviais e o restante pela drenagem urbana.

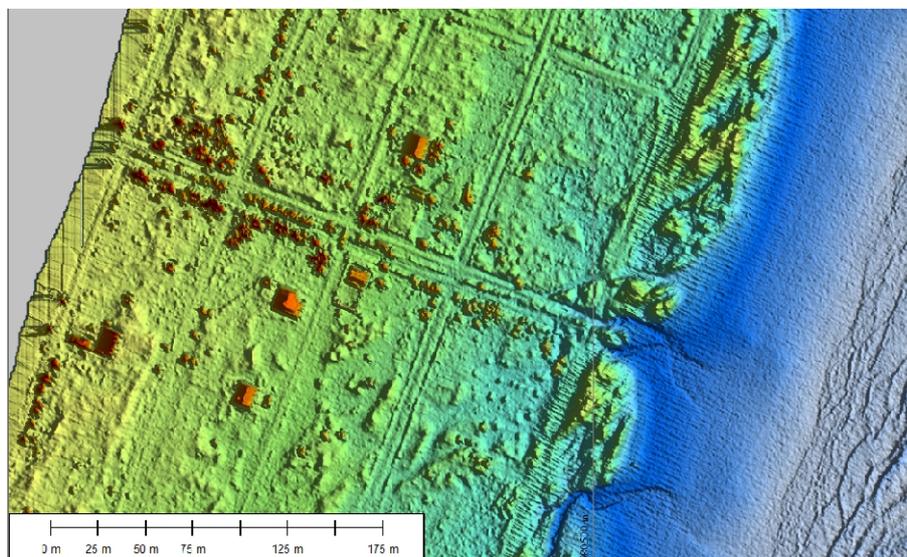


Figura 5.61 - Remoção do campo de dunas para criação de loteamento em Tiarajú.

Nos balneários Jardim do Éden e Atlântico, a faixa de dunas frontais é limitada à oeste pela avenida Beira Mar. Dunas frontais são formadas por diversos depósitos de sedimento, com crista descontínua, removidas nas coordenadas 580878 E 6673073 N. Ao norte desse ponto, a morfologia é arredondada, com dunas orientadas em relação ao vento dominante (Figura 5.62).

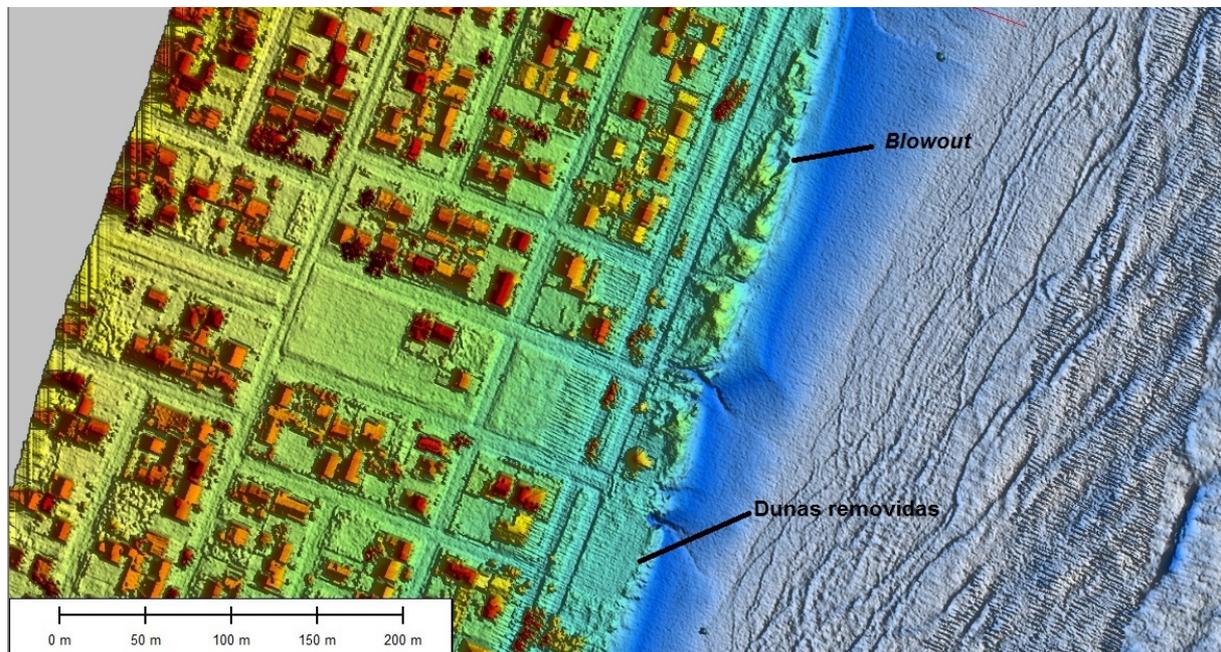


Figura 5.62 – Dunas de morfologia arredondada e orientadas em relação ao vento dominante.

Lençóis de areia vegetados e nebkhas são encontrados em diversos pontos (Figura 5.63) e pequenas cristas paralelas nas coordenadas 581297 E 6674173 N.

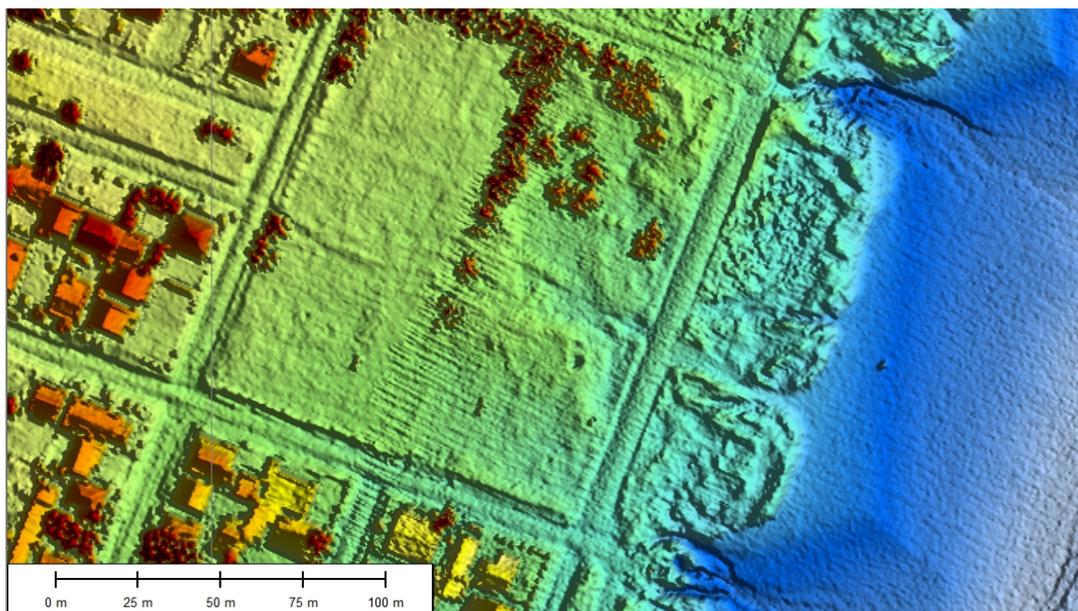


Figura 5.63 - Campo de dunas em Jardim Atlântico.

Blowouts formados a partir da duna frontal e *trailing ridges* ocorrem no campo de dunas de Jardim do Éden (Figura 5.64).

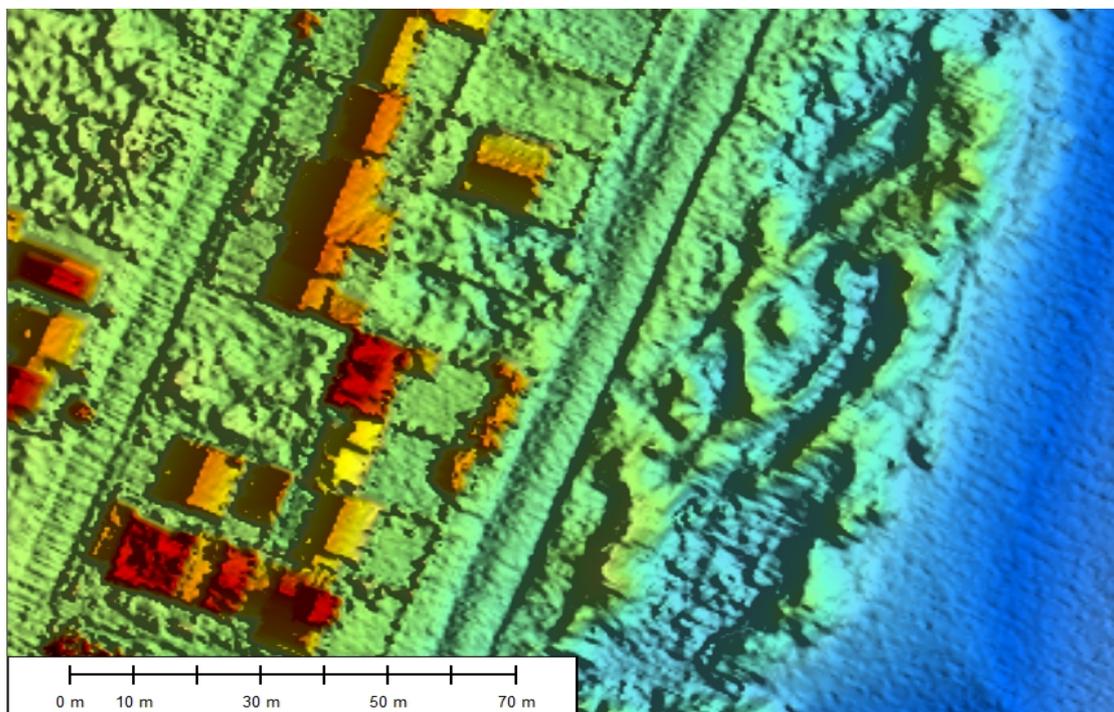


Figura 5.64 – Campo de dunas em Jardim Atlântico.

Dunas de maior magnitude foram encontradas em Oásis Sul, com crista contínua e bem desenvolvida (Figura 5.65). Em Nova Tramandaí plano B, arbóreas foram cultivadas sobre o campo, dunas frontais são formadas por pequenas massas isoladas seguidas por dunas maiores orientadas em relação ao vento dominante. Uma duna parabólica foi encontrada nas coordenadas 581731 E 6675373N (Figura 5.66).

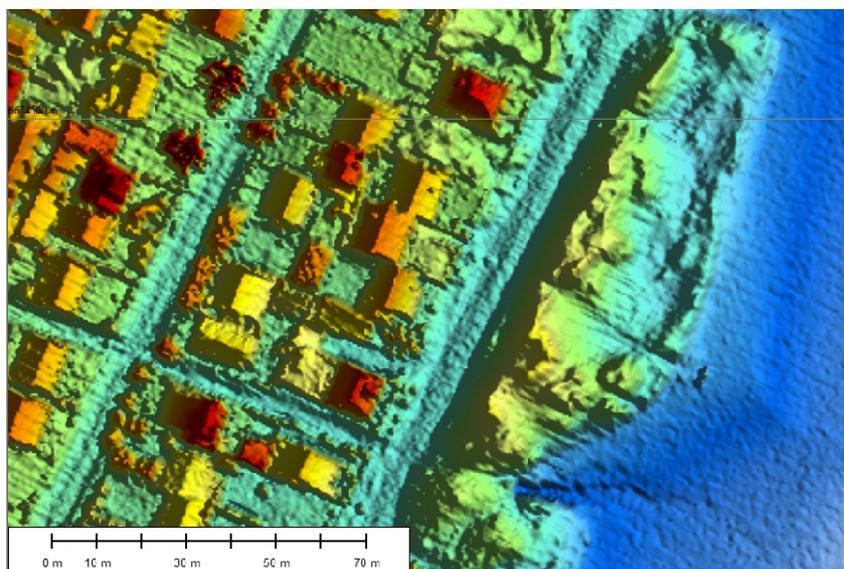


Figura 5.65 - Dunas mais bem desenvolvidas em Oásis Sul.

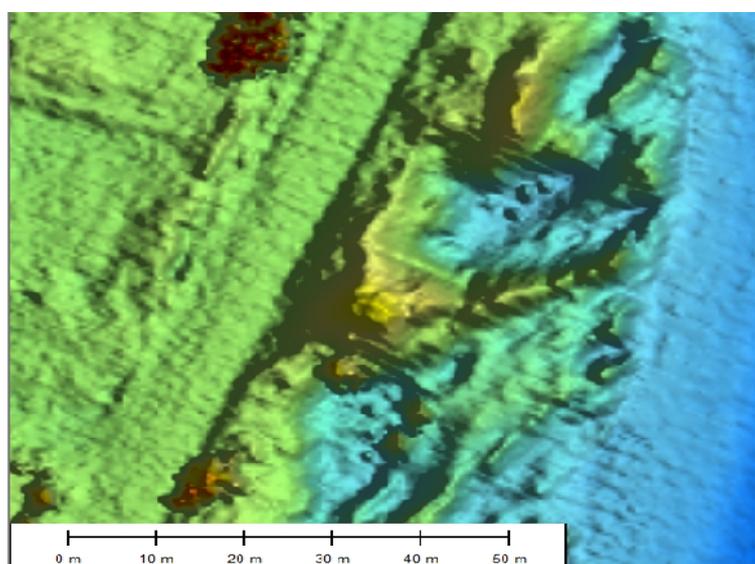


Figura 5.66 - Duna Parabólica em Oásis Sul.

Uma duna parabólica com 7,30 m de altura e respectiva bacia de deflação ocorrem em Nova Tramandaí plano A, coordenadas 582092 E 6676288 N (Figura 5.67), seguido por dunas frontais afiladas e inexistentes.

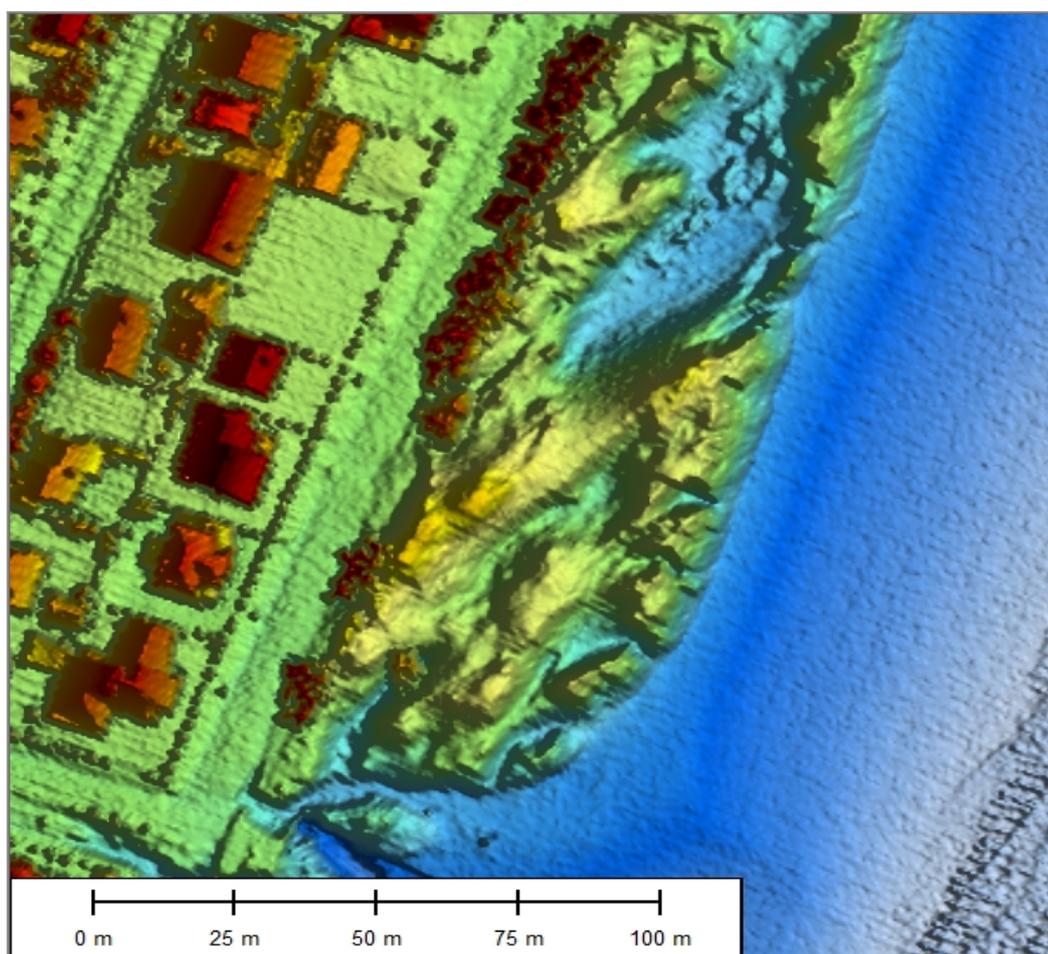


Figura 5.67 - Lobo de deposição e bacia de deflação em Nova Tramandaí plano A.

Na extensão sul do balneário Zona Nova, dunas parabólicas orientadas em relação ao vento dominante são frequentes, assim como dunas frontais descontínuas. A remoção das dunas frontais é iniciada nas coordenadas 583966 E 6681028 N (Zona Nova) até 584329 E 6681939 N (Centro). Acima dessas coordenadas, o cordão é contínuo, com crista bem definida, atingindo 6,9 m de altura.

Dunas frontais mais bem desenvolvidas, porém de largura limitada à oeste pela Av. Beira Mar, ocorrem na Barra, onde atingem alturas próximas à oito metros. Nesse balneário, a crista é bem desenvolvida, contínua, sem interrupção, com largura constante até a barra da Laguna de Tramandaí (Figura 5.68). A ausência de sangradouros no pós-praia pode ser explicada pela drenagem para o interior da laguna de Tramandaí.

Com a alteração da linha de costa no pontal da barra da laguna de Tramandaí, a partir

de um molhe localizado nas coordenadas 584879 E 66833194 N a orientação das cristas passa a ser paralela ao vento dominante, não havendo perdas de sedimento para o continente, mantendo-se nas dunas frontais atingindo alturas próximas à nove metros ocorrem. Cristas largas e contínuas constituem a morfologia mais comum, porém pequenas massas isoladas e descontínuas ocorrem (Figura 5.69).

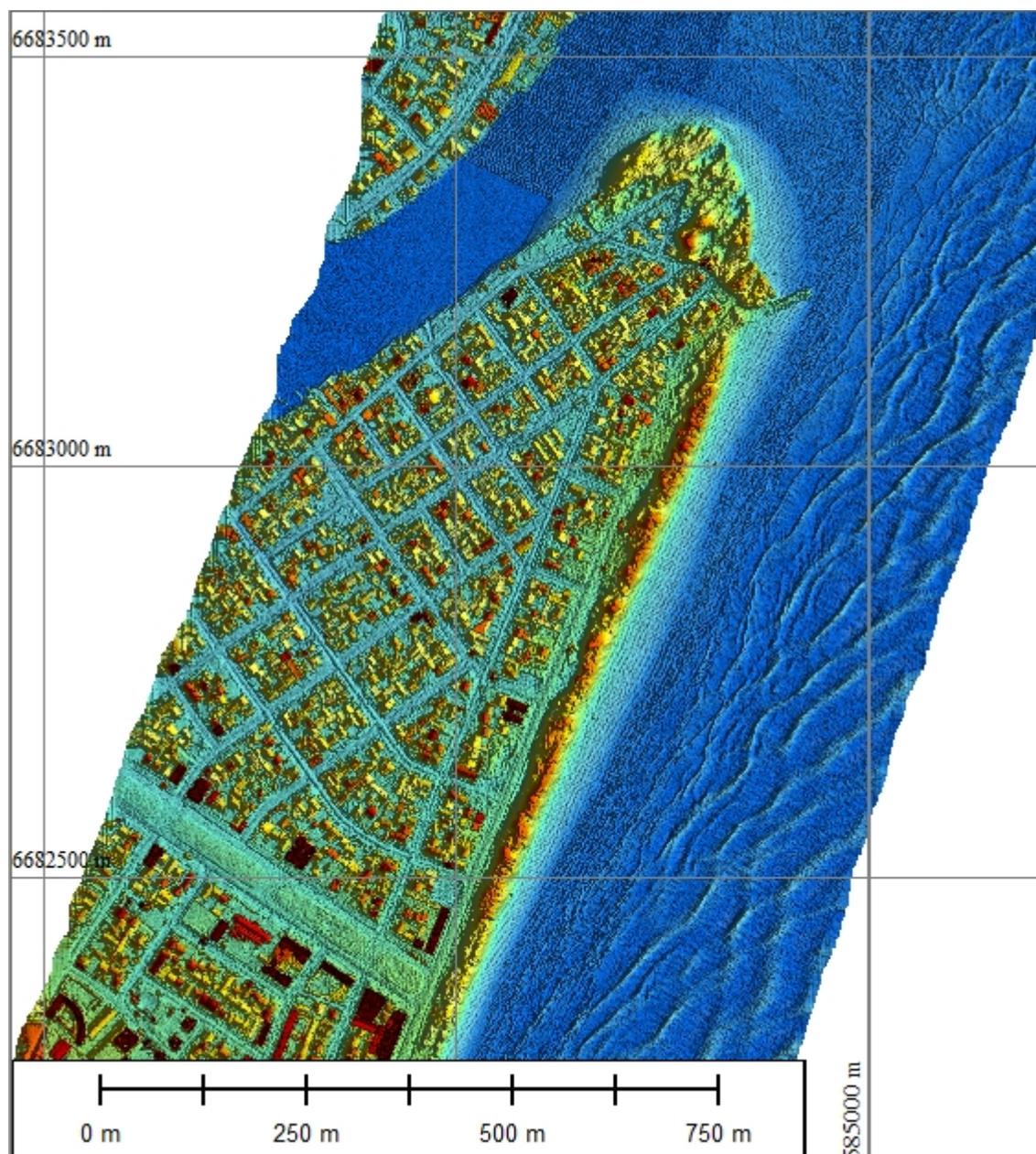


Figura 5.68 - Dunas frontais bem desenvolvidas com crista contínua no balneário Barra.

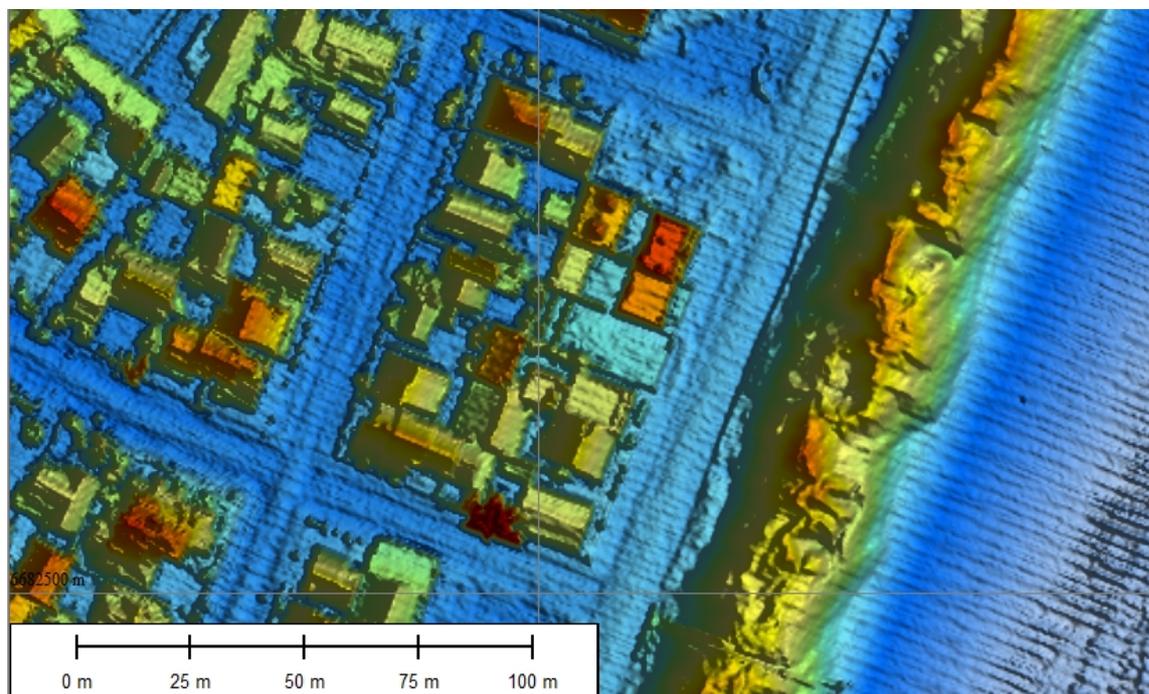


Figura 5.69 - Dunas frontais do balneário Barra.

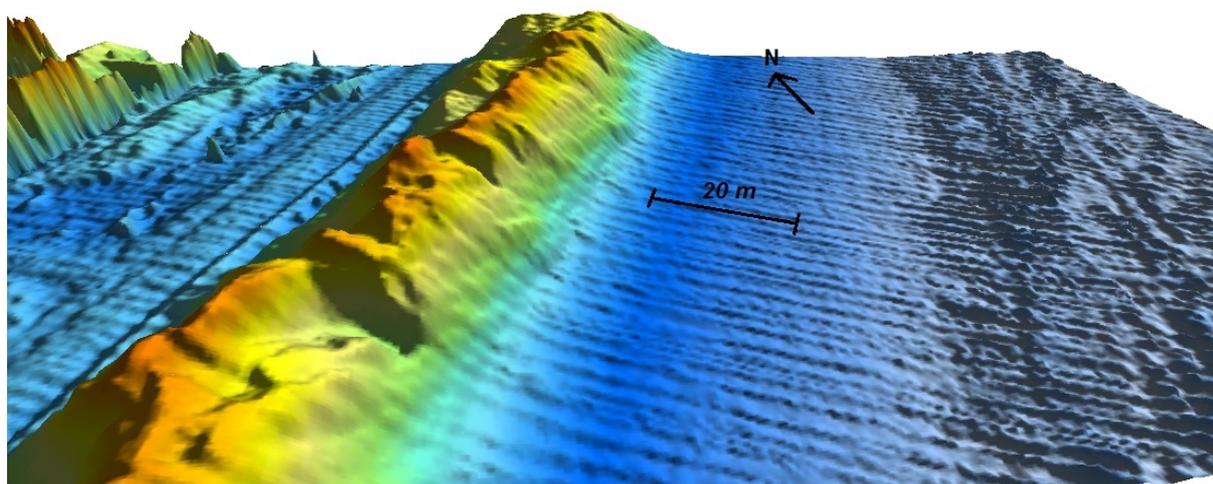


Figura 5.70 - Dunas frontais do balneário Barra.

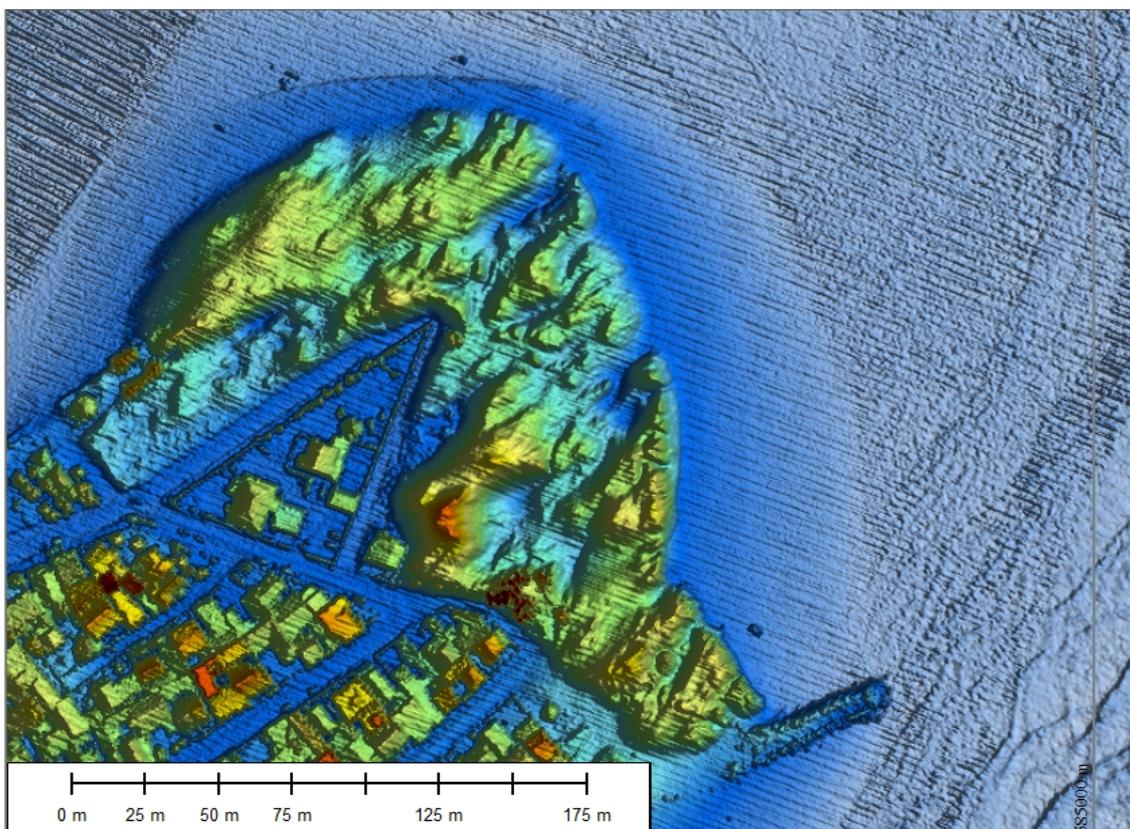


Figura 5.71 - Morfologia do campo de dunas no pontal da laguna de Tramandaí.

O número de sangradouros encontrados entre o limite norte de Tiarajú até a Laguna de Tramandaí foi de 110, apenas 17 de formação natural e, o restante, de ocorrência antrópica, 61 por tubulações pluviais e 32 por drenagem urbana.

Imagens com a hipsometria dos balneários constituintes de Tramandaí podem ser visualizadas nas figuras 5.72 a 5.79.

Na tabela 5.4 os parâmetros morfométricos dos diferentes balneários que compõem Tramandaí são apresentados.

Tabela 5.4 – Morfometria dos balneários pertencentes ao município de Tramandaí – RS.

Balneários	Declividade (%)	Largura média (m)	Var.vol (m³/m)	Azimute linha costa (graus)	Altura dunas frontais (m)
CD	3,5	68,92	13,68	19,87	5,67
TJ	2,96	74,6	15,09	19,92	5,44
JE	2,94	66,55	12,83	25,37	3,57
JA	3,86	78,63	12,19	27,09	3,22
OS	4,63	65,2	16,93	20,57	4,07
NTB	4,69	64,7	12,94	19,55	3,99
NTA	4,49	63,38	14,13	22,26	4,46
TS	3,71	78,37	12,88	20,79	3,37
ZNES	3,63	73,4	14,44	20,53	3,72
ZNS	4,36	59,77	12,58	21,97	4,19
ZN	3,9	64,16	12,64	21,62	4,27
C	5,59	39,53	9,67	19,77	4,23
B	7,04	42,62	22,48	24,65	6,31

OBS: *CD*=campo de dunas; *TJ*= Tiarajú; *JE*= Jardim do Édem; *JA*= Jardim Atlântico; *OS*= Oásis Sul; *NTB*= Nova Tramandaí plano B; *NTA*= Nova Tramandaí plano A; *TS*=Tramandaí Sul; *ZNES*= Zona Nova Extensão Sul; *ZNS*=Zona Nova Sul; *ZN*=Zona Nova; *C*=Centro; *B*=Barra.

Os valores médios encontrados para os parâmetros citados na tabela 5.4 são: Altura das dunas frontais 4,35 m (DSP=,93); Largura da porção subaérea da praia 64,60 m (DSP=11,98); VVAD 14,04 m³/m (DSP=3,05); Azimute da linha de costa 21,84° (DSP=2,41); Declividade média 4,25% (DSP=1,11).

5.5 IMBÉ

O município de Imbé-RS, limitado ao sul pelo rio Tramandaí e ao norte pelo balneário Atlântida Sul (Osório/RS), é constituído pelos seguintes balneários Imbé, Ecademar, Morada do Sol, Presidente, Riviera, Ipiranga, Nordeste, Mariluz, Mariluz plano B, Mariluz plano C, Harmonia, Mariluz Norte, Albatroz, Marisul, Santa Terezinha, Santa Terezinha Norte e Imara.

A praia de Imbé apresenta características intermediárias a dissipativas com largura média da faixa de praia 62,71 m, com inclinação média de 1,58 ° (2,75%), altura média das ondas na arrebentação 1,21 m com período médio de 9,37 s e ângulo de aproximação de ondas igual a 4,82° (ângulo medido em sentido horário), Weschenfelder & Zouain (2002).

Entre a barra do Rio Tramandaí e a Rua Garibaldi (coordenadas 585350 E 6684571 N) o cordão de dunas frontal foi completamente removido para a construção do calçadão e instalação de quiosques. A retomada do cordão ocorre ao norte das coordenadas descritas, com um cordão de largura limitada à oeste pela Av. Beira Mar, crista contínua, altura atingindo 7,8 m, ocorrência de *through blowouts* em alguns pontos (Figura 5.80 e 5.81). A largura e volume das dunas frontais aumenta ao norte das coordenadas 585497 E 6684888 N, devido ao maior espaço destinado ao desenvolvimento do campo (Figura 5.82). Nesse ponto, as dunas apresentam-se bem desenvolvidas, com poucas interrupções, e cristas chegando a 8 m, sendo essa morfologia comum até o limite do balneário Imbé.

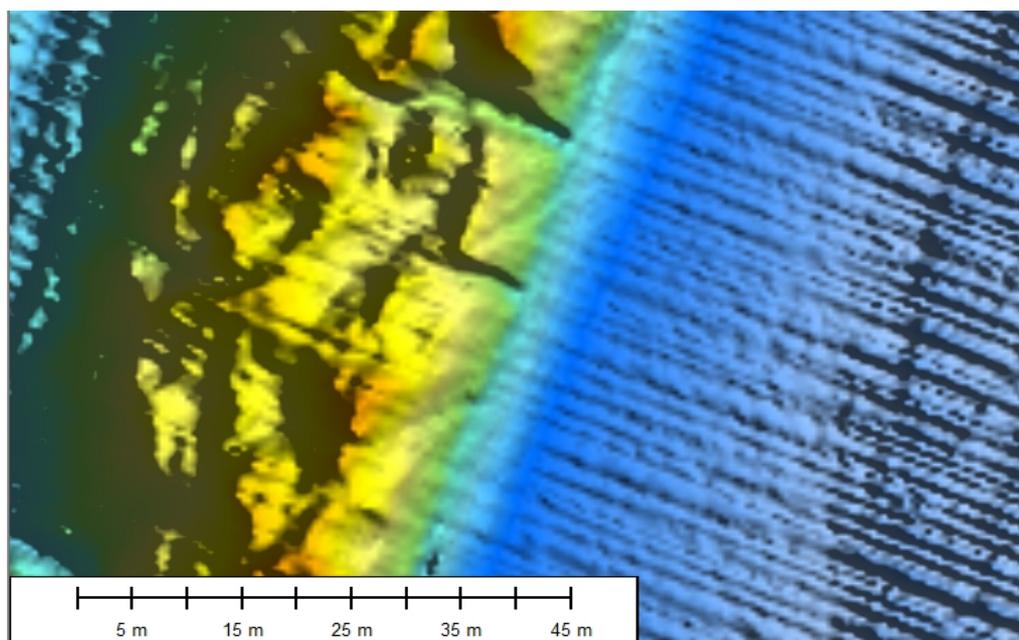


Figura 5.80 – *Through blowouts* nas dunas frontais.

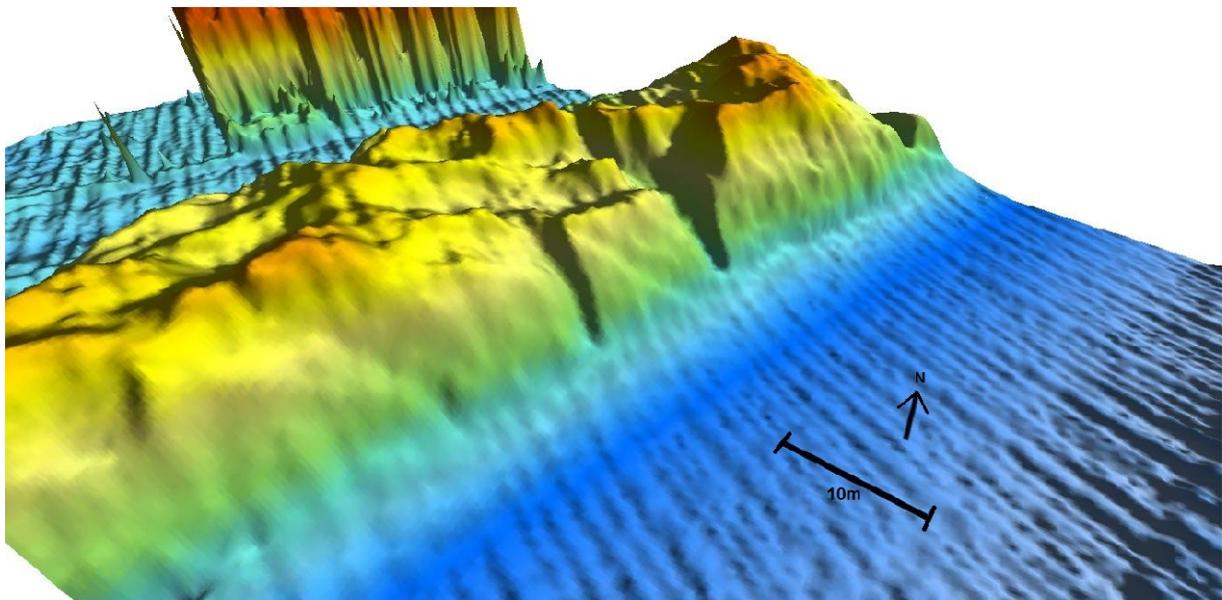


Figura 5.81 - *Through blowouts* sobre o cordão de dunas frontais.

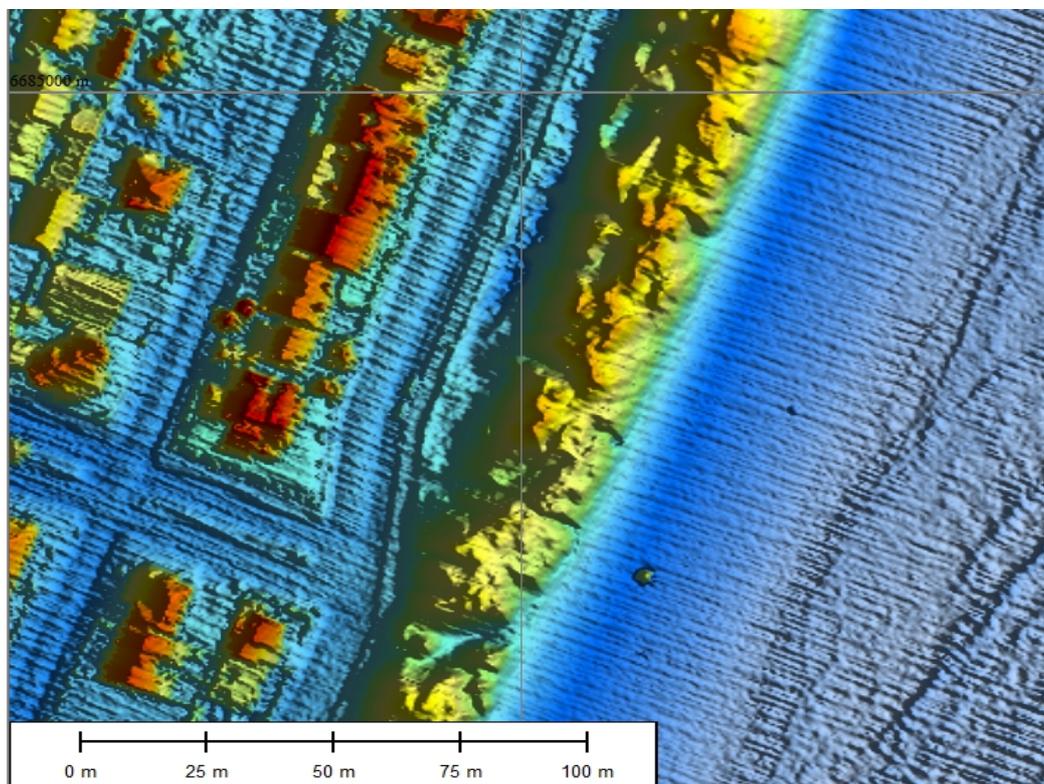


Figura 5.82 - Alargamento do cordão de dunas frontais.

Apenas dois sangradouros foram encontrados ao longo do balneário Imbé, um formado pela drenagem do campo de dunas e outro por tubulação pluvial. O baixo número de sangradouros pode ser explicado por uma barreira de concreto limitando o balneário com a avenida Beira Mar, dirigindo a drenagem urbana para outros locais.

Ao norte de balneário Imbé, a morfologia do cordão de dunas frontais se modifica pela maior largura disponível para o desenvolvimento. Uma duna parabólica foi registrada nas coordenadas 585781 E 6685790 N (Figura 5.83), onde as dunas adquirem formas descontínuas com diversas dunas frontais incipientes com formato de *hummocky* e uma morfologia semelhante a encontrada nos balneários de Tramandaí.

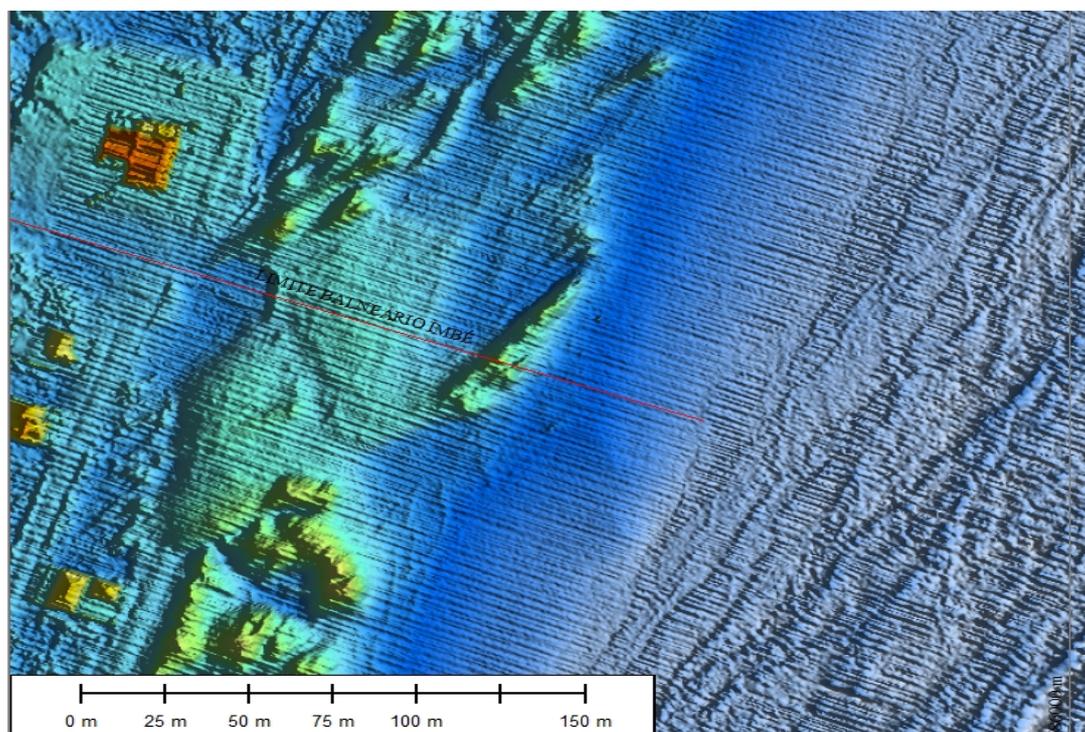


Figura 5.83 – Área deflacionada com dunas parabólicas entre Balneário Imbé e Ecademar.

Uma duna de grande volume (figura 5.84) e altura superior a 10 m ocorre nas coordenadas 586323 E 6686999 N (balneário Riviera). Nesse balneário, o cordão volta a ter a largura limitada pela avenida Beira Mar, com crista descontínua e edificações sobre a área reservada para as dunas frontais, (Figura 5.85). Entre Ecademar e balneário Ipiranga 10

sangradouros ocorrem, um ocasionado por tubulações pluviais e nove por drenagem urbana.

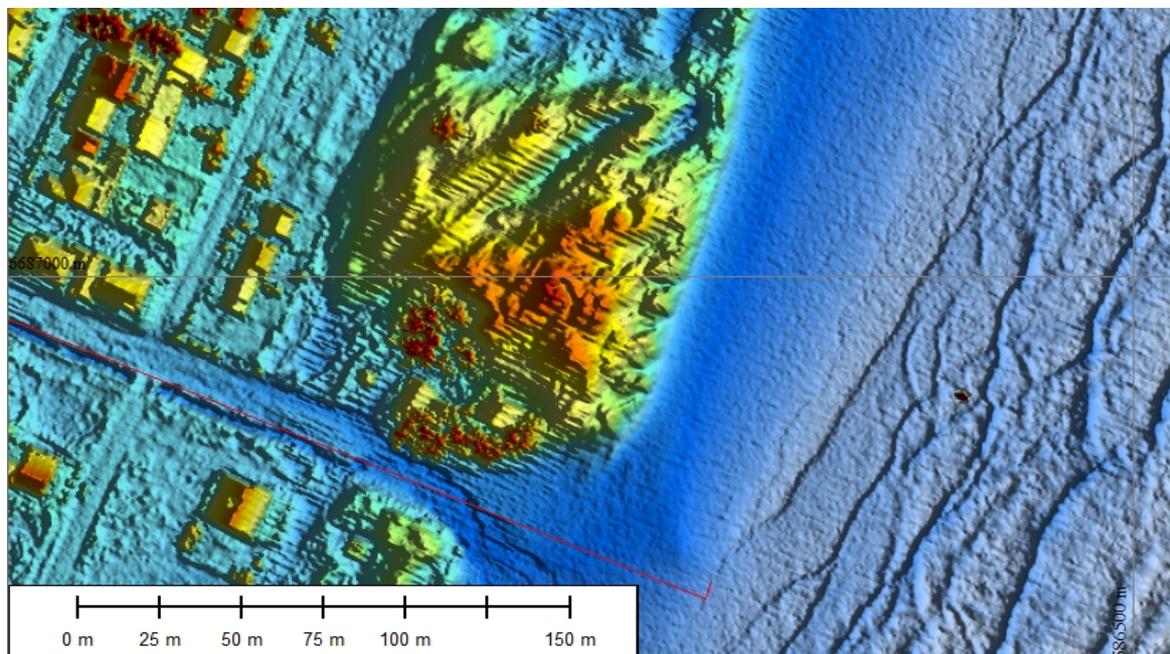


Figura 5.84 - Duna frontal de grande volume no balneário Riviera.

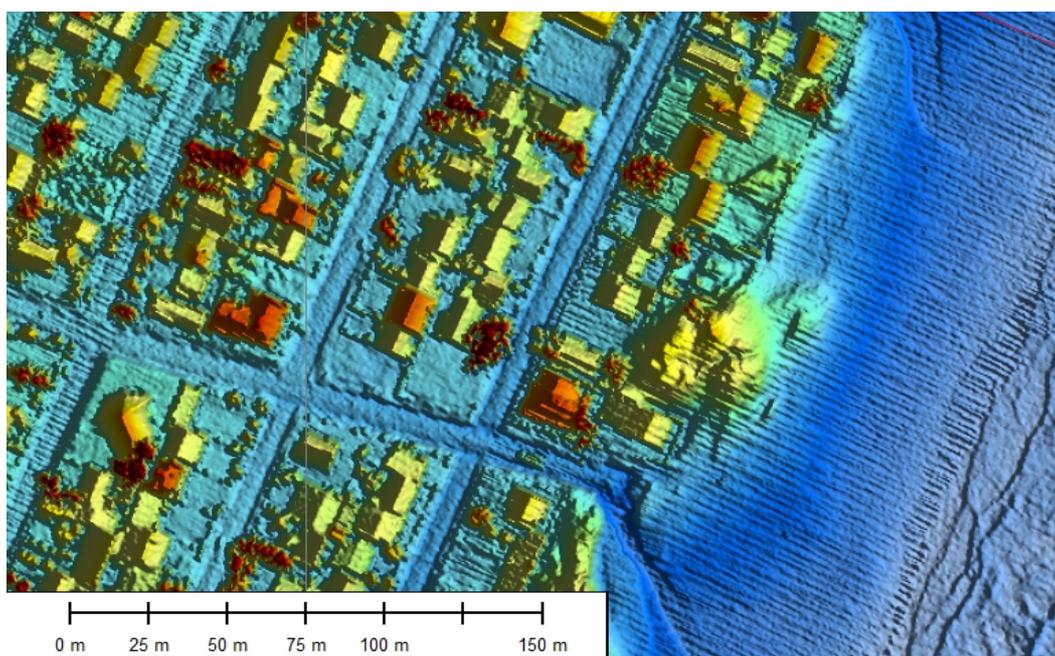


Figura 5.85 - Edificações sobre área reservada ao cordão de dunas no balneário Ipiranga.

Edificações disputam espaço com as dunas frontais no balneário Nordeste (Figura 5.86), onde atingem alturas maiores que sete metros, com crista descontínua e a duna constituída por diversos depósitos interligados. Pequenas massas isoladas ocorrem e a morfologia do balneário vizinho, Mariluz, é semelhante. A completa remoção das dunas frontais ocorre nas coordenadas 587603 E 6690007 N, repedindo-se em diversos pontos até o balneário Marisul.

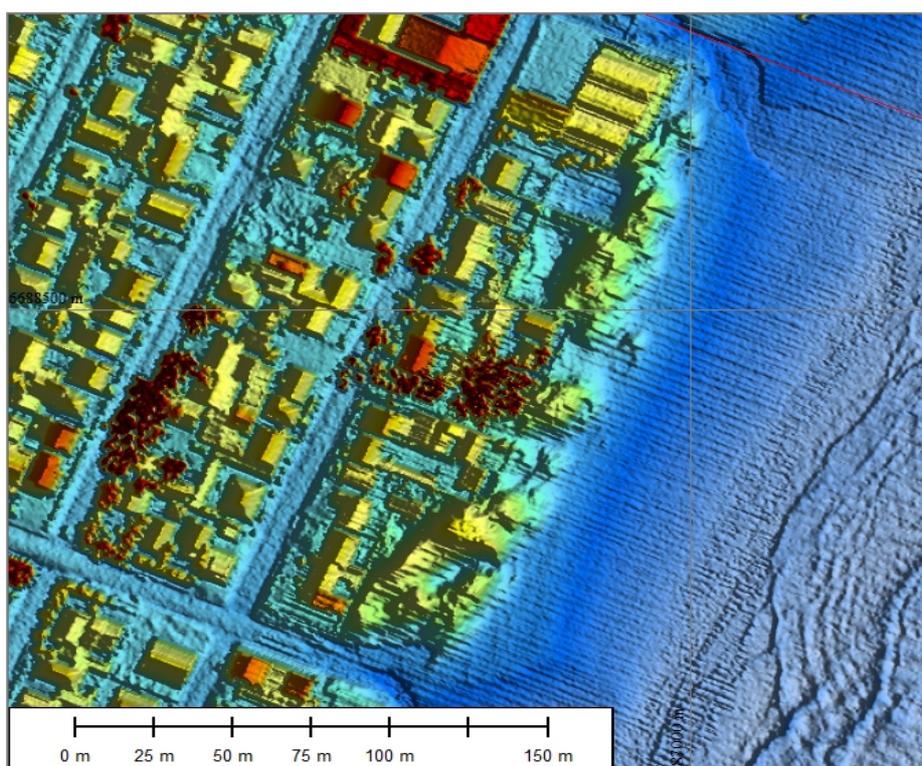


Figura 5.86 - Edificações dividindo espaço com dunas no balneário Nordeste.

Em Santa Terezinha, devido à menor largura das quadras, as dunas frontais sofrem maior degradação pelas constantes interrupções por sangradouros formados pela drenagem urbana. Nas coordenadas 598934 E 6693118 N (Figura 5.91) o cordão de dunas passa a ser afilado, em função da pequena largura destinada ao desenvolvimento do mesmo, com crista constante até as coordenadas 589082 E 6693494 N, onde ocorre a finalização do cordão principal e o desenvolvimento de outro atrás da Av. Beira Mar. A morfologia desse novo cordão é semelhante ao descrito anteriormente, estendendo-se ao longo dessa avenida até as coordenadas 589194 E 6693747 N.

O número de sangradouros encontrados entre o balneário Nordeste e o condomínio Atlântico Villas, situado em Atlântida Sul, foi de 55, sendo 32 formados por tubulações e canais de drenagem pluvial, 22 pela drenagem urbana de vias e um formado naturalmente, próximo ao limite sul do município de Osório.

Imagens com a hipsometria dos diversos balneários que compõe o município de Imbé podem ser visualizadas entre as figuras 5.87 a 5.91.

Na tabela 5.5 os parâmetros morfométricos levantados a partir dos dados lidar em todo o território de Imbé são apresentados.

Tabela 5.5 - Morfometria dos balneários pertencentes ao município de Imbé-RS.

Balneários	Declividade (%)	Largura média (m)	Var.vol (m³/m)	Azimute linha de costa (graus)	Altura dunas frontais (m)
Balneário Imbé	4,43	47,67	9,64	24,1627	6,88
Ecademar	2,55	56,25	10,33	18,14	3,81
Morada do Sol	2,84	49,26	21,91	23,3021	4,17
Presidente	2,56	54,6	13,39	23,66	4,02
Riviera	2,73	51,3	19,34	21,5	5,01
Ipiranga	2,39	58,7	15,18	21,92	5,18
Nordeste	3,44	50,89	15,18	28,07	4,9
Mariluz	2,86	66,85	18,19	19,15	5,23
Mariluz plano B	3,74	49,41	15,56	25,77	5,37
Mariluz plano C	3,09	60	11,71	20,8734	4,37
Harmonia	2,83	56,45	11,69	21,51	3,6
Mariluz Norte	3,2	42,55	13,27	22,9597	5,02
Albatroz	3,03	44,58	10,5	23,33	4,15
Marisul	2,45	55,2	10,11	21,7	4,07
Santa	2,28	59,525	14,68	24,0434	3,64

Terezinha					
Santa Terezinha Norte	3,05	44,82	14,11	23,3231	3,67
Imara	3,67	36,35	12,31	23,48	4,66

Os valores médios dos parâmetros apresentados na tabela 5.5 são: Altura média das dunas frontais 4,57 m (DSP=0,84), largura da praia subaérea média da praia 52,03 m (DSP=7,57), VVAD 13,95 (DSP=3,75), azimute da linha de costa 22,76 graus (DSP=2,32) e inclinação média igual a 3% (DSP=0,56).

5.6 OSÓRIO

A faixa litorânea do município de Osório é constituída pelos balneários Atlântida Sul e Mariápolis, estendendo-se por, aproximadamente, 2,7 km.

O trecho de costa pertencente ao município de Osório foi classificado, de acordo com o projeto orla, em exposto a processos de urbanização, ambiente sujeito a alta energia de ondas, ventos e correntes. O adensamento de construções é baixo a médio, havendo indícios de ocupação recente, paisagens parcialmente modificadas pela atividade humana e médio potencial de poluição (Portz, 2008).

Tabajara *et. al* (2008) levantaram os seguintes parâmetros de ondas para Atlântida Sul: altura significativa de 1,7 m e período de 9,3 s. Segundo o mesmo autor é uma praia constituída por areias finas (diâmetro médio do grão no estirâncio de 2,36 phi) e velocidade de queda do grão de 0,0243 m/s, segundo a tabela de Raudkivi (1990) sendo esse balneário classificado como dissipativo ($\omega=7,5$).

O cordão de dunas frontais do balneário Atlântida Sul possui uma crista descontínua, com diversos *blowouts*. Uma característica particular desse balneário é a conexão das dunas frontais com um cordão de crista contínua de pequena largura e altura que acompanha o traçado da avenida Beira Mar (Figura 5.92).

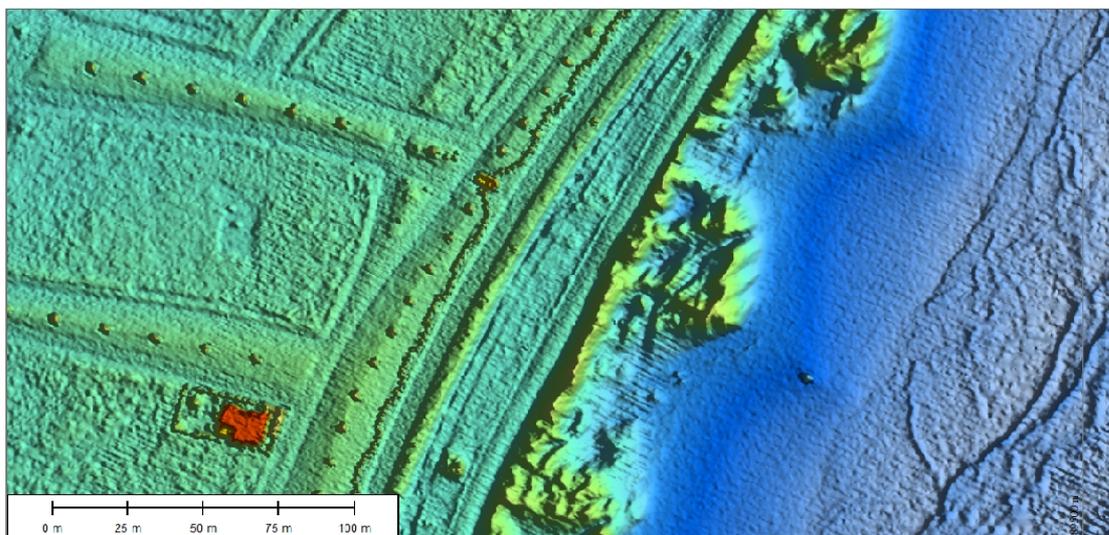


Figura 5.92 – Dunas frontais orientadas em relação ao vento dominante conectadas ao cordão produzido paralelo à Av. Beira Mar.

As dunas frontais sofrem um afilamento, com conseqüente redução do volume, entre as coordenadas 589693 E 6694886 N e 589779 E 6695088, onde desaparecem para dar lugar ao calçadão. O retorno ocorre 160 m ao norte com uma morfologia afilada e crista descontínua em alguns pontos. Até o limite com o município de Xangri-lá, o cordão de dunas frontais apresenta-se descontínuo, com diversos depósitos independentes e vegetado em alguns pontos.

Entre os balneários Atlântida Sul e Mariápolis, 19 sangradouros foram encontrados, nove formados por drenagem urbana de vias, nove por tubulações pluviais e apenas um de ocorrência natural.

Nas figuras 5.93 e 5.94 imagens com a hipsometria dos balneários Atlântida Sul e Mariápolis são apresentadas.

Os parâmetros morfométricos levantados para os balneários Atlântida Sul e Mariápolis são apresentados na tabela 5.6

Tabela 5.6 - Morfometria dos balneários Atlântida Sul e Dunas Altas.

Balneários	Declividade (%)	Largura média (m)	Var.vol (m³/m)	Azimuth linha de costa (graus)	Altura dunas frontais (m)
Atlântida Sul	3,33	32,16	13,3	23,22	4,44
Mariápolis	3,33	54,97	11,56	22,87	4,26

Os valores médios obtidos para os parâmetros morfodinâmicos são: largura da praia subaérea 43,56 m; VVAD 12,43m³/m; azimuth da linha de costa 23,04 m e altura das dunas frontais de 4,35m.

5.7 XANGRI-LÁ

Xangri-lá possui uma população predominantemente urbana, apenas 20% dos domicílios existentes são ocupados permanentemente (Portz, 2008).

O município é caracterizado por apresentar um sistema de dunas frontais constituído por três cristas de dunas alinhadas paralelas ou oblíquas à linha de costa. A topografia é irregular sendo os sistema apresentando descontinuidades em função da ação de sangradouros ou antrópica com cobertura vegetal moderada a escassa e morfologias erosivas como corredores de vento e bacia de deflação (Portz, 2008).

Doze perfis de praia foram monitorados na orla de Xangri-lá pela equipe CECO-UFRGS (Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul) equidistantes 1 km e medidos nos dias 22, 23 de setembro de 2005 e 18,19 de novembro de 2006. Os perfis levantados em Atlântida no ano de 2005 apresentaram uma largura média da faixa de praia de 29,62 m e altura das dunas frontais de 2,03 m. Em 2006 esses valores foram, respectivamente, 40,28 m e 2,36 m. Já os perfis levantados em Xangri-Lá apresentaram uma largura média da faixa de praia de 23,99 m e altura das dunas frontais entre 3,39m. Em 2006 os valores foram de 20,65 m e 3,78 m (Portz, 2008).

O cordão de dunas frontal é iniciado ao sul no balneário Xangri-lá, limitado à oeste pela avenida Beira Mar, com arbóreas cultivadas em alguns pontos. A morfologia é caracterizada por diversos depósitos independentes com crista descontínua. Em alguns pontos, as dunas são de grande volume, com diversos depósitos interligados. Dunas de pequena largura e altura são encontradas junto ao condomínio Playa Vista Xangri-lá, com forma retilínea e crista contínua (Figura 5.95).

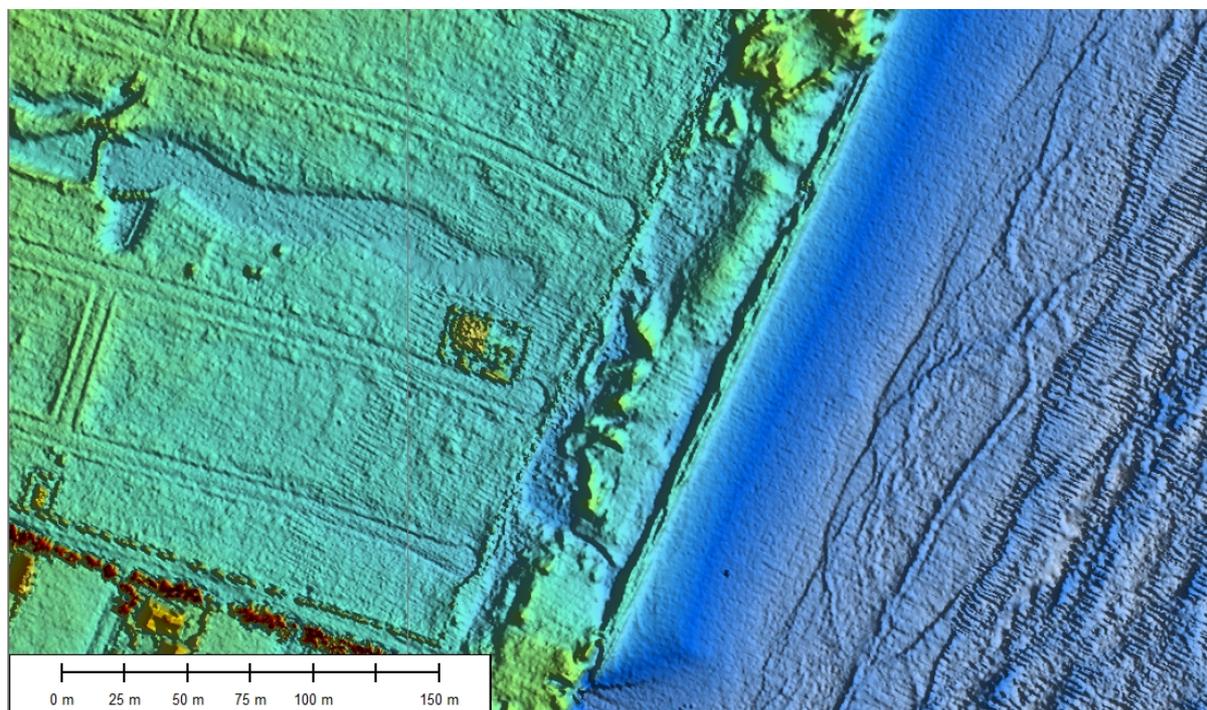


Figura 5.95 - Condomínio Playa Vista Xangri-lá, cordões de dunas frontais produzidos artificialmente.

Nas coordenadas 591996 E 6700041 N as dunas adotam uma morfologia retilínea, com largura aproximada de 20 m e crista contínua. Alturas de 6,40 m foram encontradas nas coordenadas 592296 E 6700649 N. Uma grande faixa vegetada de 211 m ocorre entre as coordenadas 592337 E 6700788 N e 592438 E 6700979 N (Figura 5.96) e pequenas massas isoladas de sedimento orientadas em relação ao vento dominante ao norte dessa formação.

Em Xangri-lá, 97 sangradouros foram contabilizados, 54 ocorrem por tubulações pluviais que desaguam sobre a praia, 34 pela drenagem urbana e nove naturalmente, sendo um de grande magnitude nas coordenadas 592527 E 6701206 N (Figura 5.97).

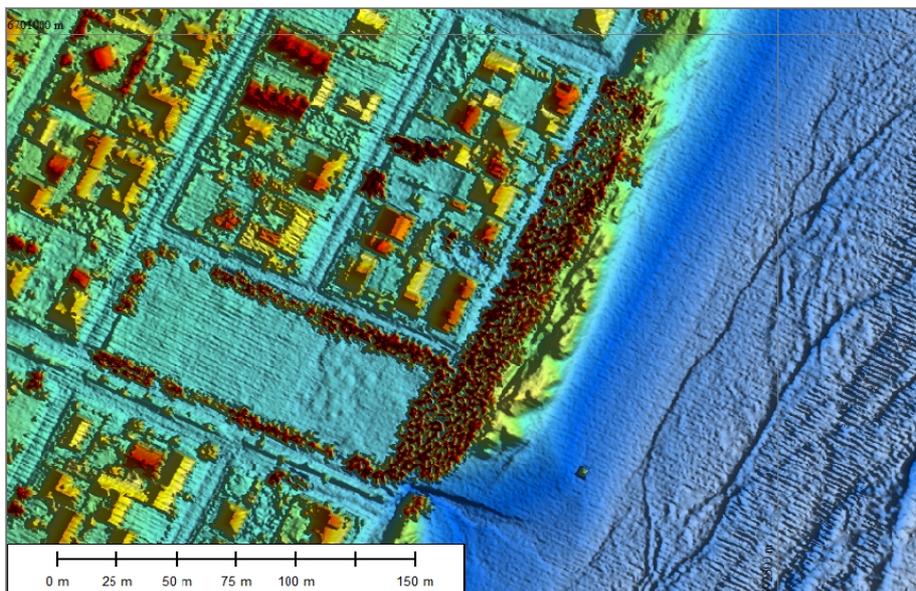


Figura 5.96 - Área vegetada posterior às dunas frontais.

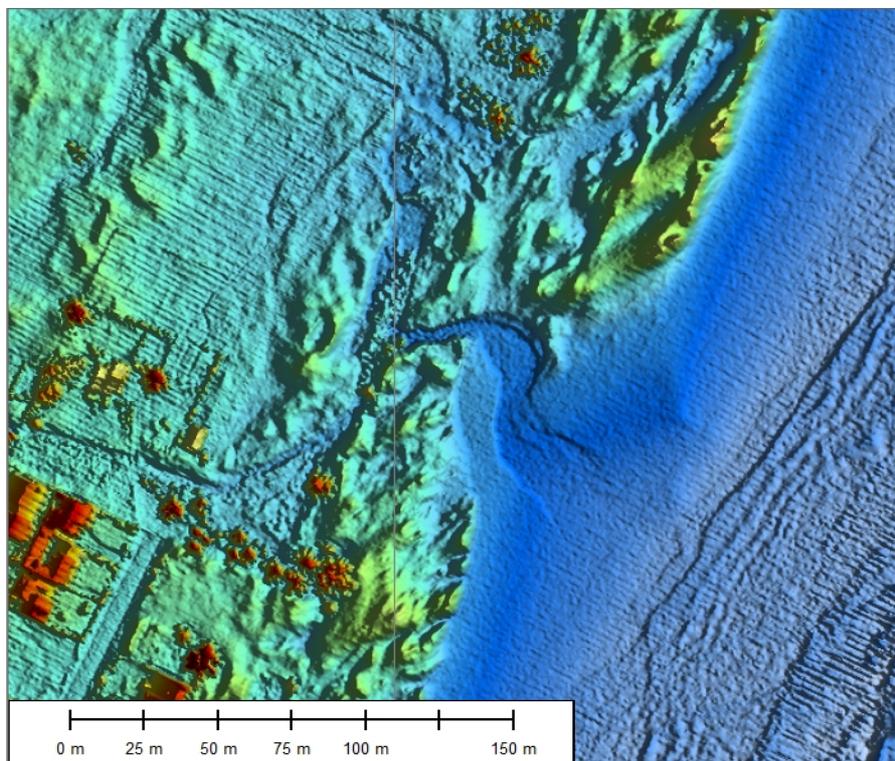


Figura 5.97 - Sangradouro de ocorrência natural em Xangri-lá.

Imagens com a hipsometria da faixa costeira de Xangri-lá podem ser visualizadas nas figuras 5.98 a 5.102.

Os valores dos parâmetros morfométricos calculados para os balneários pertencentes ao município são apresentados na tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Morfometria dos balneários de Xangri-lá.

Balneários	Declividade (%)	Largura média (m)	Var.vol (m³/m)	Azimute linha de costa (graus)	Altura dunas frontais (m)
Xangri-Lá	3,58	44,79	12,59	25,13	4,48
CCI	3,19	42,3	12,14	20,86	3,57
Enara	3,19	42,13	11,13	27,82	3,52
Atlântida	3,23	57,86	11,84	24,37	4,03

Os valores médios dos parâmetros morfométricos são: largura da praia subaérea 46,77 m (DSP=7,49), declividade 3,30% (DSP=0,19) e VVAD 11,93 m³/m (DSP=0,61). O Azimute médio da linha de costa é igual a 24,54° (DSP=0,19) e altura média das dunas frontais igual a de 3,90 m (DSP=0,45).

5.8 CAPÃO DA CANOA

O município de Capão da Canoa é um tradicional balneário do litoral norte do Rio Grande do Sul, muito procurado por turistas durante os meses de verão (Tabajara *et. al.* 2005). É caracterizado por uma orla densamente ocupada por edificações, geralmente multifamiliares de alto padrão (Figura 5.103 e 5.104).

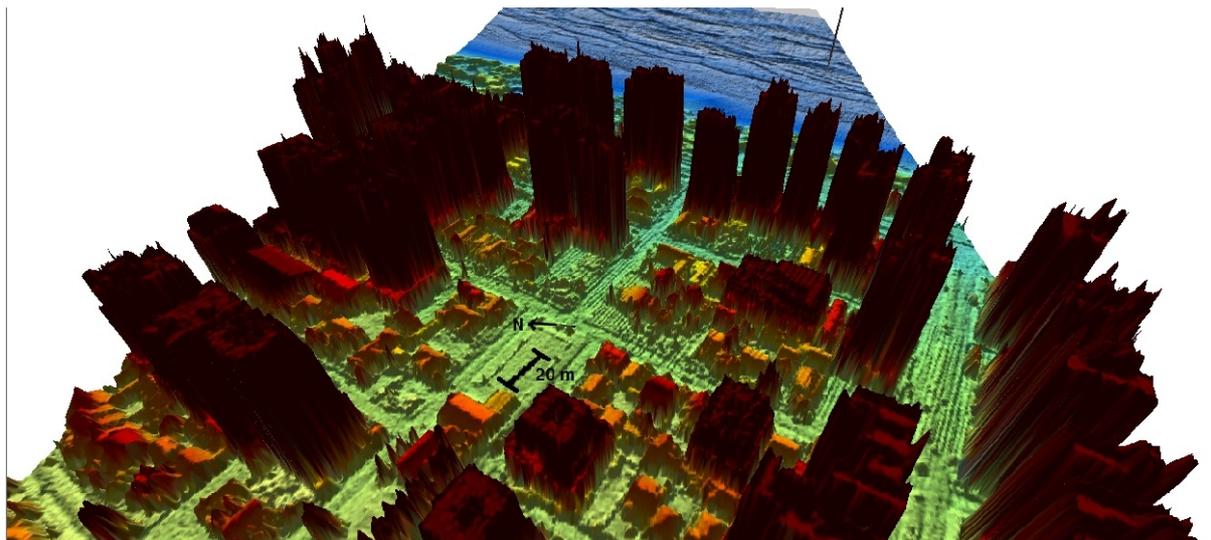


Figura 5.103 - Orla do balneário Navegantes.

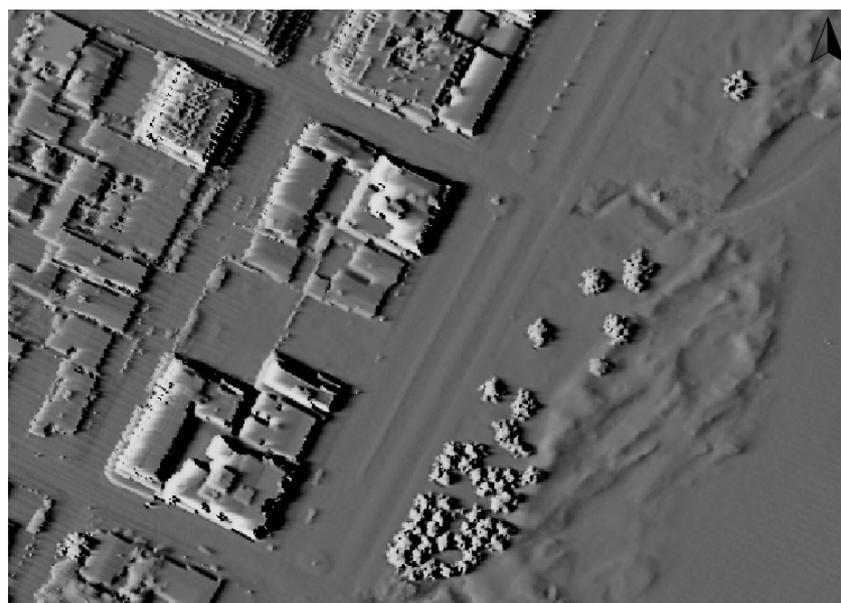


Figura 5.104 - Edificações com 45 m de altura no balneário Navegantes em contraste com as dunas frontais.

As praias de Capão da Canoa são arenosas retilíneas, expostas, dominadas por ondas e apresentam padrões dissipativos, sendo modificadas pela energia de marés meteorológicas (Strohaecker & Toldo, 2009).

Esse município é constituído por catorze balneários (Navegantes, Centro, Zona Nova, Araçá, Arco Íris, Guarani, Zona Norte, Jardim Beira Mar, Praia do Barco, Capão Novo, Arroio Teixeira, Conceição, Arroio Teixeira Gleba B e Curumim), todos densamente ocupados (Figura 5.105), com exceção do balneário Capão Novo, onde parte do campo de dunas original foi preservado. As áreas de maior urbanização caracterizam-se pelo baixo gradiente topográfico e por solos arenosos de granulometria fina a muito fina, condicionando a ocorrência significativa de canais de drenagem pluvial em direção à praia emersa (Strohaecker & Toldo, 2009).



Figura 5.105 – Orla do bairro Zona Nova.

O cordão de dunas frontais desse município é iniciado ao sul em Navegantes, constituído por massas isoladas, com crista descontínua e relativamente bem desenvolvidas

até as coordenadas 595263 E 6707053 N (Centro), onde a largura do campo é limitada pelo início da Av. Beira Mar. No Centro, parte do campo foi removido para a construção do calçadão e instalação de quiosques (Figura 5.106). O retorno do cordão ocorre no balneário Zona Nova (595711 E 6707871 N) com dunas de morfologia alongada, crista contínua, largura aproximada de 20 m, limitada pela Av. Atlântica, com altura menor que 6 m (Figura 5.107). Essas características ocorrem até as coordenadas 596042 E 6708600 N, onde, novamente, as dunas frontais foram removidas.

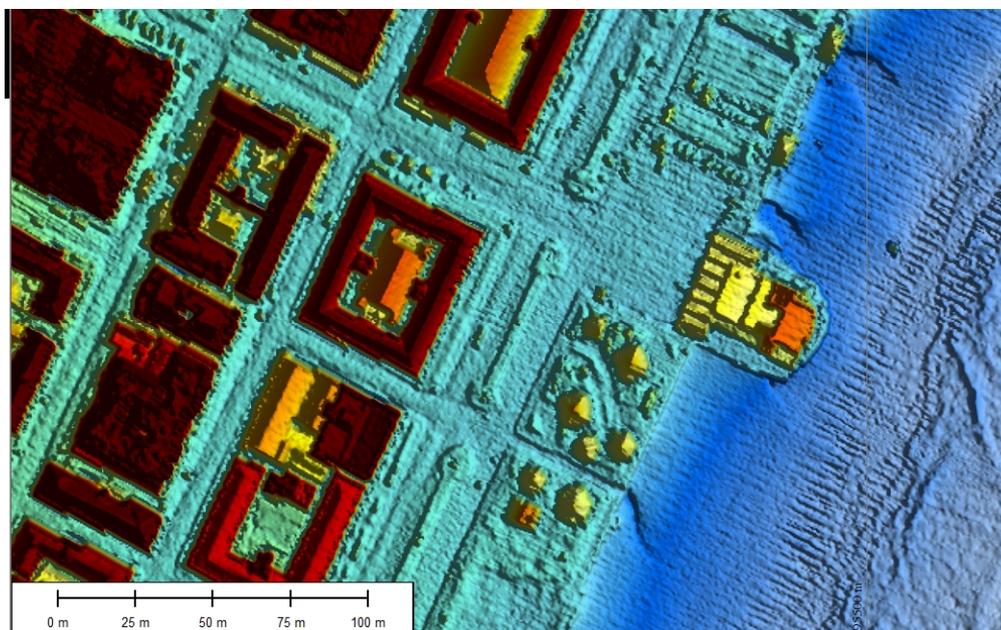


Figura 5.106 - Substituição do campo de dunas por quiosques e calçadão, na imagem é possível visualizar o antigo baronda.

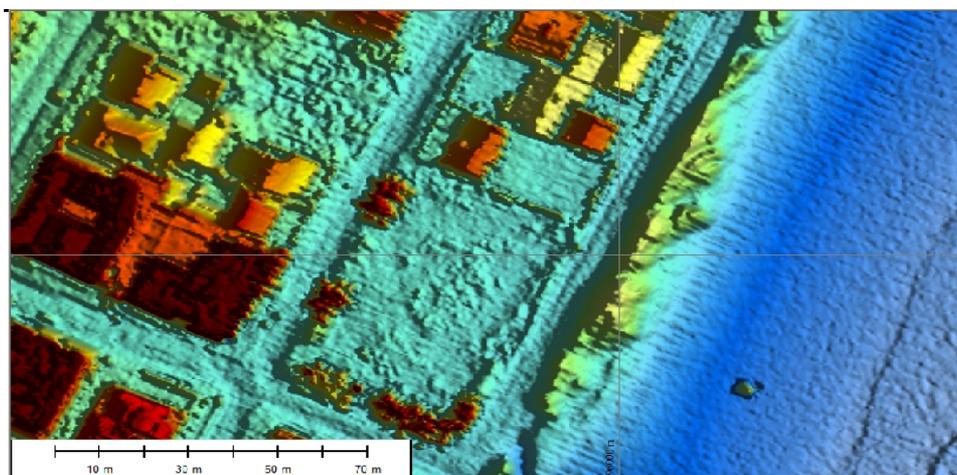


Figura 5.107 - Morfologia do cordão de dunas frontais no Balneário Zona Nova.

Nas coordenadas 596168 E e 6708858 N o cordão é constituído por depósitos independentes de sedimento, sendo a largura do campo não mais limitada por arruamento a partir das coordenadas 596530 E 6709601 N, onde é interrompido por edificações e arbóreas em alguns pontos (Figura 5.108). A morfologia é semelhante aos demais balneários descritos anteriormente, porém com depósitos menores.

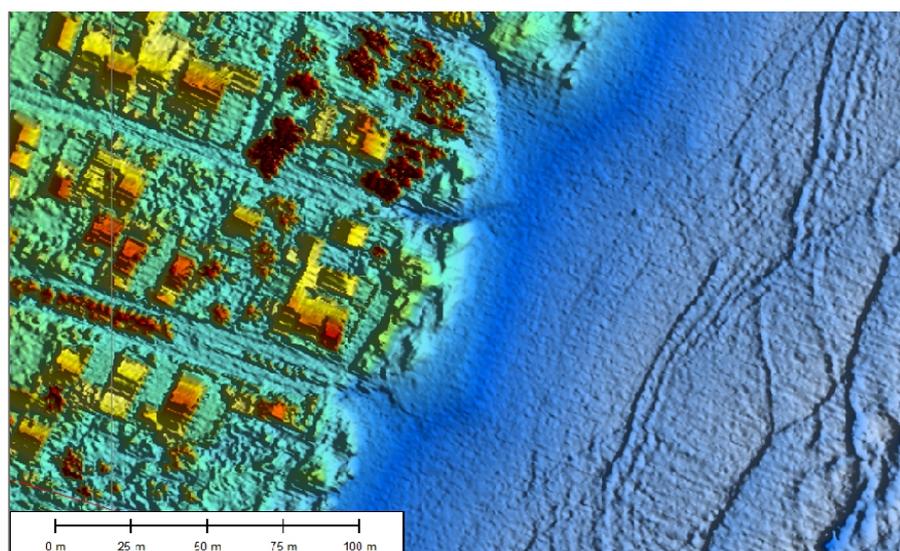


Figura 5.108 - Cordão de dunas frontais descontínuo degradado por edificações e arbóreas no Balneário Arco Íris.

Um trecho de 143 m no balneário Guarani (coordenadas 596850 E 6710316 N) tem a crista das dunas frontais vegetada com arbóreas (Figura 5.109). Dunas afiladas, formadas por diversos depósitos alongados com altura menor que 4 m e crista descontínua ocorrem a partir das coordenadas (597388 E 6711300 N) no balneário Jardim Beira Mar (Figura 5.110), estendendo-se até as coordenadas (597535 E 6711640 N). A partir desse ponto, o aumento na largura do campo de dunas é evidenciado pela mudança no traçado da Av. Beira Mar, ocorrendo dunas frontais constituídas por diversos depósitos não interligados e sem orientação definida, essa morfologia se repete até a ocorrência de um grande sangradouro nas coordenadas 597654 E 6711926 (Figura 5.111).

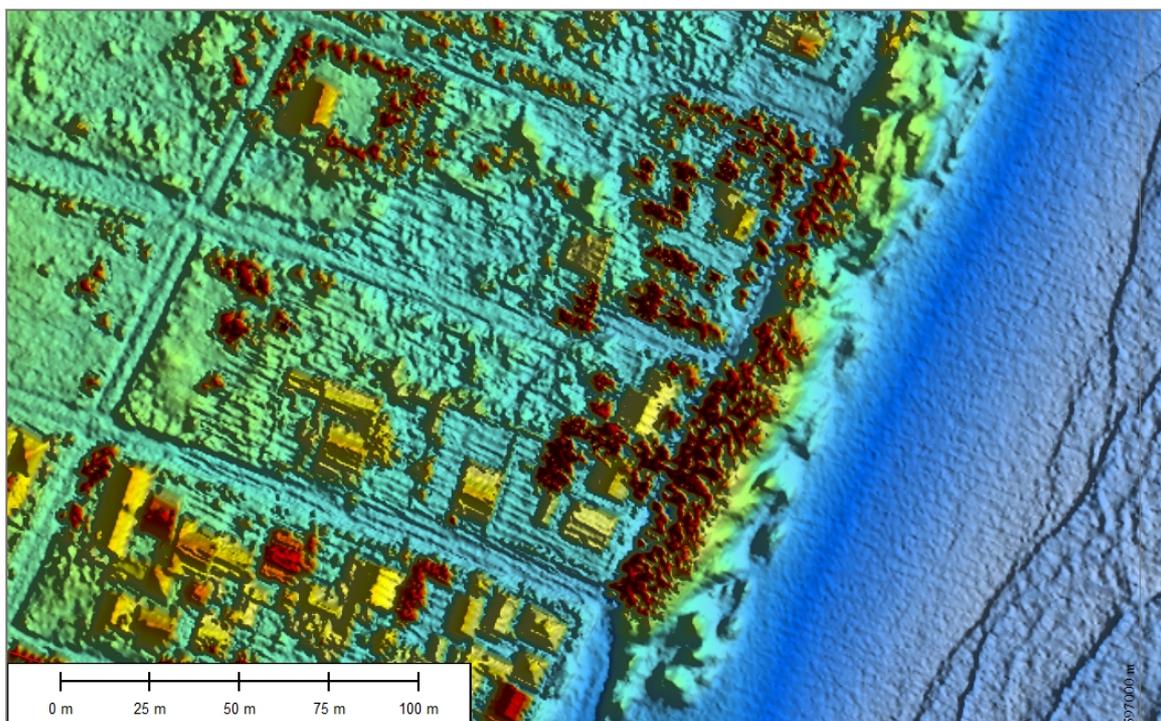


Figura 5.109 - Dunas frontais vegetadas no balneário Guarani.

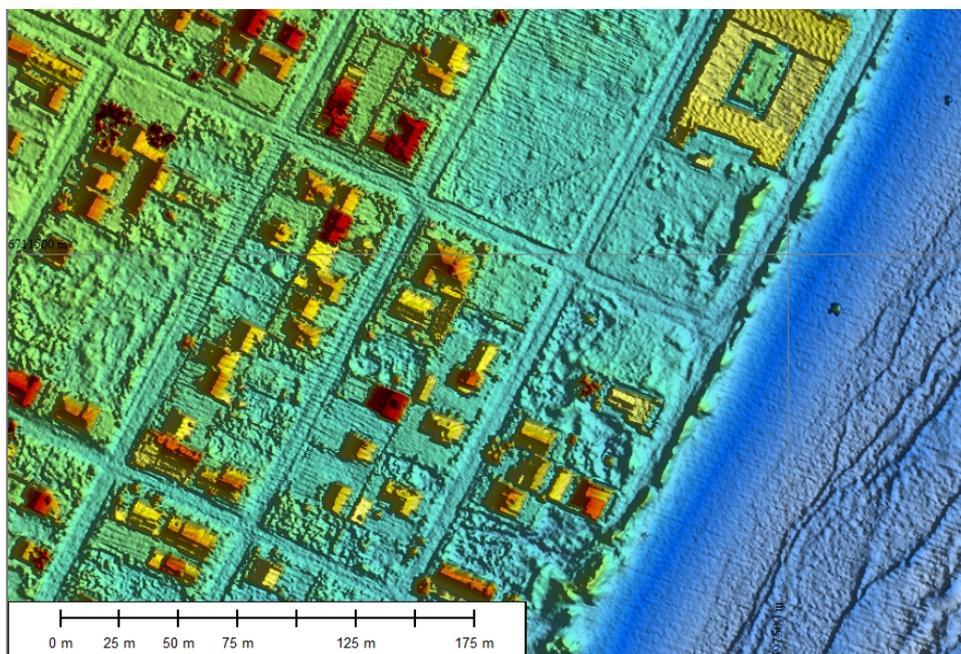


Figura 5.110 - Morfologia das dunas frontais no balneário Jardim Beira Mar.

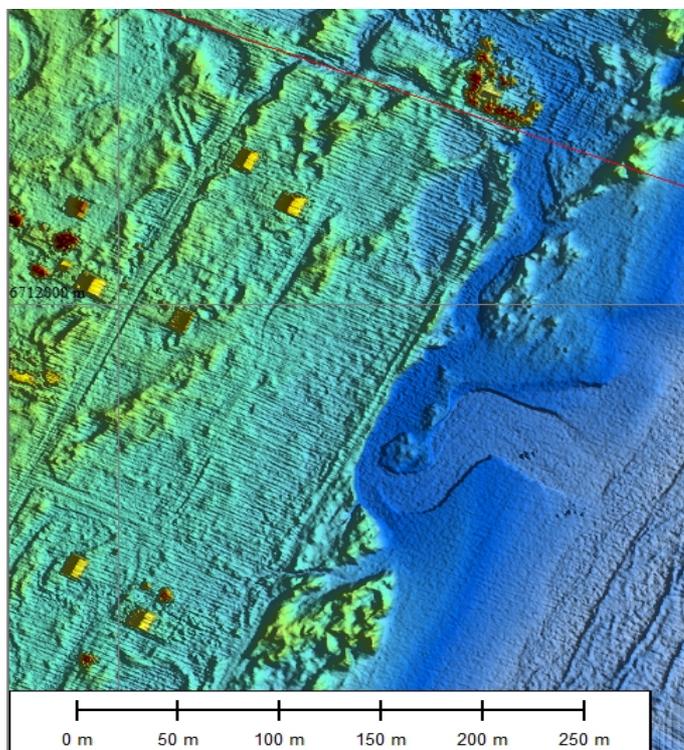


Figura 5.111 - Sangradouro de ocorrência natural próximo à divisa com a Praia do Barco.

Um trecho não edificado, iniciado no limite sul do balneário Capão Novo, possui um cordão de dunas constituído por diversos depósitos, geralmente interligados, sem orientação definida e constantemente segmentado por sangradouros. A largura das dunas frontais é variável, diversas magnitudes ocorrem, essa morfologia repete-se até as coordenadas 599257 E 6715154 N, onde o campo volta a ter largura limitada, em 35 m, por arruamentos. Nesse pontos, as dunas tornam-se mais alongadas. Uma duna parabólica com orientação transversal ao vento dominante ocorre nas coordenadas 600038 E 6716724 N, rastros lineares e bacias de deflação podem ser observados na figura 5.112.

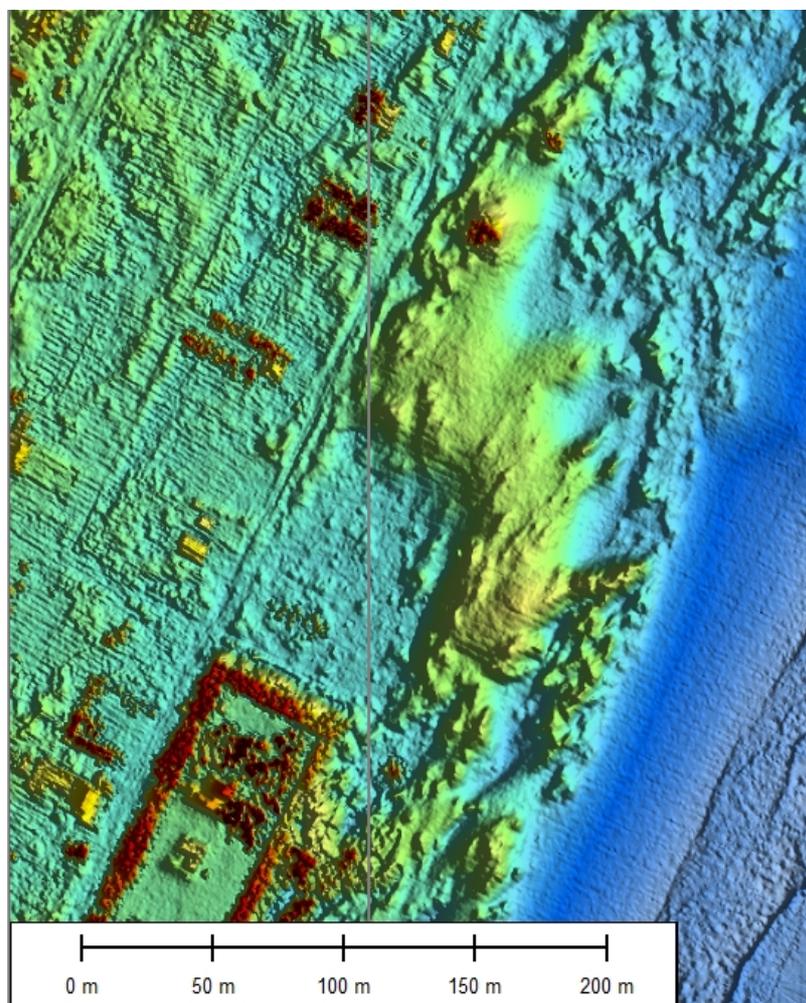


Figura 5.112 - Duna de orientação transversal ao vento dominante.

Grande parte do balneário Capão Novo possui o campo de dunas vegetado, estabilizado e preservado com total presença das dunas frontais que, naturalmente, formam cordões contínuos.

Um trecho de 570 m ao sul do limite de Arroio Teixeira é desabitado, as dunas frontais, bem desenvolvidas nesse local, são formadas por diversos depósitos, geralmente interligados e com a crista contínua, atingindo altura máxima de cinco metros, constituindo uma barreira ao longo da costa. Nessa região, algumas dunas encontram-se orientadas em relação ao vento dominante. Essa morfologia volta a se repetir em Arroio Teixeira Gleba B, com dunas frontais formadas de pequenos depósitos independentes não interligados ao longo da costa.

O cordão de dunas frontal desses balneários é, geralmente, interrompido por sangradouros de ocorrência artificial, formados pela drenagem urbana e, até mesmo, pela descarga de efluentes (Figura 5.113). Na faixa costeira de Capão da Canoa, 138 sangradouros foram encontrados, 68 gerados por tubulações pluviais e canais de drenagem, 55 pela drenagem de vias e 15 formados naturalmente.

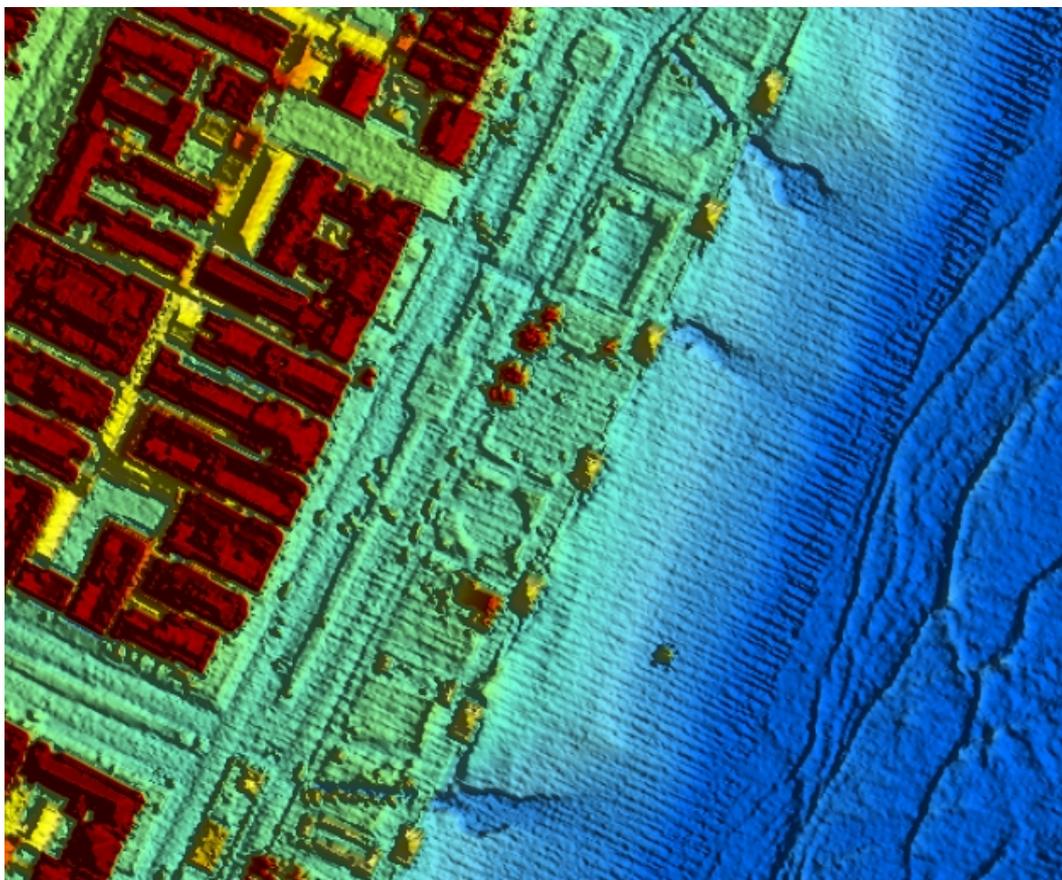


Figura 5.113 - Sangradouros de ocorrência antrópica gerados pela drenagem urbana no balneário Zona Nova.

A hipsometria dos balneários pode ser visualizada nas figuras 5.114 a 5.121. Os parâmetros morfométricos calculados para os balneários de Capão da Canoa são apresentados na tabela 5.8.

Tabela 5.8. Parâmetros morfométricos dos balneários de Capão da Canoa.

Balneários	Declividade (%)	Largura média (m)	Var.vol (m³/m)	Azimute linha costa (graus)	Altura dunas frontais (m)
Navegantes	3,08	53,5	12,95	25	3,79
Centro	3	55,95	10,62	24,83	4,21
Zona Nova	3,95	42,58	12,32	26,21	3,82
Araça	3,19	43,29	11,05	26,13	3,53
Arco Íris	3,53	42,35	9,78	26,66	3,25
Guarani	3,86	46,8	10,26	26,22	3,29
Zona Norte	3,6	49,99	12,71	26,58	3,66
Jardim Beira Mar	3,48	53,58	10,69	26,78	3,35
Praia do Barco	3,31	50,86	11,68	26,42	4,06
Capão Novo	3,76	45,78	12,82	27,46	3,81
Arroio Teixeira	3,49	51,55	12,29	28,78	3,94
Conceição	1,46	133,8	1,46	24,92	3,53
Arroio Teixeira Gleba B	3,26	60,85	14,95285 214	28,87	3,66
Curumin	3,12	55,9	11,03	28,18	3,67

Os valores médios para o município de Capão da Canoa são: Azimute da linha de costa 27,45° (DSP=1,31), altura das dunas frontais 3,67 m (DSP=0,27), largura da praia subaérea 57,15 m (DSP=21,02), declividade média 3,29 (DSP=0,60) e VVAD 11,71 (DSP=1,40).

5.9 TERRA DE AREIA

O município de Terra de Areia é limitado ao norte por Arroio do Sal e ao Sul por Capão da Canoa. Possui uma população 9,878 habitantes com uma densidade média de 69,67 habitantes por km² de acordo com o Censo 2010. (IBGE, 2012). O acesso principal ao município é feito pela Rota do Sol (RS-486) e pela estrada do mar (RS-389). Possui os seguintes balneários marítimos: Novo Curumim, Amaragi, Miramar, São Salvador, Santa Rita de Cássia e Ibicuí, ocupando uma faixa de 4,5 km (Prefeitura Municipal Terra de Areia, 2012). Esse município possui trechos preservados (Figuras 5.122 e 5.123), e a faixa urbanizada é ocupada por edificações unifamiliares que, em alguns casos, atingem o cordão de dunas frontais.

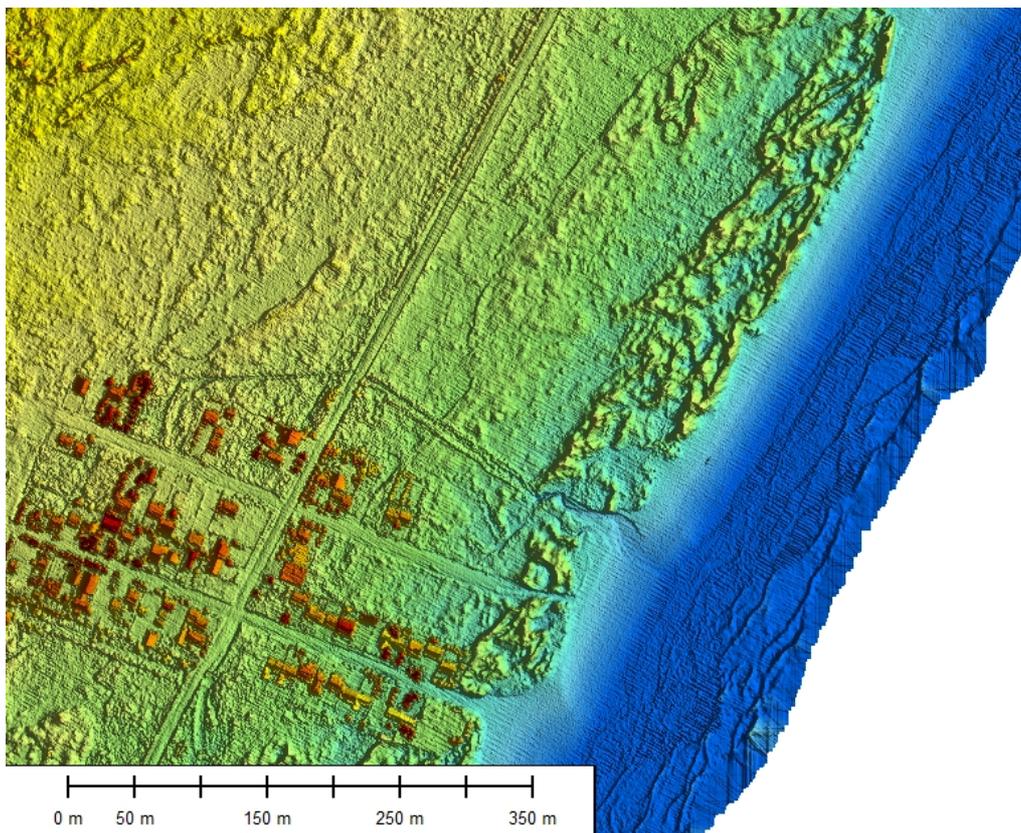


Figura 5.122 - Contraste entre urbanização versus trecho preservado em Terra de Areia.

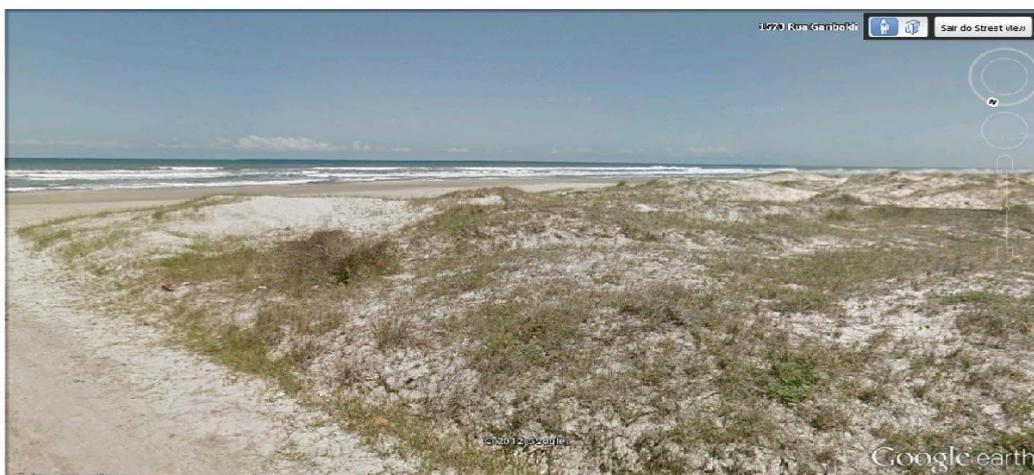


Figura 5.123 - Cordão de dunas frontais preservado, porém segmentado pelo acesso de pedestres (Fonte: Google Street View)

A morfologia do cordão de dunas frontais desse município é caracterizada por formas descontínuas e sem orientação definida. Em alguns pontos, os depósitos são interligados, formando feições alongadas (Figura 5.124), essa característica repete-se até as coordenadas 604244 E 6724301 N.

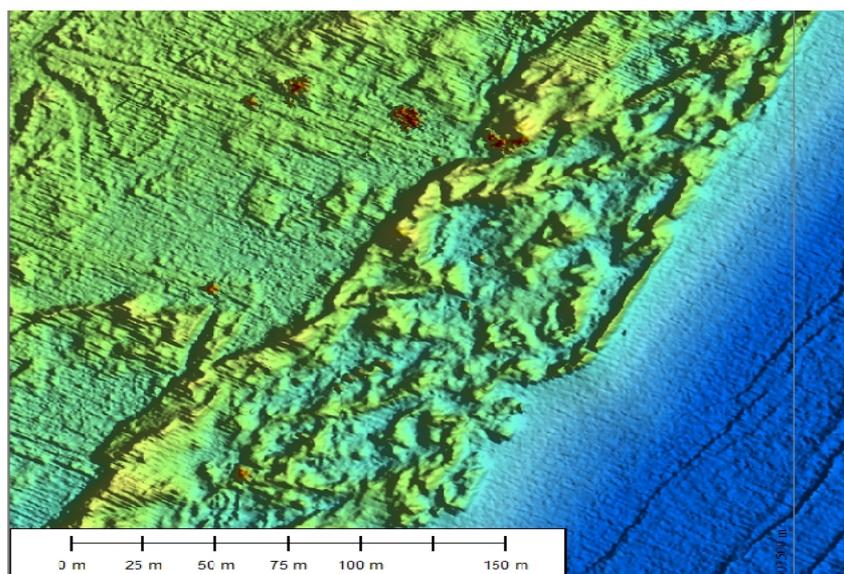


Figura 5.124 - Padrão do campo de dunas preservado e dunas frontais ao sul de Terra de Areia.

A partir das coordenadas 604322 E 6724417 N as dunas tornam-se mais alongadas, com crista contínua e largura máxima próxima a 10 m com campo de dunas atrás (Figura 5.125). Dunas com maior volume ocorrem a partir das coordenadas 604618 E 6724940 N, onde atingem alturas superiores a seis metros.

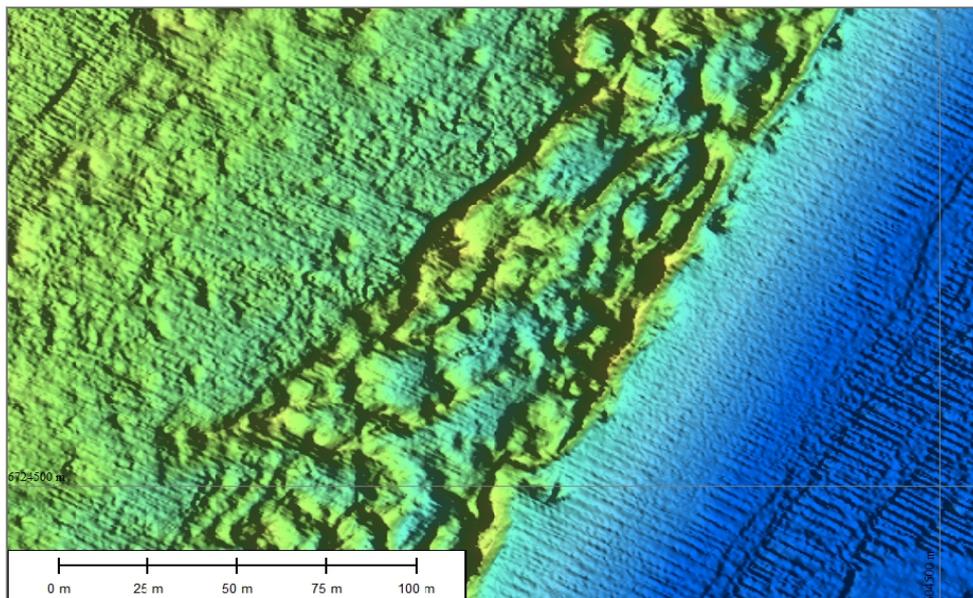


Figura 5.125 - Forma das dunas frontais a partir das coordenadas 604322 E 6724417 N.

Uma sequência de depósitos independentes ocorrem nas coordenadas 605181 E 6725924 N, estendendo-se por 61 m (Figura 5.126).

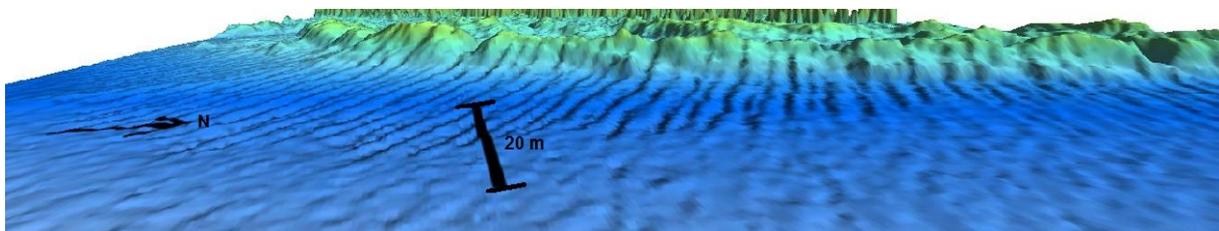


Figura 5.126 - Sequência de depósitos independentes.

Os parâmetros morfométricos do município de Terra de Areia são: largura da praia

subaérea 53,18 m, declividade 3,18%, VVAD 11,54 m³/m, altura das dunas frontais 3,56 m e azimute da linha de costa 30,17°.

Nas figuras 5.127 e 5.128 as imagens hipsométricas da faixa costeiro de Terra de Areia podem ser visualizadas.

5.10 ARROIO DO SAL

O município de Arroio do Sal possui uma população de 7740 habitantes, área de 120,912 km² e densidade populacional de 64,01 habitantes por km² (IBGE, 2012). É limitado ao sul por Terra de Areia, ao norte por Torres ao leste pelo Oceano Atlântico e a oeste pela lagoa de Itapeva, tendo como acesso principal a Estrada do Mar (RS-389). A faixa costeira do município possui 27 km de extensão, dividida em 47 balneários (Prefeitura Municipal Arroio do Sal, 2012).

O parâmetro dimensionador da zona de surf para esse município é de 38,35 (DSP=36,66), variando entre 5 e 156. O parâmetro adimensional ômega é 6,68 (DSP=2,60) caracterizando as praias desse município como dissipativas (Weschenfelder & Zouain, 2002). Os parâmetros morfométricos médios publicados pelos mesmos autores são: Largura da faixa de praia 70,59 m e declividade 2,65%.

O cordão de dunas frontais entre as ruas Santa Cruz e Manoel Alves Pereira (Figura 5.129) apresenta sinais de modificações, interrompidos por dois sangradouros, contudo as dunas frontais, nesse trecho, apresentam-se bem preservadas, assim como o campo de dunas adjacente. Um trecho não ocupado de, aproximadamente, 280 m ao norte da Rua Bento Nunes apresenta indícios de remoção e utilização das dunas para o nivelamento de lotes adjacentes à estrada. Um canal de ocorrência artificial percorrendo a parte posterior das dunas frontais foi encontrado nesse trecho (Figura 5.130).

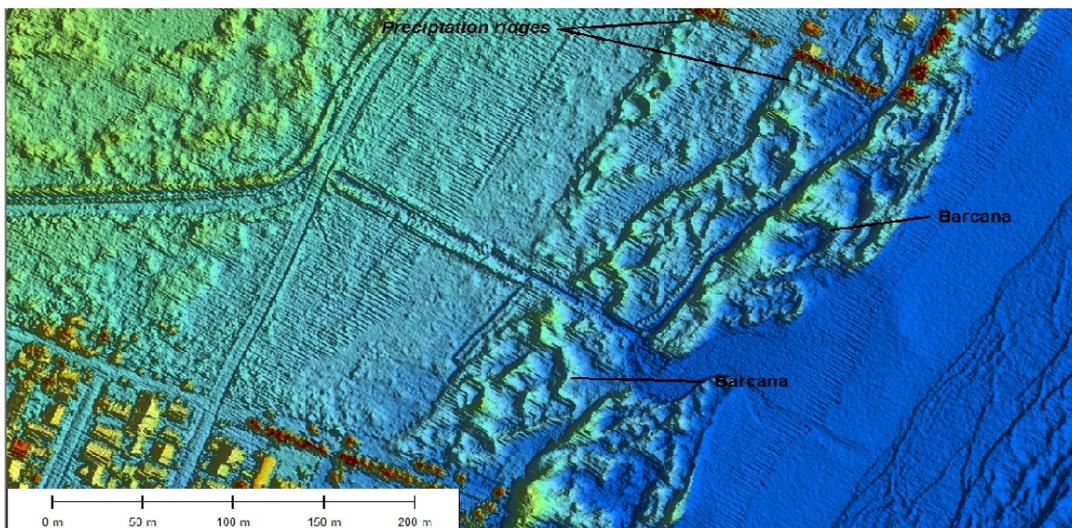


Figura 5.130 - Possível nivelamento das áreas adjacentes à estrada e um canal artificial.

O trecho entre as ruas Castelo Branco e Amazonas (Figura 5.131) possui uma pequena densidade de edificações ao sul, seguido por um campo de dunas com sinais de degradação e largura variando entre 60-70 m. Um trecho desabitado ao norte com, aproximadamente, 280 m possui o cordão de dunas frontais e campo de dunas parcialmente preservado e largura variando entre 100 e 160 m. Ao fim desse, a urbanização é retomada por uma distância de 490 m em direção ao norte, com edificações e arbóreas atingindo o cordão de dunas frontais, limitando a largura entre 16 a 40 m. Onze sangradouros foram encontrados, todos de ocorrência antrópica.

O trecho entre a Avenida Assis Brasil e Rua Vinte e Cinco de Abril apresenta dunas mais desenvolvidas ao sul, atingindo alturas de 3,50 m, com arbóreas cultivadas em alguns pontos e largura do campo variando entre 50 a 100 m. A última quadra desse trecho apresenta um cordão de dunas com quatro cristas paralelas (Figura 5.132) atingindo alturas de 3m.

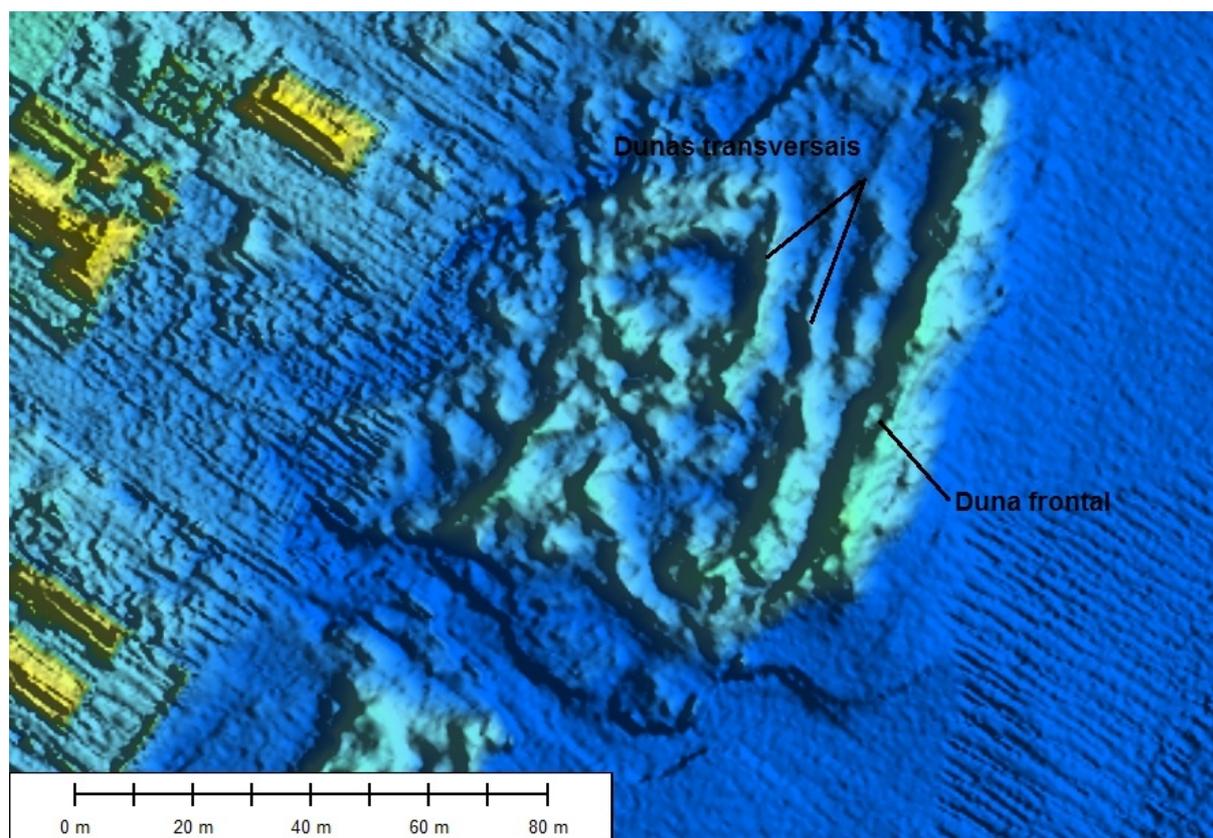


Figura 5.132 - Campo de dunas com cristas paralelas.

Dunas com 5 m de altura foram encontradas e, em diversos pontos, o cordão foi seccionado, apresentando crista descontínua (Figura 5.134). Catorze sangradouros foram contabilizados nesse trecho, nenhum de ocorrência natural. Um sangradouros secciona o campo de dunas e o cordão de dunas frontais (Figura 5.135 e 5.136).

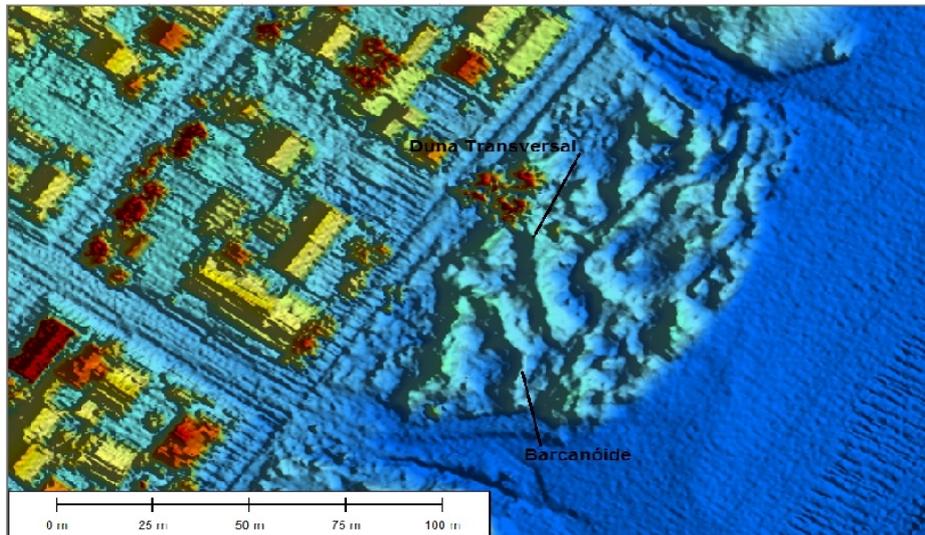


Figura 5.134 - Cordão de dunas com crista seccionada.

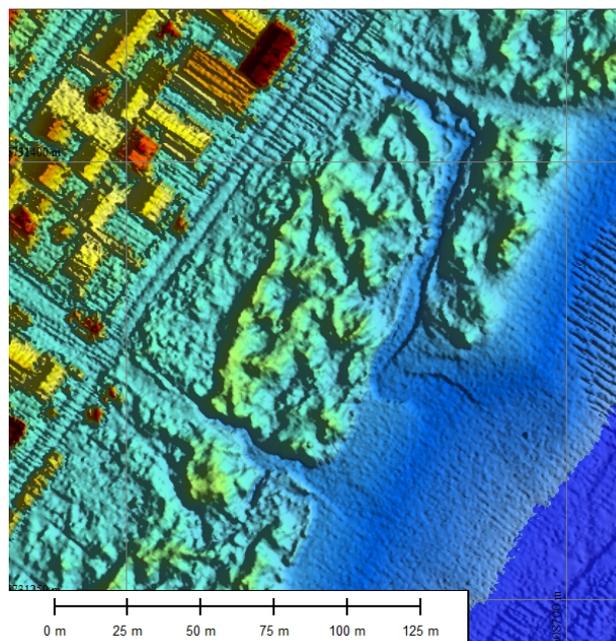


Figura 5.135 - Sangradouro cruzando o cordão de dunas frontais.

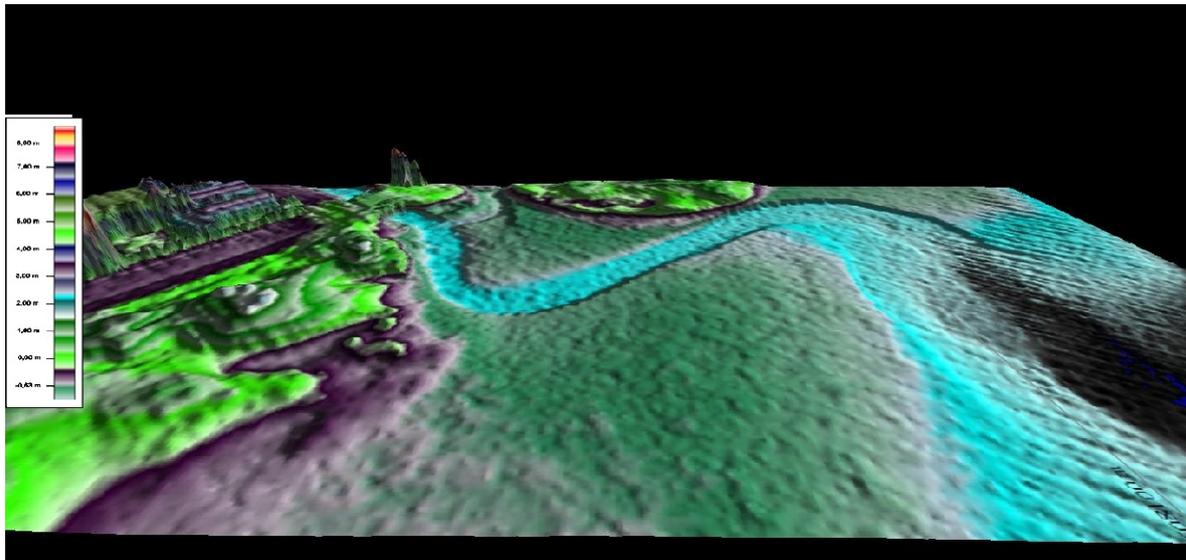


Figura 5.136 - Sangradouro transpondo o cordão de dunas frontais.

O trecho entre a Rua A e Tancredo Neves (Figura 5.137), semelhante aos demais, possui o cordão de dunas fortemente degradado, largura entre 22 e 82 m, sendo, em alguns casos, constituído por dunas divididas em pequenos depósitos de sedimento, largura menor que 10 m, seccionadas por 10 sangradouros de ocorrência antrópica.

Edificações interceptam o cordão de dunas nas coordenadas 610075 E 6733595 N, onde ocorre a substituição das dunas frontais por arbóreas de altura variando entre 5 a 7,5 m (Figura 5.138).



Figura 5.138 - Dunas frontais removidas para o cultivo de arbóreas na Rua A esquina J
(Fonte: Google Street View).

O trecho entre a rua Tancredo Neves e D (Figura 5.139) possui um campo de dunas preservado, ao norte da primeira via, com 1695 m de comprimento e largura variando entre 190 e 250 m. Lobos de deposição são encontrados ao sul desse trecho (Figura 5.140), demonstrando o sentido de migração das dunas.

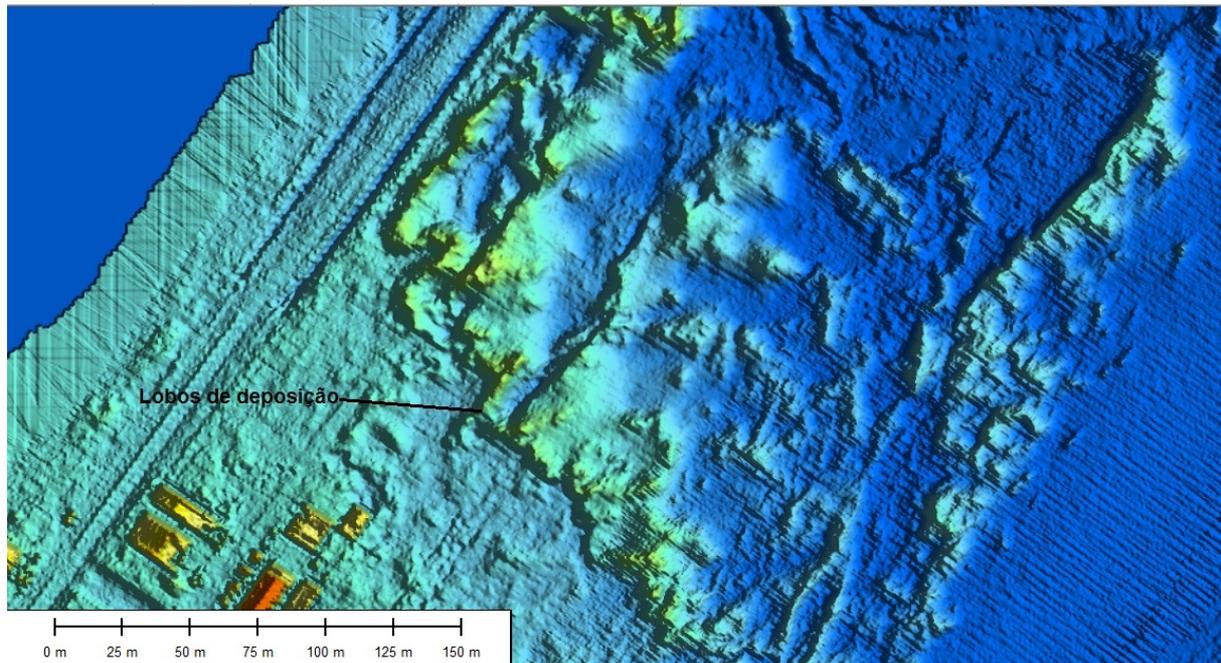


Figura 5.140 - Tendência de migração das dunas próximo à Rua Tancredo Neves em Arroio do Sal.

Um grande sangradouro de ocorrência natural com 100 m de largura (coordenadas 610631 E 6734636 N) divide a área de estudo, limitando a largura das dunas frontais na margem norte em 6m. Ao norte dessa região (Rua Sul até D) o cordão de dunas frontais é seccionado por sangradouros gerados pela drenagem urbana, limitando a largura do cordão de dunas entre 48 a 95 m. Quinze sangradouros foram encontrados nesse trecho, apenas quatro de ocorrência natural.

O trecho iniciado na Rua D até S (Figura 5.141) possui o cordão de dunas degradado (largura entre 40 a 70 m) vegetado com arbóreas em alguns pontos, com três sangradouros de ocorrência antrópica seccionando as dunas frontais.

Entre a Rua A e Farroupilha (Figura 5.142) o cordão de dunas é limitado até o início

da primeira quadra, semelhante aos balneários já descritos, com largura variando de 10 a 100 m, vegetado e edificado em alguns pontos. A crista é seccionada em diversos pontos, sendo a duna dividida em pequenos depósitos de sedimento. Vinte sangradouros foram encontrados nesse trecho, todos formados pela drenagem urbana.

Entre a Rua H e o número 1425 da Rua Brasília (Figura 5.143) o cordão de dunas não se encontra urbanizado, limitado à oeste pela Rua Brasília, com largura entre 145 a 177 m e duna frontal apresentando largura máxima de 12 m. Três sangradouros de ocorrência natural ocorrem nesse trecho.

O trecho entre Rua dos Ventos e Farroupilha, essa última pertencente ao balneário Paraíso em Torres, é urbanizado com grandes vazios entre as edificações e diversos trechos desabitados. O cordão de dunas foi completamente removido em alguns pontos, com largura limitada pelas edificações, variando entre 15 m nos trechos edificados até 220 m nos desabitados. A crista da duna frontal é descontínua e a duna segmentada, formando diversos depósitos. Vinte sangradouros foram encontrados nessa região.

Os parâmetros morfométricos mensurados no município de Arroio do Sal podem ser visualizados na tabela 5.9.

Tabela 5.9 - Parâmetros morfométricos do município de Arroio do Sal.

Balneários	Declividade (%)	Largura média (m)	Var.vol (m ³ /m)	Azimute linha costa (graus)	Altura dunas frontais (m)
Rua Santa Cruz até Manoel Alves Pereira	3,15	65,05	11,13	31,7762	3,91
Rua Castelo Branco até Amazonas	3,06	66,6	11,79	31,7316	3,36
607825_6728094*	2,85	59,2	9,81	33,01	3,4
Av Assis Brasil até Rua Vinte e Cinco de Abril	3,52	55,95	11,75	33,01	3,53
Rua A até Tancredo Neves	3,01	50,93	11,47	33,53	3,33
Rua Tancredo Neves até D	3,03	67,26	10,98	32,54	3,06
Rua D até S	3,67	48,92	11,29	30,38	2,76
Rua A até Rua Farroupilha	3,39	49,62	10,6	33,34	3,41
Rua H até 1425 Brasília	3,59	55,66	10,69	34,13	3,98
Rua dos Ventos até Farroupilha	3,71	55,3	10,63	34,4	3,71

* O arquivo compreende a uma faixa de 155 m discutido com os trechos vizinhos.

Os valores médios dos parâmetros morfométricos compilados para o município são: Altura média das dunas frontais 3,45 m (DSP=0,37); largura média da praia subaérea 57,45 m (DSP=6,89); VVAD 11,01m³/m (DSP=0,61); azimute médio da linha de costa 32,78° (DSP=1,22); declividade média da faixa de praia 3,30% (DSP=0,31).

5.11 TORRES

O município de Torres, muito procurado por turistas durante os meses de veraneio, possui características únicas que o diferencia das demais cidades costeiras do Rio Grande do Sul. Afloramentos rochosos e falésias, mais frequentes próximo ao Rio Mampituba, destacam feições únicas inexistentes ao longo do litoral gaúcho. Ao longo de, aproximadamente, 16 km, a faixa costeira do município de Torres é dividida em 24 praias: Paraíso, Real, Estrela do Mar, Santa Helena, Webber, Recreio, Petrópolis, Yara, Gaúcha Anexo, Gaúcha, Casqueiro, Tupynambá, Riviera, Condomínio Ocean Side, Lagoa do Jardim, Itapeva Sul, Torres Tur, Itapeva III Etapa, Itapeva, Parque Estadual de Itapeva, Guarita, Praia da Cal, Prainha e Praia Grande.

O cordão de dunas frontais, iniciado ao sul no balneário Paraíso, apresenta uma morfologia descontínua, alongada, com altura menor que 3,5 m e pequeno volume. Essas características são frequentes até as coordenadas 616200 E 6742720 N, onde o cordão é interrompido para a instalação de edificações (Figura 5.145), sinais de degradação do cordão pode ser observado até o limite com a Praia Real, onde diversos lotes desocupados existem.

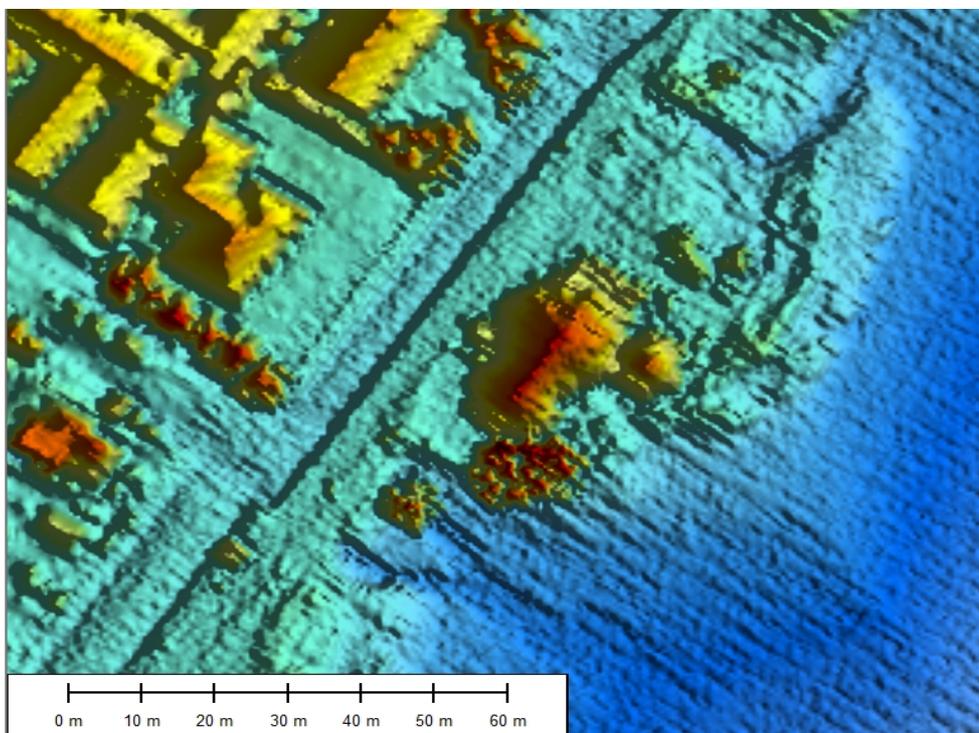


Figura 5.145 - Edificação com mais de 10 m de altura na praia Paraíso.

O balneário Praia Real apresenta uma baixa densidade de edificações, porém com diversos quadras niveladas, prontas para edificações (Figura 5.146). Medidas para a preservação das dunas frontais, como o recuo da avenida principal, foram tomadas mantendo a largura do campo de dunas em 180 m.

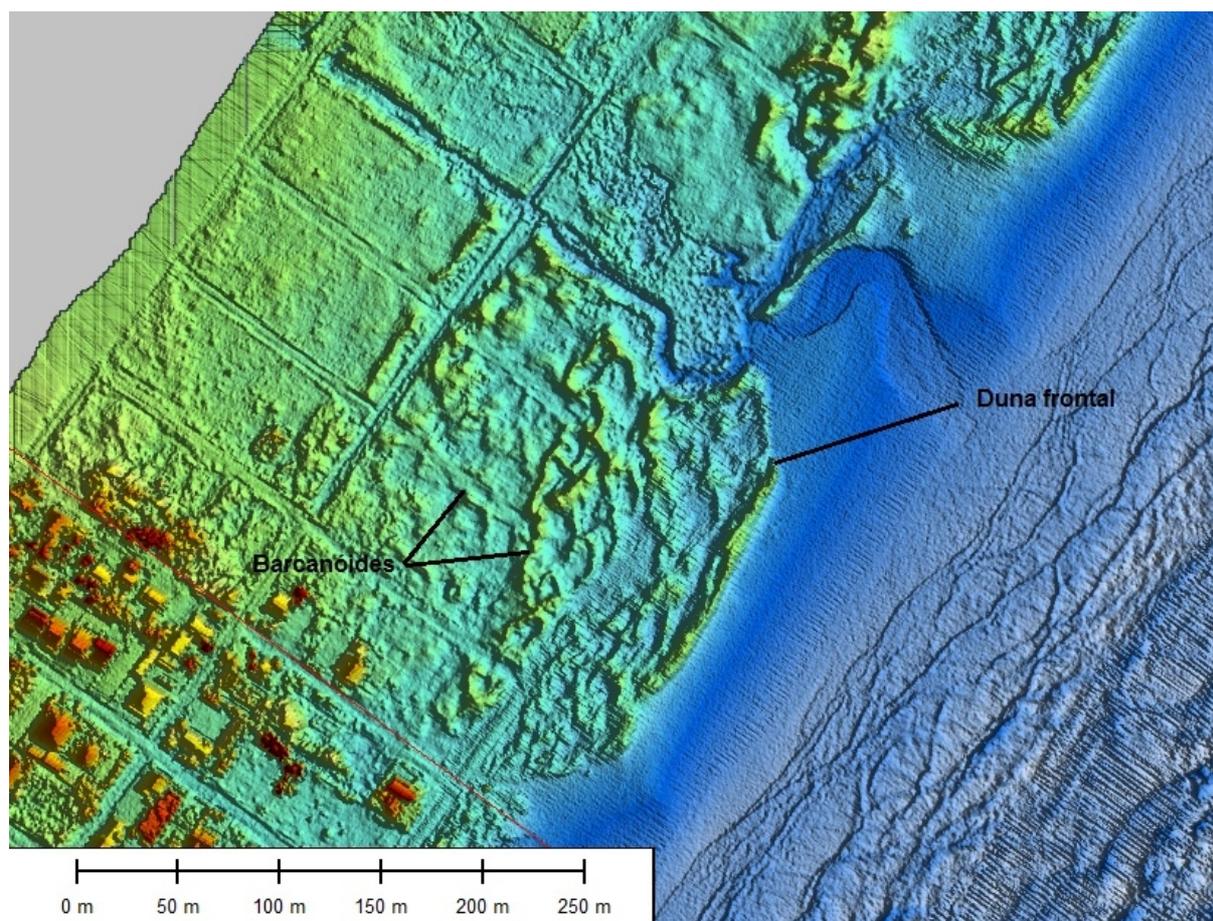


Figura 5.146 - Quadras não edificadas na praia Real.

As dunas frontais na praia Real apresentam uma morfologia alongada, com crista contínua e baixo volume, estendendo-se por 165 m até a ocorrência de um grande sangradouro nas coordenadas 616548 E 6743236 N, que secciona o cordão, formando uma massa isolada de, aproximadamente, 100 m (Figura 5.147). Ao norte desse sangradouro, as dunas frontais são delgadas, de baixa altura e contínuas, até a ocorrências de sangradouros formados pela drenagem urbana, onde adquirem formas isoladas sem orientação definida.

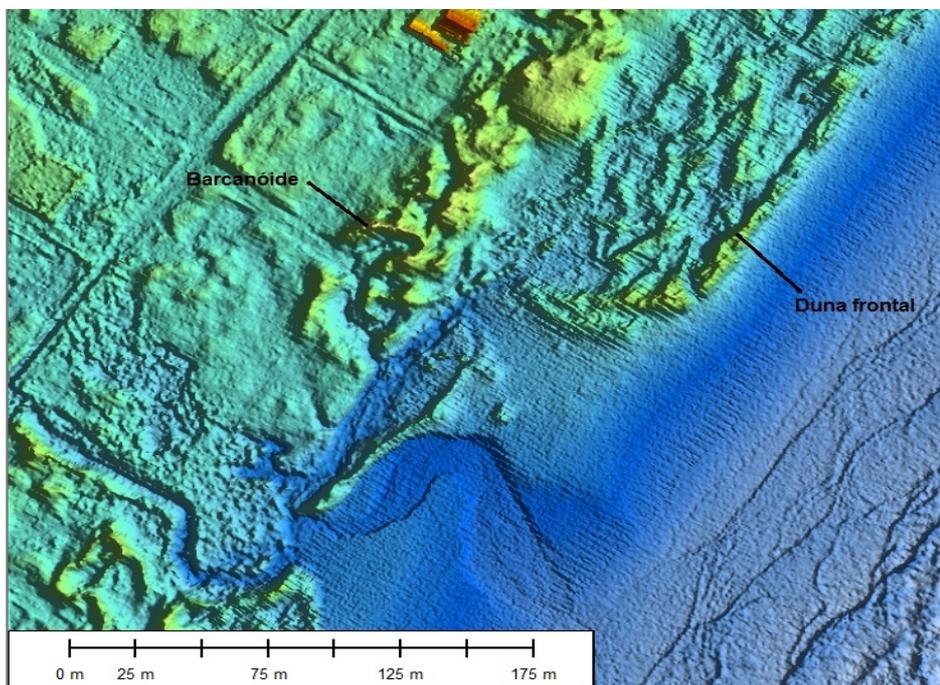


Figura 5.147 - Duna frontal seccionada pela ação de um sangradouro.

Nas coordenadas 619541 E 6747451 N (Itapeva Sul) o cordão de dunas frontais foi totalmente substituído por arbóreas (Figura 5.148).

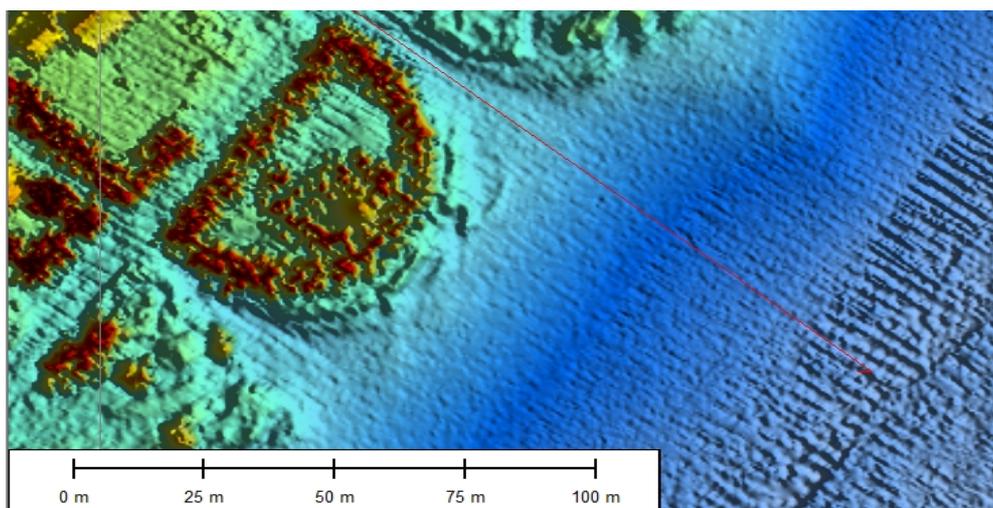


Figura 5.148 - Arbóreas sobre as dunas frontais próximo ao limite entre Itapeva Sul e Torres Tur.

Dunas frontais de maior volume, com forma alongada e com crista contínua, ocorrem ao sul do afloramento rochoso, que se estende por 211 m a partir das coordenadas 620440 E 6748604 N. Esse afloramento se alonga-se por, aproximadamente, 50 m em direção ao mar com altura superior a 40 m (Figura 5.149).

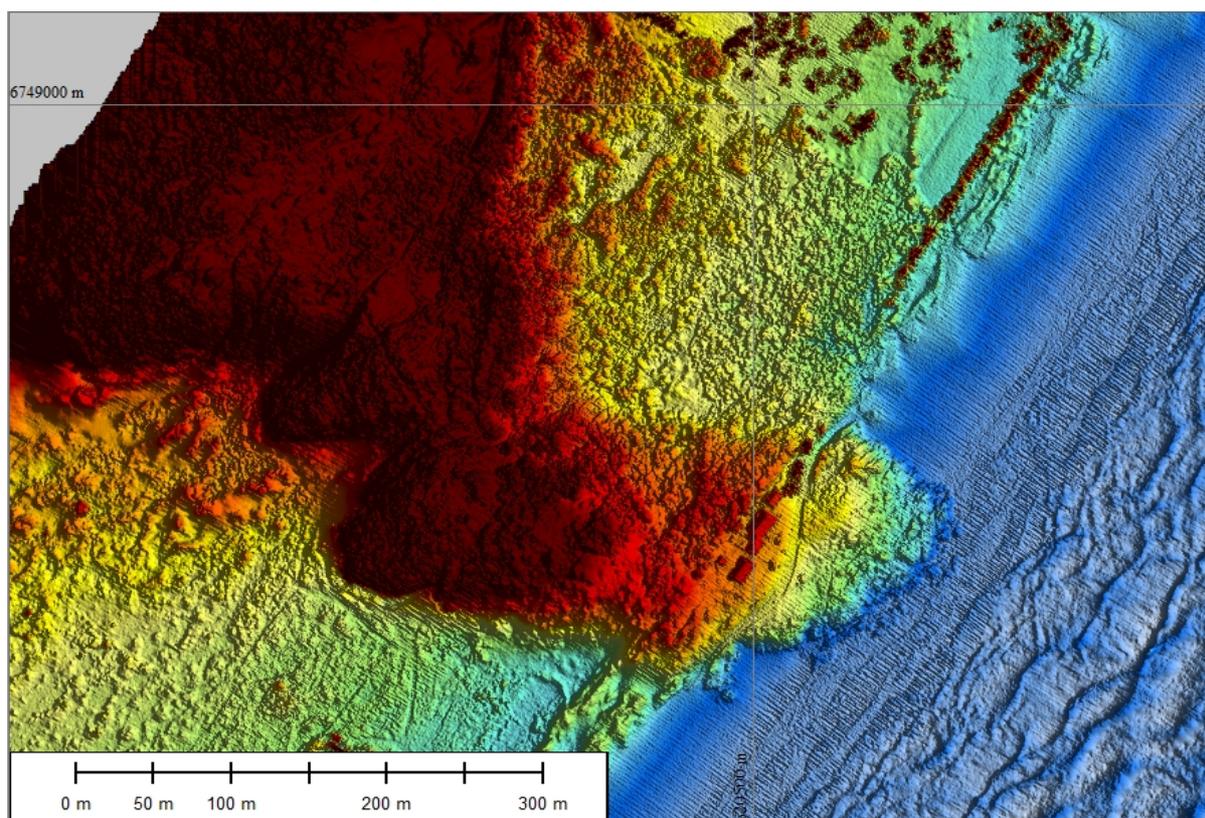


Figura 5.149 - Afloramento rochoso no Parque Estadual da Itapeva.

Dunas alongadas com crista contínua são frequentes no Parque Estadual de Itapeva (Figura 5.150), o aumento de volume ocorre ao norte das coordenadas 621745 E 6750440 N, estendendo-se por 270 m, com crista atingindo 6 m de altura. Próximo a essas coordenadas e interligada ao cordão frontal, ocorre uma duna de grande volume e forma esférica (Figura 5.151).

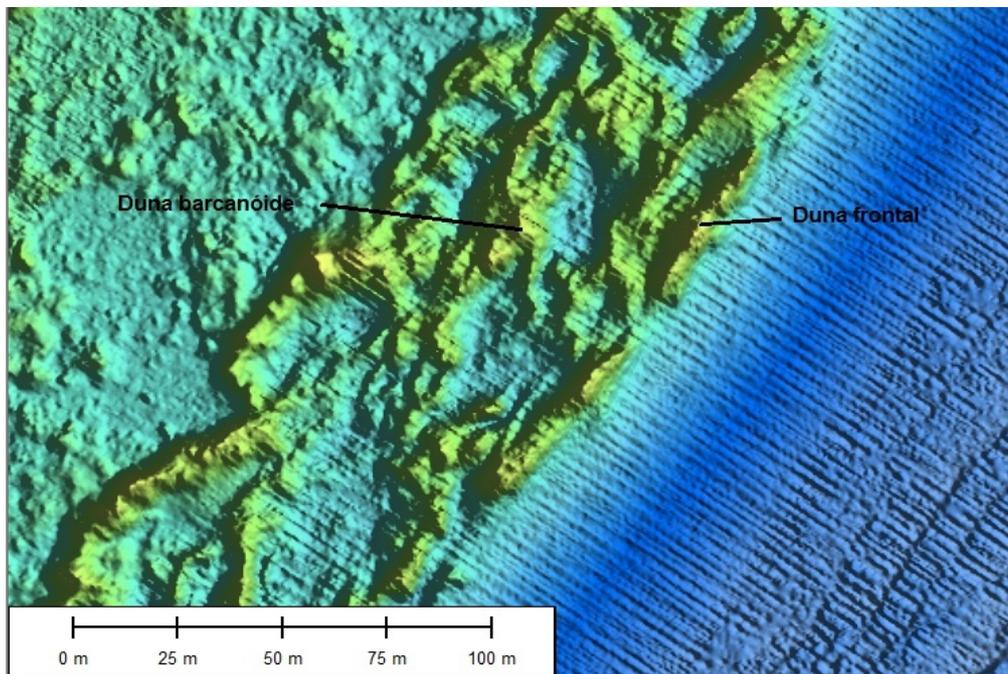


Figura 5.150 - Morfologia das dunas frontais no Parque Estadual de Itapeva.

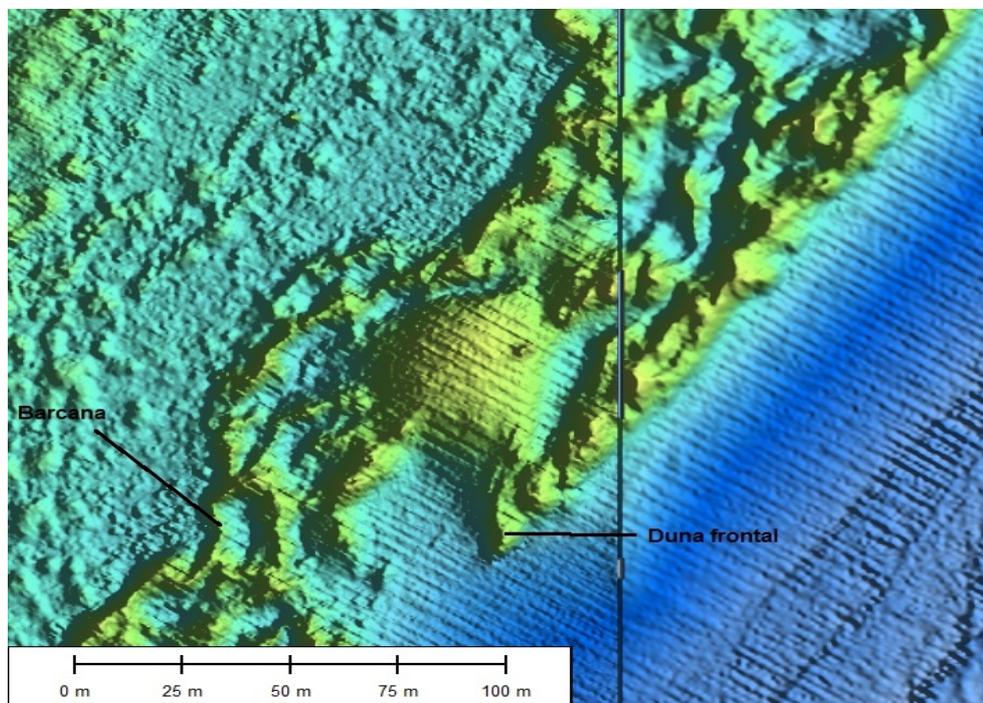


Figura 5.151 - Duna interligado ao cordão principal.

Grande falésias ocorrem no Parque Nacional da Guarita (Figura 5.152), estendendo-se até a Praia da Cal. Essas formações rochosas isolam a praia da Guarita, resultando em uma orientação de linha de costa única em todo o litoral gaúcho (Figura 5.153).

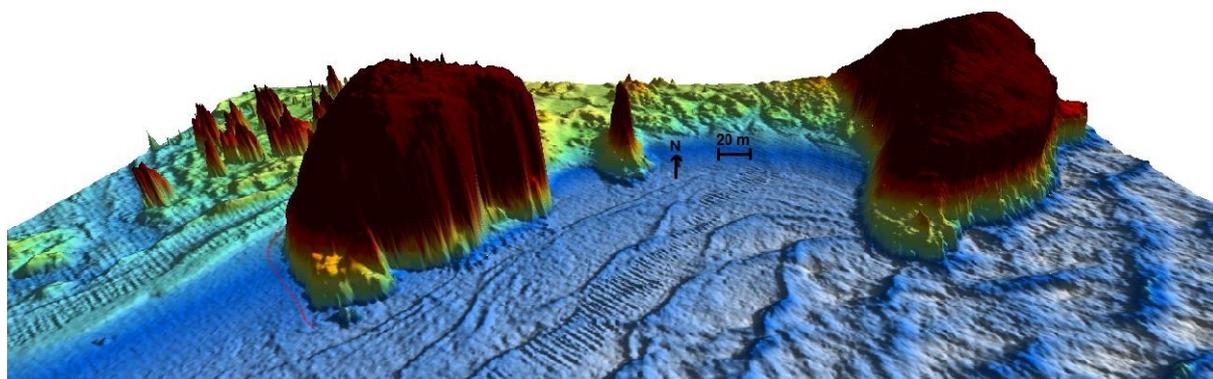


Figura 5.152 - Praia da Guarita em vermelho as formações rochosas, nota-se sangradouros na Guarita Oeste.

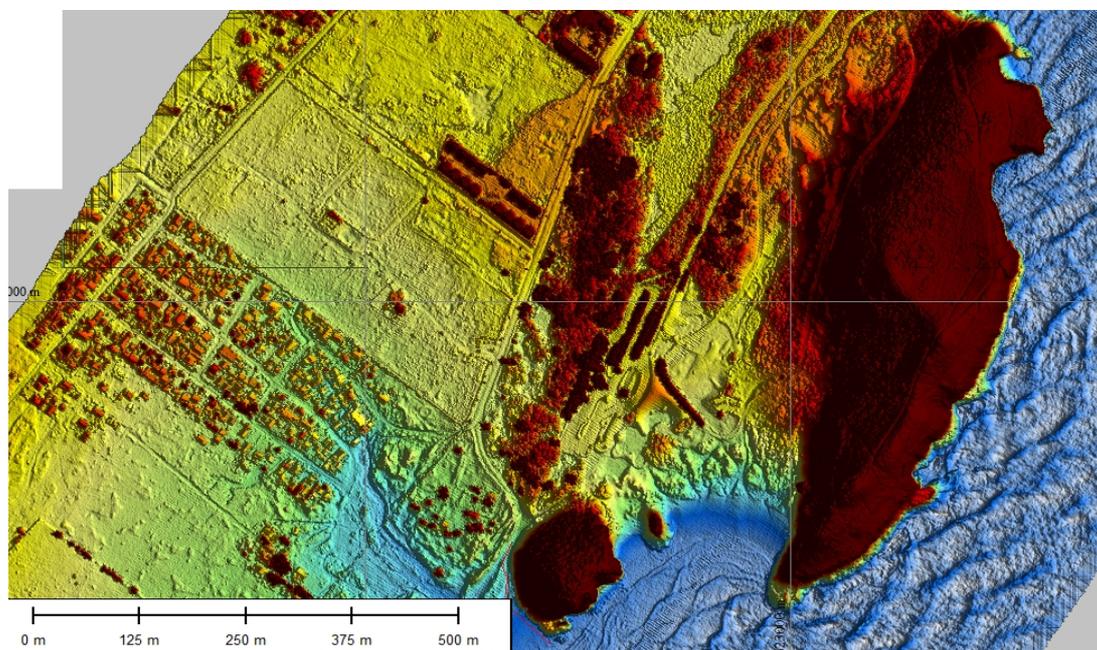


Figura 5.153 - Parque Nacional da Guarita com afloramentos rochosos estendendo-se por mais de 60 m em direção ao mar.

Falésias ocorrem novamente no morro do farol, estendendo-se por 336 m ao longo da

linha de costa. Essa formação atinge alturas superiores a 45 m. Dunas frontais voltam a ocorrer na praia grande, atingindo alturas próximas a sete metros, constituindo diversos depósitos de sedimento interligados, com forma alongada. Depósitos independentes de sedimento, sem forma definida, ocorrem, assim como campo de dunas com grande volume, largura superior a 36 m, de forma alongada e contínua (Figura 5.155), estendendo-se até o Rio Mampituba.

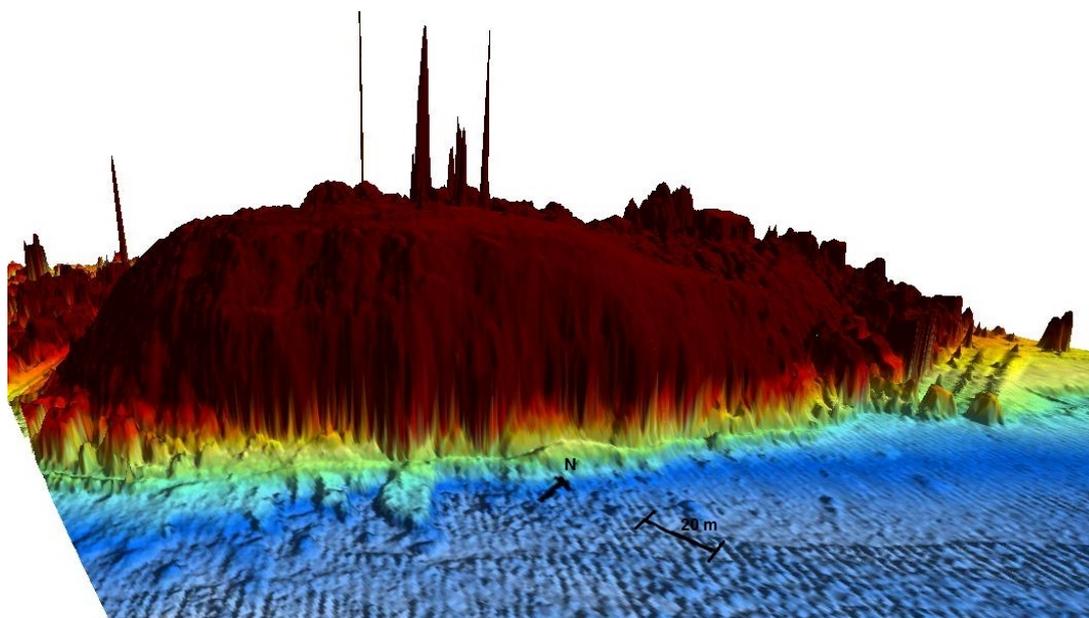


Figura 5.154 - Morro do Farol no topo é possível visualizar antenas e farol.

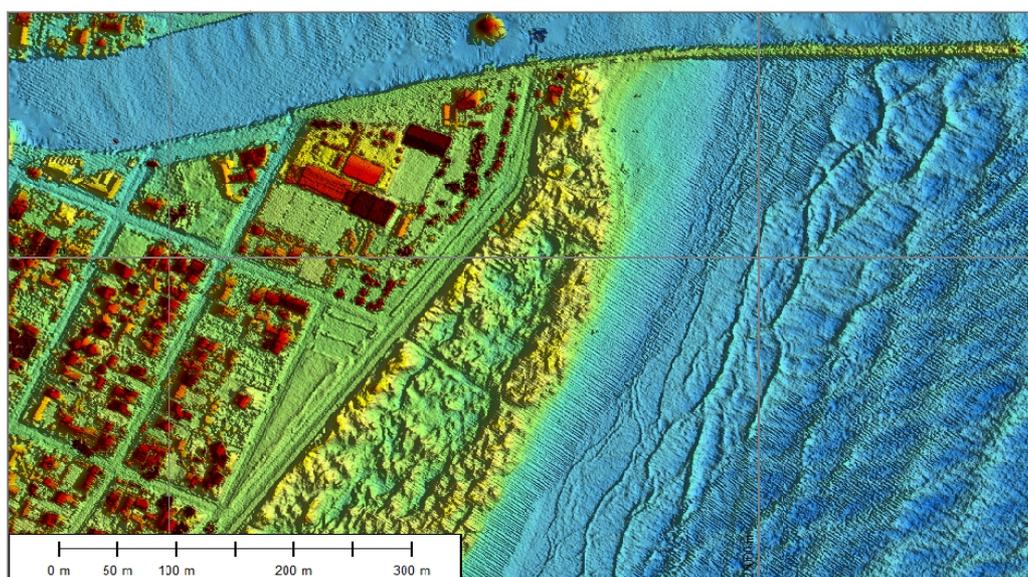


Figura 5.155 - Dunas frontais próximo ao Rio Mampituba.

Os parâmetros morfométricos compilados para os diferentes balneários que constituem o município de Torres podem ser visualizados na tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Morfometria do município de Torres.

Balneários	Declividade (%)	Largura média (m)	Var.vol (m ³ /m)	Azimute linha costa (graus)	Altura dunas frontais (m)
Paraíso	3,09	49,14	10,92	35,24	3,33
Real	3,04	50,56	11,02	34,95	3,84
Estrela do Mar	4,21	45,28	12,14	35,37	3,46
Santa Helena	4,43	40,96	9,39	35,84	3,4
Webber	3,49	51,69	10,65	35,57	3,76
Recreio	3,39	53,1	8,74	35	3,78
Petrópolis	3,52	51,1	13,98	33,93	3,72
Yara	3,85	47,51	13,57	35,05	3,83
Gaúcha Anexo	4,15	43,33	14,11	32,95	3,97
Gaúcha	2,8	69,2	9,03	37,11	3,65
Casqueiro	2,99	65,3	10,52	35,29	3,65
Tupynambá	3,16	61,7	9,54	32,29	3,4
Praia Riviera	2,82	71,85	10,9	37,45	3,46
Condomínio Ocean Side	4,04	48,24	12,11	34,48	3,65
Lagoa do Jardim	2,77	70,3	9,2	39,93	3,17
Itapeva Sul	2,9	67,3	10,43	28,57	3,28
Torres Tur	3,29	59,2	11,84	33,56	3,18
Itapeva III Etapa	3,2	61	13,08	34,55	3,75
Itapeva	3,24	56,1	11,76	36,64	3,55
Parque Estadual de Itapeva	3,52	50,24	11,9	36,82	4,11
Parque Nacional da Guarita	4,93	38,6	6,69	69,8	4,82
Praia da Cal	4,37	32,28	12,42	26,84	3,14
Prainha	4,45	35,23	6,7	35,68	1,79
Praia Grande	3,49	61,24	13,47	32,92	4,06

Os valores médios dos parâmetros morfométricos desse município são: Declividade

média 3,55 % (DSP=0,61); largura da praia subaérea 53,35 m (DSP=11,14); VVAD 11,00 (DSP=2,05); azimute médio da linha de costa 36,08° (DSP=7,67); altura média das dunas frontais 3,57 m (DSP=0,53).

Entre o balneário Paraíso e Praia Grande 119 sangradouros ocorrem, 56 formados pela drenagem de vias, 36 por tubulações pluviais e canais de drenagem que desaguam, geralmente, na base das dunas e, apenas 27, formados naturalmente pela drenagem do campo de dunas.

Imagens com a hipsometria das praias e balneários que constituem o município de Torres podem ser visualizadas nas 5.156 a 5.167.

5.12 DISCUSSÕES

É evidente, ao longo do capítulo e subtítulos acima, a ação dos sangradouros sobre a desestabilização do cordão de dunas frontais sobre todos os balneários descritos. Ficou claro que o número de sangradouros por km é diretamente proporcional ao grau de urbanização. A ocorrência de sangradouros não é atribuída unicamente por fatores antrópicos, mas também pela presença de áreas alagadiças potenciais na retaguarda das dunas frontais e à orientação do campo de dunas transversais mais interiorizados (Figueiredo & Calliari, 2005). Os mesmos autores afirmam que a granulometria pode influenciar a distribuição dos sangradouros ao longo da costa, uma vez que afeta diretamente a permeabilidade do substrato.

No trecho estudado, a ocorrência de sangradouros pode ser atribuída, na maioria dos casos, pela drenagem urbana. A pavimentação e as construções (telhados) reduzem a área de infiltração, isso deixa explícito falhas no planejamento urbano e inexistência ou dimensionamento inadequado de estruturas hidráulicas para drenagem urbana. Estudos hidrológicos são necessários para que se conheça a vazão de projeto e para o correto dimensionamento de estruturas hidráulicas. Essas estruturas devem ser construídas junto às menores altitudes da rede de drenagem. A captação de águas pluviais, por estruturas hidráulicas, é apenas parte da solução do problema. A água captada deve ter o correto destino, e não canalizadas até o pós-praia, como observado na maior parte dos balneários descritos. Essa solução, adotada por muitos municípios, ocasiona a formação de sangradouros que iniciam processos erosivos no pós-praia e face da praia e alteram a granulometria dos sedimentos, visto que matéria orgânica e argilas podem ser transportadas de outras regiões para zonas costeiras. Processos erosivos, ocasionados pelo déficit sedimentar, podem ocorrer quando um sangradouro for interrompido, alterando o processo de evolução costeira, uma vez que são mecanismos de transporte de areia para a zona de arrebenção (Figueiredo & Calliari, 2005).

Muito frequente, também, é a ligação de tubulações de efluentes na rede de drenagem pluvial. Essa é uma solução paliativa adotada por muitos municípios como destino final para os efluentes. Essa solução deve ser evitada pois prejudica a balneabilidade das praias afetando a qualidade da água na zona de arrebenção, uma vez que coliformes fecais podem ser introduzidos pela drenagem, além de ocasionar odores desagradáveis aos banhistas. A construção de estações para o tratamento de efluentes deve ser priorizada pelos

municípios costeiros. Em alguns casos, uma estação pode ser utilizada por mais de um município, sendo os custos para construção e manutenção administrados por consórcios intermunicipais.

A ação de sangradouros é responsável pela desestabilização das dunas frontais, limitando-as à massas isoladas. Essa ação degrada não apenas a duna, mas fauna e flora ali existente, além de limitar a ação das dunas como barreira natural de proteção costeira durante eventos extremos. Na figura 5.168 é simulada a ação de um evento extremo, atingindo a altitude 1,80 m no balneário Dunas Altas (Palmares do Sul), trecho preservado, e na figura 5.169 a ação de um evento extremo, de mesma magnitude, no balneário Magistério (Balneário Pinhal).

A proteção proporcionada pelas dunas frontais durante eventos extremos é nítida na imagens 5.168, onde a remoção de parte do cordão pela ação de sangradouros favorece a entrada de água para as áreas urbanizadas. Planos para a recuperação de dunas frontais devem ser implementado pelos municípios logo após a remoção de sangradouros formados pela ação antrópica. Em diversos pontos da área de estudo, o cordão de dunas frontais foi substituído por edificações, sendo o material das mesmas utilizado para o nivelamento de lotes. Em alguns casos, as edificações estão entre as dunas, sendo soterradas pelo transporte eólico pelas mesmas, isso ocorreu em diversos pontos como, por exemplo, no Terminal Turístico de Cidreira.

O cultivo de espécies arbóreas exóticas em diversos pontos de dunas frontais ao longo da área de estudo é outro fator responsável pela degradação do cordão original, espécies como *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Casuarina equisetifolia* são frequentes na área de estudo, sendo a última utilizada como fixadora de dunas. Espécies do gênero *Pinus* dificultam a manutenção de espécies nativas em função da constante deposição de ascículas, responsáveis pela acidificação e sombreamento do solo. Existem relatos na bibliografia de que esse gênero é responsável pelo rebaixamento do lençol freático (Seeliger, 1992).



Figura 5.168 – Ação de um evento extremo em Dunas Altas, em azul as áreas atingidas.



Figura 5.169 – Ação de evento extremo no balneário Magistério, na imagem é possível visualizar a transposição do cordão de dunas frontais pelas ondas.

5.13 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A partir da tabela com parâmetros morfométricos de todos os municípios e respectivos balneários estudados (Anexo 5.1), aplicou-se as técnicas de estatística multivariada descritas na metodologia (Capítulo 4). Antes da apresentação dos resultados, convém justificar a utilização e origem de algumas variáveis incluídas nas análises. Uma breve descrição foi efetuada, visto que as mesmas não foram citadas anteriormente.

- Mz ϕ (phi): corresponde ao tamanho do grão médio em escala logarítmica de Wentworth (1922), definida por $D=d_0*2^{-\phi}$ onde: D é o diâmetro da partícula, d_0 é igual a 1 e $\phi=-\log_2$. Os valores de Mz utilizados nesse trabalho foram extraídos de Pereira *et. al.* (2010), originalmente retirados do banco de dados Praia LOG do laboratório de oceanografia geológica da FURG.
- Am (%): Percentual de areia média, segundo a escala Wentworth (1922), calculado para cada amostra. Corresponde ao diâmetro no intervalo de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ mm (2 a 1 phi). Assim como o Mz o Am foi extraído de Pereira *et. al.* (2010).
- Potencial de deriva do vento (PDV): Determinado a partir da utilização de dados médios de vento (direção e velocidade) obtidos de estações meteorológicas situadas em Torres, Imbé e Mostardas. Para o primeiro município, os valores foram retirados de Tomazelli (1993), período de janeiro de 1970 a dezembro de 1982; para o segundo foram utilizados dados de abril de 1948 a dezembro de 2003; para o último dados de março de 1957 a maio de 2000. Os PDV foram calculados para cada estação por Martinho (2008) pelo método criado por Fryberger & Dean (1979), subsequentemente o método de Pearce e Walker (2005) foi aplicado. Os PDV foram publicados na forma de diagramas de rosa dos ventos. Na rosa dos ventos, cada direção é representada por um braço, sendo o comprimento correspondendo ao potencial de deriva em unidades de vetores (UV). O vetor Potencial de Deriva de Vento Resultante (PDVR) é representado por uma seta, demonstrando a direção de transporte eólico de sedimento. Os valores em UV do PDVR utilizado nesse trabalho foi extraído de Martinho *et. al.* (2010).

Os valores de Mz e Am são pontuais, não abrangendo todos os balneários estudados. A solução encontrada foi a extrapolação dos valores para os balneários vizinhos, ou seja, foram adotados valores iguais para balneários com características morfométricas semelhantes. Também foi considerado o conhecimento prévio do autor sobre a área de estudo.

A aplicação da técnica *cluster* para as oito variáveis da tabela de parâmetros morfométricos resultou na matriz de distâncias euclidianas e no dendrograma da figura 5.170.

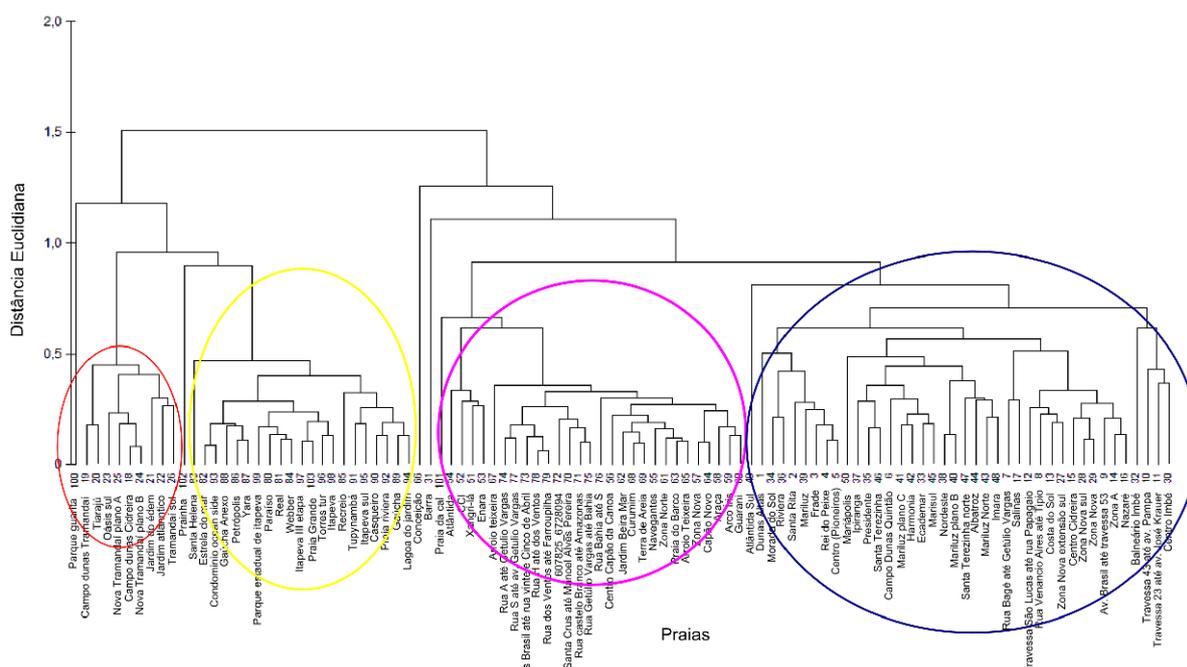


Figura 5.170 - Dendrograma gerado a partir da análise Cluster, onde se observa a formação de 4 grupos de praias de maior similaridade.

A formação dos grupos foi efetuada a partir da utilização de uma linha de corte na distância euclidiana de 0,85. A adoção dessa distância não é arbitrária e se deu a partir do conhecimento prévio da área de estudo e com o auxílio de trabalhos anteriores como o de Pereira *et. al.* (2010) que encontrou 6 grupos de similaridade para a costa do RS. Na figura 6.2 quatro grupos foram formados com o auxílio do *cluster*; tais são citados da direita para a esquerda:

- Grupo 1: Atlântida Sul, Dunas Altas, Morada do Sol, Riviera, Santa Rita, Mariluz, Frade, Rei do Peixe, Centro (Quintão), Mariápolis, Ipiranga, Presidente, Santa

- Terezinha, campo de dunas ao norte de Quintão, Mariluz plano C, Harmonia, Ecademar, Marisul, Nordeste, Mariluz plano B, Santa Terezinha Norte, Albatroz, Mariluz Norte, Imara, rua Bagé até Getúlio Vargas, Salinas, travessa São Lucas até rua Garça, rua Venancio Aires até Tipio, Costa do Sol, Zona Nova Extensão Sul, Centro (Cidreira), Zona Nova Sul, Zona Nova (Imbé), av. Brasil até travessa 45, Zona A, Nazaré, Balneário Imbé, travessa 43 até av. Pampa, av. Pampa até av. José Krauer, Centro (Imbé).
- Grupo 2: Praia da Cal, Atlântida, CCI, Xangri-lá, Enara, Arroio Teixeira gleba B, rua A até Farroupilha, rua S até av. Getúlio Vargas, av Assis Brasil até rua Vinte e Cinco de Abril, rua H até 1425 Brasilia, rua dos Ventos até Farroupilha, 607825_6728094, rua Santa Cruz até Manoel Alves Pereira, rua Castelo Branco até Amazonas, rua Getúlio Vargas até Bahia, rua D até S, centro de Capão da Canoa, Jardim Beira Mar, Curumin, Terra de Areia, Navegantes, Zona Norte, Praia do Barco, Arroio Teixeira, Zona Nova, Capão Novo, Araça, Arco Íris e Guarani.
- Grupo 3: Santa Helena, Estrela do Mar, condominio Ocean Side, Praia Gaúcha anexo, Petrópolis, Yara, Parque Estadual de Itapeva, Paraíso, Real, Webber, Itapeva III etapa, Praia Grande, Torres Tur, Itapeva, Recreio, Tupynambá, Itapeva Sul, Casqueiro, Praia Riviera, Gaúcha e Lagoa do Jardim.
- Grupo 4: Campo de dunas ao sul de Tramandaí, Tiarajú, Oásis Sul, Nova Tramandaí plano A, campo de dunas ao norte de Cidreira, Nova Tramandaí plano B, Jardim do Éden, Jardim Atlântico e Tramandaí Sul.

Os grupos formados são constituídos por trechos de praia contínuos (Figura 5.173), sendo o grupo 1 iniciado em Dunas Altas até Salinas, interrompido pelo grupo 4 iniciado no campo de dunas de Tramandaí até Tramandaí Sul, reiniciando em Zona Nova extensão Sul até Mariápolis, com exceção da Barra de Tramandaí. O grupo 2 inicia-se em Xangri-lá até o limite norte de Arroio do Sal, com exceção de Conceição. Também faz parte desse grupo a Praia da Cal, a inclusão dessa praia no grupo 2 se deu pelo percentual de areia média e azimute da linha de costa, muito próximo ao das praias desse grupo. O grupo 3 é constituído pelos balneários do município de Torres, Paraíso até Praia Grande, com exceção da Praia da Cal, Prainha e Parque Nacional da Guarita. O código 607825_6728094 corresponde ao nome do arquivo gerado durante o processamento dos dados brutos do laser, correspondendo a um

trecho de 155m de praia entre as ruas Vinte e Cinco de Abril e A no município de Arroio do Sal.

Observa-se que quatro praias não se agruparam com as demais por apresentarem valores muito distintos das demais, são elas:

- Parque Nacional da Guarita: A não inclusão dessa praia em nenhum grupo pode ser atribuída ao grande azimute da linha de costa, próximo a 70° , responsável pelo aumento da distância euclidiana em relação as demais praia.
- Prainha: Não incluída em nenhum grupo em função de diferentes parâmetros morfométricos e geológicos que a diferencia das demais como Am e ausência de dunas frontais, sendo os valores constantes na tabela 5.11 correspondendo a maior altitude dos perfis levantados.
- Conceição: Corresponde a uma faixa de praia com, aproximadamente, 255 m, e cordão de dunas interrompido por um grande sangradouro, responsável por aumentar a largura da praia subaérea e diminuir a declividade da mesma (Figura 5.171).

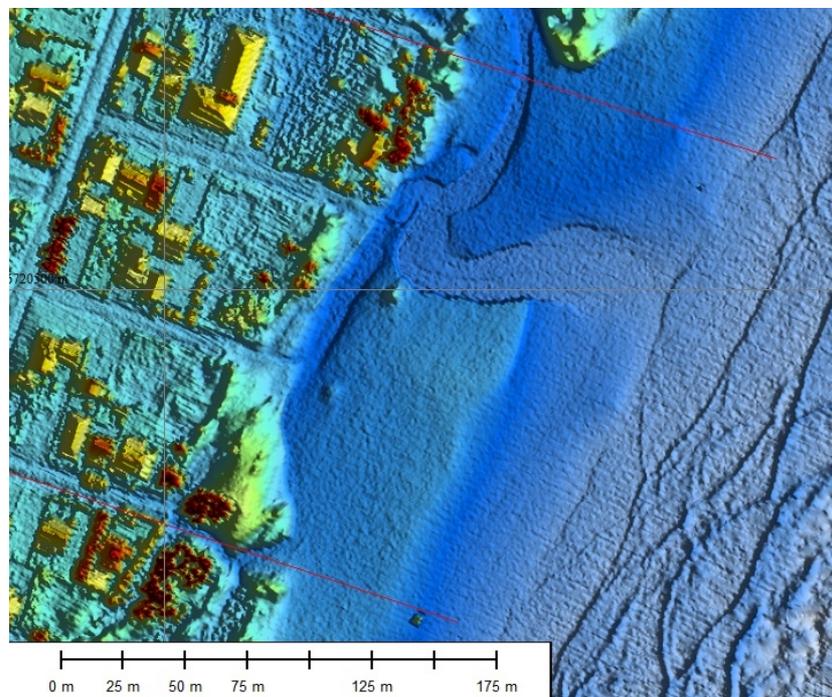


Figura 5.171 - Limitado pelas linhas em vermelho, o balneário Conceição (Capão da Canoa) é seccionado por um grande sangradouro.

- Barra: Praia ao sul do rio Tramandaí, divisa entre os municípios de Tramandaí e Imbé. É diferenciada das praias vizinhas pela sua declividade, aproximadamente 7% e pela grande VVAD, próxima 22,5m³/m.

Para a aplicação da técnica de escalonamento multidimensional AMDS, nomeou-se as praias como pertencentes aos grupos de 1 a 4, de acordo com os agrupamentos previamente observados pela análise Cluster. A adoção desse procedimento permite uma boa visualização da distribuição das praias no gráfico. Os grupos sugeridos por essa análise pouco diferiram do *cluster* (Figura 5.172).

Os pontos próximos representam praias com variáveis ambientais semelhantes, na figura 5.172 a leitura do equivalente numérico para algumas praias não é possível em função da grande similaridade entre as mesmas, sinalizando que o agrupamento dessas praias é coerente.

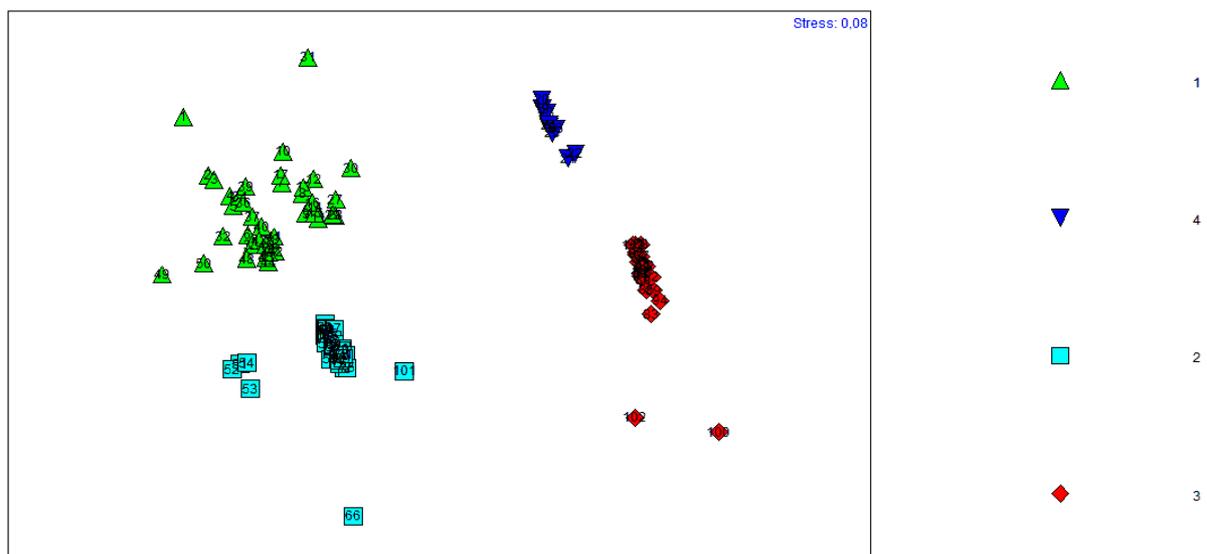


Figura 5.172 – Forma gráfica da análise de Escalonamento Multidimensional (MDS), onde se observa a formação de quatro grupos de praias.

As praias da Barra (Tramandaí), Conceição, Prainha e Parque Nacional da Guarita encontram-se distantes dos grupos apresentados na figura 5.172, confirmando os resultados encontrados na análise *cluster*. Com o objetivo de se simplificar as discussões, essas praias

foram consideradas pertencentes aos grupos que mais se aproximaram na figura 5.172. Os grupos sugeridos pelo *cluster* e AMDS estão representados na figura 5.173.

O teste ANOSIM (análise de variância similaridades) foi aplicado para se avaliar possíveis diferenças significativas entre os grupos de praias encontrados. O teste demonstrou que o nível de significância global entre os grupos foi de 0,1 %. O valor R informa se os grupos foram bem formados quando os valores são próximos de 1, sendo o R calculado igual a 0,934 . Uma comparação entre todos os grupos pode ser visualizada na tabela 5.11 e o relatório gerado a pelo PRIMER no anexo 5.2.

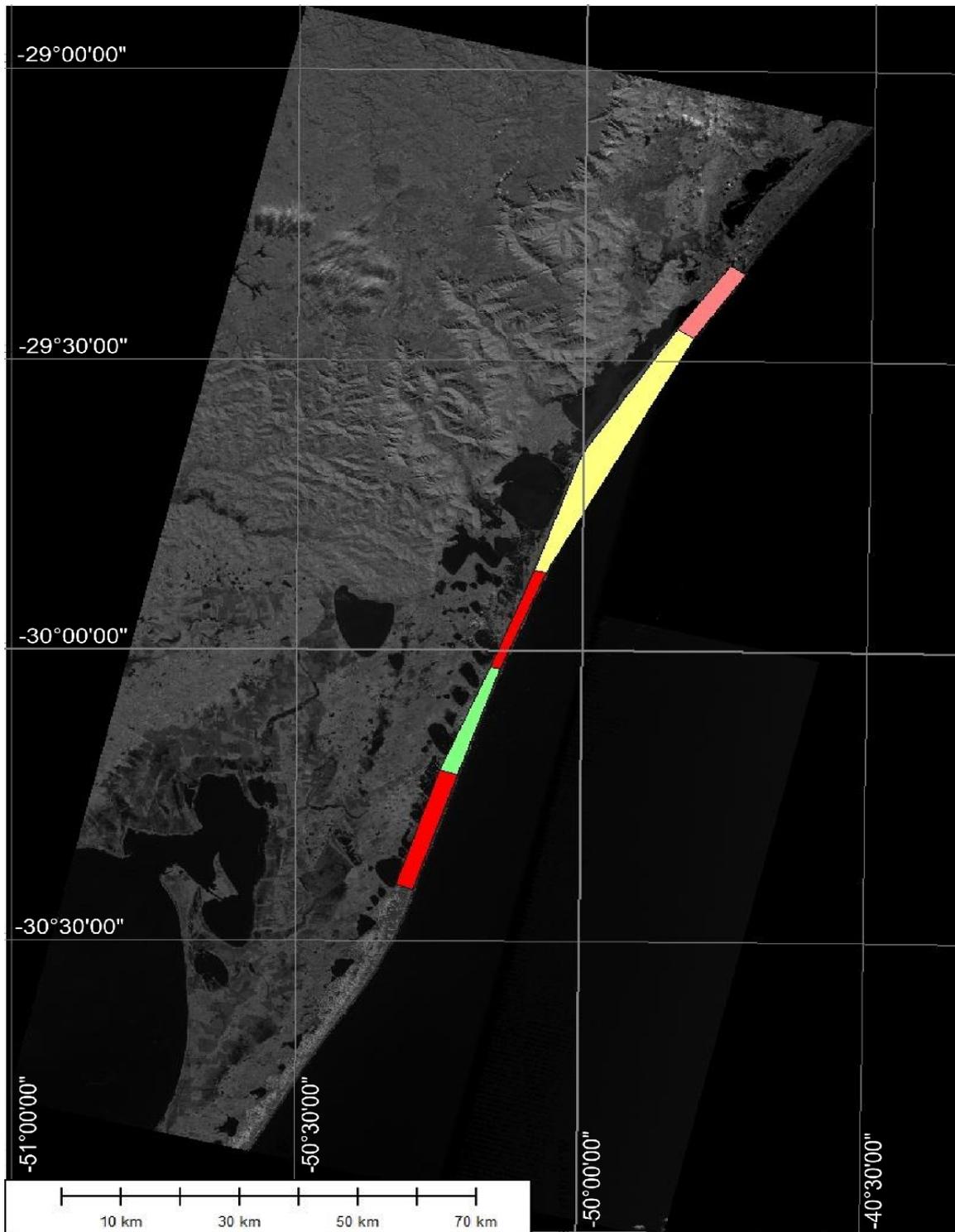


Figura 5.173 – Imagem de satélite onde se observa a distribuição dos quatros grupos de praias formados nas análises Cluster e MDS: grupo 1 (vermelho), grupo 2 (amarelo), grupo 3 (magenta) e grupo 4 (verde).

Tabela 5.11 - Valores do R estatístico e nível de significância encontrados pelo ANOSIM para os grupos sugeridos.

Grupos	R estatístico	Nível de significância (%)
1,4	0,99	0,1
1,2	0,83	0,1
1,3	1	0,1
4,2	0,995	0,1
4,3	0,85	0,1
2,3	0,988	0,1

O teste SIMPER (percentual de similaridade) examina a contribuição de cada variável ambiental para a formação dos grupos e diferenciação (dissimilaridade) dos mesmos. Nas tabelas 5.12 a 5.15 são apresentados os resultados, média e percentual de contribuição de cada uma das variáveis para a formação dos grupos.

Tabela 5.12 - Média e percentual de contribuição das variáveis para a formação do grupo 1.

Variáveis	Média	Contribuição (%)
Largura praia subaérea (m)	56,92	18,93
PDV	39,17	17,85
Am (%)	29,15	15,95
Azimuth linha costa (graus)	20,96	14,58
VVAD (m³/m)	14,19	12,48
Altura dunas frontais (m)	4,74	7,91
Declividade (%)	3,49	6,68
Mz (phi)	2,22	1,40

Tabela 5.13- Média e percentual de contribuição das variáveis para a formação do grupo 2.

Variáveis	Média	Contribuição (%)
Largura praia subaérea (m)	54,46	19,28
Am (%)	29,2	16,56
Azimute linha costa (graus)	28,54	16,56
PDV	20,00	15,17
VVAD (m³/m)	11,55	12,36
Altura dunas frontais (m)	3,61	7,38
Declividade (%)	3,33	6,97
Mz (phi)	2.21	1.56

Tabela 5.14 - Média e percentual de contribuição das variáveis para a formação do grupo 3.

Variáveis	Média	Contribuição (%)
Largura praia subaérea (m)	54,27	20,45
Azimute linha costa (graus)	36,48	18,70
PDV	20,00	16,04
VVAD (m³/m)	10,94	12,43
Am (%)	7,09	10,96
Altura dunas frontais (m)	3,59	7,66
Declividade (%)	3,51	7,51
Mz (phi)	2.28	1.78

Tabela 5.15 - Média e percentual de contribuição das variáveis para a formação do grupo 4.

Variáveis	Média	Contribuição (%)
Largura praia subaérea (m)	69,25	20,92
PDV	39,17	18,41
Azimute linha costa (graus)	21,66	15,21
VVAD (m³/m)	13,79	13,14
Am (%)	8,00	10,95
Altura dunas frontais (m)	4,18	7,67
Declividade (%)	3,91	7,46
Mz (phi)	2,49	1,60

As variáveis que mais contribuíram para a formação dos grupos foram: largura média do pós-praia, PDV, azimute da linha de costa, Am e VVAD. As variáveis que menos contribuíram em todos os grupos foram a altura das dunas frontais, declividade média e Mz. As praias de maior largura foram as do grupo 2, PDV grupo 1 e 4, azimute da linha de costa grupos 4, VVAD grupo 1, Am grupo 2, altura da duna frontal grupo 1, declividade grupo 4 e Mz grupo 4.

O teste SIMPER gerou tabelas comparando todos os grupos contendo o percentual de contribuição de cada uma das variáveis ambientais para a dissimilaridade (diferença entre os grupos). Os resultados foram apresentados na tabela 5.16.

Tabela 5.16 - Contribuição de cada variável para a dissimilaridade entre grupos em %.

Variáveis	1 x 4	1 x 2	4 x 2	1 x 3	4 x 3	2 x 3
Largura praia subaérea (m)	34.01	26.64	27.01	16.93	28.89	27.43
PDV	0	36.97	27.10	25.47	34.24	0.00
Azimute linha costa	6.66	14.79	10.04	20.48	26.35	17.65
VVAD	6.12	6.10	3.34	5.06	5.45	4.12
Am	47.88	11.69	29.88	29.25	1.79	48.35
Altura dunas frontais	2.49	2.28	1.11	1.63	1.49	1.01
Declividade	2.23	1.44	1.12	1.10	1.41	1.28
Mz	0.62	0.09	0.40	0.08	0.38	0.16

As variáveis que mais contribuíram para a dissimilaridade entre grupos, ou seja as os caracterizam e diferenciam, são: largura da praia subaérea, PDV, azimute da linha de costa e Am. As que menos diferenciam são Mz, declividade e altura das dunas frontais.

5.14 DISCUSSÕES ANÁLISE ESTATÍSTICA

As praias dos grupos 1 e 4 possuem maior largura da porção subaérea, maior PDV, menores azimutes da linha de costa e maior VVAD dentre os grupos. O maior PDV associado a maior largura da praia subaérea (maior pista de vento) e menor azimute da linha de costa, entrada do vento dominante NE mais próximo à perpendicular, facilita o transporte de sedimento em *onshore* e, conseqüentemente, aumento do volume do perfil. O maior volume de perfil assim maior altura das dunas frontais foram encontrados no grupo 1. O grupo 3 apresentou a menor VVAD, esse resultado é coerente com o maior azimute da linha de costa, orientação mais paralela ao vento dominante. O PDV também é menor quando comparado aos grupos 1 e 4.

A largura da praia subaérea do grupo 2 pode considerar igual ao grupo 3, visto que a diferença entre ambos é menor que a precisão do levantamento. Os valores próximos de

largura e VVAD pode parecer incoerente quando avaliamos o percentual de Am, maior entre os grupos. Os valores próximos de largura da praia subaérea e VVAD podem ser compensados pelo maior azimute da linha de costa do grupo 3.

As variáveis morfométricas que mais contribuiriam para a diferenciação dos grupos são largura da porção subaérea, Am, PDV e azimute da linha de costa, sendo a primeira contribuindo entre 16 e 34 % (Tabela 5.16). Os grupos mais que apresentam mais características em comum são o 1 e 4, apenas a Am e largura do pós praia foram relevantes para a diferenciá-los. A análise entre os grupos 1 e 2 demonstrou que o aumento do PDV associado a um menor azimute da linha de costa favorece o aumento VVAD e altura das dunas frontais. As variáveis que mais contribuíram para a dissimilaridade entre esse grupos foram PDV, largura da praia subaérea, azimute da linha de costa e Am. Entre os grupos 4 e 2 os resultados são semelhante aos do 1 e 2, porém o Am é 21,20 % menor no grupo 4. Essa grande diferença pode ter sido compensada pela maior pista de vento do grupo 2, aproximadamente 15 m maior que o grupo 4, explicando a maior VVAD e das dunas frontais.

Entre os grupos 1 e 3, o Am foi a variável que mais contribuiu para diferenciá-los. Ambos podem ser considerados grupos extremos, ou seja, as pertencentes ao grupo 1 apresentam tendências dissipativas e as do grupo 3 reflectivas. O grupo 3 apresenta o menor Am, PDV e maior azimute, ou seja, menor potencial para o transporte de sedimento entre todos os grupos, isso se reflete no menor VVAD e altura das dunas frontais. Entre esse par, as variáveis que mais contribuíram para a dissimilaridade entre grupos foram o Am, PDV, azimute da linha de costa e largura do pós-praia. Entre os grupos 4 e 3, a maior pista de vento, PDV e largura do pós praia do primeiro associado ao menor azimute resultou em maior VVAD e altura das dunas frontais, nesse caso o Am pouco contribuiu para diferenciá-los. Entre os grupos 2 e 3 as variáveis que tiveram maior participação na dissimilaridade foi o Am, largura do pós-praia e azimute da linha de costa. A diferença entre VVAD dos grupos 2 e 3 é menor que $1\text{m}^3/\text{m}$ e altura das dunas frontais menor que a precisão oferecida pelo *lidar*, apesar do maior percentual de Am e azimute da linha de costa do grupo 2.

A formação dos campos de dunas das praias do grupo 1 é iniciado ao sul pelo balneário Dunas Altas com grandes dunas frontais contínuas, alturas de até 9 m e 90 m de largura, formado por um extenso campo de dunas parabólicas com grandes lobos de deposição e bacias de deflação, de até 160 m, e *blowouts*, encontrados, até mesmo nas dunas frontais.

Essa formação se modifica no campo de dunas ao norte de Quintão, onde as dunas frontais são fragmentadas e de menor magnitude, os lobos de deposição e bacias de deflação são de menores quando comparados a Dunas Altas e diversos pequenos *blowouts* ocorrem. O campo de dunas iniciado ao norte de Imara (Imbé-RS) é caracterizado por pequenos *blowouts* com um cordão de dunas frontais delgado, não há presença de lobos de deposição e bacias de deflação indicando o sentido de migração das dunas.

Martinho *et. al.* (2010) ao analisar praias do grupo 1, Magistério (Balneário Pinhal) e Dunas Altas (Palmares do Sul) caracterizou o campo de dunas dessas praias como de grande largura, com bacias de deflação ocasionadas pela ação do vento dominante e *trailing ridges* sendo Dunas Altas o campo de dunas com mais sedimentos disponíveis. Esses campos de dunas tiveram aumentos nas bacias de deflação em um período de 50 anos com redução na área ocupada por barcanóides e dunas transversais. Em Dunas Altas e Magistério áreas sem vegetação ocupadas por barcanas e barcanóides foram transformadas nesse período para pequenas dunas parabólicas.

Baseado nos resultados encontrados por Short & Hesp (1982), na natureza e forma dos campos de dunas preservados e no resultados publicados por Martinho *et. al.* (2010), podemos classificar as praias do grupo 1 como intermediárias (altura significativa da onda moderada, entre 1 e 2,5 m) de estado praiar variando entre banco e calha longitudinal (BCL) e banco e praia de cúspides (BPC), podendo apresentar crescentes bancos longitudinais, baixo a moderada declividade, moderado a alto índice de mobilidade e potencial eólico para o transporte de sedimentos com dunas frontais de grande a moderada largura.

As praias pertencentes aos grupo 2 possuem, nos trechos preservados, pequenas bacias de deflação e lobos de deposição, tamanho máximo de 100 m, *blowouts* de pequena magnitude e um cordão de dunas frontais delgado, constantemente interrompido por sangradouros, sem a ocorrência de *trailing ridges*. Em alguns pontos o cordão de dunas frontais é formado por pequenas dunas parabólicas. A morfologia em Arroio do Sal é constituída por pequenas dunas frontais com sequências de discretos *blowouts* e dunas parabólicas em alguns pontos.

O campo de dunas de Rondinha (Arroio do Sal) e Capão Novo (Capão da Canoa) apresenta uma morfologia arredondada e descontínua com barcanóides e dunas transversais restritas pela presença de sangradouros (Hesp *et. al.* 2007). Na década de 40 o campo de

dunas de Capão Novo era dominado por dunas ativas com barcanóides e dunas transversais, sem bacias de deflação. Na década de 70 o campo de dunas tinha desenvolvido algumas bacias de deflação, especialmente ao redor de sangradouros e, na década seguinte, apresentava-se mais vegetado e deflacionado com dunas mais planas, modificação essa ocasionada pela urbanização. Parte do campo de dunas ocupado por barcanóides e dunas transversais foram transformados em campo de dunas parabólicos com com algumas solitárias barcanóides (Martinho *et. al.*, 2010).

Praias do estágio morfodinâmico intermediário com características reflectivas são caracterizadas por apresentarem um cordão de dunas frontais de largura moderada e com pequenos *blowouts* (Short & Hesp, 1982). Com isso podemos classificar as praias constituintes do grupo 2 em BPC, com bancos crescentes, cúspides, baixa a moderada declividade, alto índice de mobilidade e potencial para o transporte eólico com dunas frontais de largura moderada.

Praias pertencentes ao grupo 3, praias do município de Torres com exceção da Praia da Cal, apresentam geomorfologia muito particular quando comparada às demais pela presença de diversos afloramentos rochosos que se estendem à zona de arrebentação. Esses afloramentos representam um perigo aos banhistas devido à turbidez características das águas do local, impedindo que as rochas sejam visualizadas pelos banhistas Calliari *et. al* (2010). As praias ao sul desse grupo apresentam um cordão de dunas frontais segmentado, delgado, seguindo a orientação do vento dominante em alguns pontos. Pequenos lobos de deposição podem ser encontrados na praia Estrela do Mar e alguns *blowouts* do tipo *trough*. Pequenas massas de areia formam o cordão de dunas frontais no balneário Yara. Na praia Riviera o cordão de dunas frontais é plano e delgado em alguns pontos, essa morfologia se repete até a praia de Itapeva, onde pequenos lobos de deposição são encontrados próximo de um afloramento rochoso, que se estende por, aproximadamente, 198 m de praia.

O campo de dunas do Parque Estadual de Itapeva é limitado a oeste pelo afloramento rochosa, apresentando alguns lobos de deposição, pequenos *blowouts* e dunas frontais descontínuas. No Parque Guarita o cordão de dunas é praticamente inexistente resumindo-se a pequenos depósitos de sedimento sobre o afloramento rochosos. Essas características associada aos demais dados morfométricos e a estudos anteriores enquadram essas praias no estado intermediário do tipo BPC, com crescentes bancos transversais, megacúspides, alto

índice de mobilidade, moderado potencial para transporte eólico e largura das dunas frontais moderada, menores que 100 m.

O grupo 4, constituído por balneários pertencentes ao município de Tramandaí, apresenta, nos trechos preservados, diversos rastros lineares formados pela ação do vento dominante com os braços ancorados pela vegetação, *blowouts* do tipo *trough* e *saucer*, lobos de deposição e um cordão de dunas frontais segmentados e afilados em alguns pontos. Sequências de *blowouts* do tipo *saucer* são frequentes no campo de dunas ao sul desse grupo, assim como bacias de deflação e sangradouros de ocorrência natural. Na década de 40, as dunas barcanóides observadas em Jardim do Édem foram transformadas para parabólicas na década de 70. Vinte e nove anos depois, as bacias de deflação desse balneários foram divididas em lotes para urbanização e pequenas barcanas começaram a aparecer na área ocupada anteriormente por barcanóides e dunas transversais.

As praias desse grupo podem ser classificadas como intermediárias com tendências dissipativas do estado BCL e BPC, formadas por bancos crescentes, megacúspides, moderado a alto índice de mobilidade, potencial para o transporte eólico de sedimento e dunas frontais de largura moderada a alta. Essa afirmação é confirmada por Toldo *et. al.* (1993) que classificaram a praia como intermediária a dissipativa.

6. CONCLUSÕES

O sistema LIDAR provou ser uma valiosa ferramenta para estudos de sistemas costeiros. A precisão e detalhe fornecido pelos sensor, em tempo rápido, permite que se avalie fenômenos que ocorrem em curtos espaços de tempo, como a ação erosiva ocasionada por eventos extremos. Estudos de morfodinâmica costeira tornaram-se mais rápidos e dinâmicos com a adoção dessa tecnologia. Infinitos perfis de praia podem ser levantados e, se o modelo do LIDAR for projetados para levantamentos batimétrico, a batimetria da antepraia também. A metodologia adotada para o processamento dos dados brutos explorou apenas um produto dos diversos possíveis, a produção de apenas um justifica-se pelo grande números de balneários estudados. Para trabalhos futuros, as etapas de classificação e filtragem devem ser adotadas pois, como visto no capítulo 5, algumas imagens de hipsometria apresentam diversas falhas e aberrações, como pontos levantados a altitudes maiores que 200 m. Essas etapas são primordiais, caso seja desenvolvido um algoritmo para extração automática de feições. Na bibliografia, diversos filtros são descritos, assim como rotinas para a sua implementação. *Softwares* comerciais oferecem diversas opções de algoritmos para classificação e filtragem de pontos.

Outros produtos que enriqueceriam o trabalho são: O modelo digital de terreno, primordial caso se deseja conhecer a forma original do terreno sem estruturas antrópicas, curvas de nível, que são de ótima qualidade em função da grande densidade de pontos oferecidas pelo LIDAR e cartas de grande escala. O uso de ortofotos combinadas ao LIDAR oferecem uma ótima ferramenta para levantamentos planialtimétricos, visto que a precisão planimétrica oferecida pela fotogrametria é associada a vertical do LIDAR.

A precisão do produto gerado nesse trabalho deve ser avaliada, em estudos futuros, em campo através de levantamentos topográficos e geodésicos, a adoção de melhor técnica para a amostragem deve ser desenvolvida e descrita em estudos futuros. A precisão altimétrica, quando se adota a altitude ortométrica, está condicionada ao refinamento das técnicas de levantamentos adotadas pela equipe de campo.

Através da geomorfologia obtida com o grau de detalhe do LIDAR, foi possível identificar os processos eólicos atuantes na definição das principais feições. Assim, *blowouts*, campos de dunas, dunas parabólicas de vários tipos foram identificadas e os padrões geomorfológicos encontrados, correspondem aqueles descritos na literatura para praias

intermediárias a dissipativas.

O detalhamento também permitiu corroborar o que se tem afirmado a respeito do papel dos sangradouros na desestabilização das dunas frontais. Este levantamento mostra a importância de levantamentos prévios para planejamento em áreas pré-urbanizadas. Tal aspecto é importante tendo em vista a perspectiva de ocupação costeira junto a BR-101 na zona sul do RS.

Com o MDS, a geomorfologia do campo de dunas pôde ser visualizada de forma inédita, assim como a de fenômenos responsável pela formação do campo de dunas. Diversos tipos de *blowouts* e dunas parabólicas foram encontradas e a mensuração de suas formas requer alguns minutos com o MDS. Diversos parâmetros morfométricos que, em estudos convencionais, exigiriam horas e grandes equipes de campo foram obtidos de forma rápida e precisa. Parâmetros geológicos (Am e Mz), em estudos futuros, devem ser obtidos através de coletas em campo para todos os balneários, isso refinaria a análise estatística. Assim como os parâmetros geológicos, o PDV deve ser obtido por campanhas de monitoramento com anemômetros e com dados das estações meteorológicas disponíveis na área de estudo. Monitoramentos com anemômetros requer um grande intervalo de tempo na coleta dos dados eólicos, não bastando medidas pontuais.

Técnicas de estatística multivariada se mostraram adequadas para a organização dos diferentes balneários em grupos de afinidade. Resultados melhores poderiam ser obtidos se, como mencionado no parágrafo anterior, dados geológicos e anemométricos fossem obtidos em campo, o que não foi possível em função do pouco tempo disponível para o trabalho.

Quatro grupos foram obtidos com as análises estatísticas, sendo o grupo 1 iniciado em Dunas Altas (Palmares do Sul) até Salinas (Cidreira), interrompido pelo grupo 4 que se inicia no campo de dunas ao norte de Cidreira e se estende até Tramandaí Sul. O grupo 1 é reiniciado em Zona Nova Extensão Sul (Tramandaí) até Mariápolis (Osório). O grupo 2 é iniciado ao sul de Xangri-lá, estendendo-se até o limite norte de Arroio do Sal e inclui a praia da Cal (Torres) e o grupo 3 pelos balneários de Torres. Algumas praias não se enquadraram em nenhum dos grupos, são elas: Barra de Tramandaí, Conceição (Capão da Canoa), Prainha (Torres) e Parque Nacional da Guarita (Torres), todas foram, com a finalidade de se facilitar as análises, classificadas como pertencentes aos grupos que apresentam maior afinidade estatística. As variáveis que mais contribuíram para a formação dos grupos foram a largura

média da praia subaérea, PDV, azimute da linha de costa, Am e VVAD.

Segregar os balneários em grupos de afinidade, de acordo com as variáveis ambientais, fornece uma ferramenta de grande utilidade para o gerenciamento costeiro. Processos morfodinâmicos como tendência de migração das dunas, processos erosivos e de progradação, dentro outros, podem ser previstos, possibilitando aos gestores o correto planejamento de novos balneários, planejar ações para a recuperação das características naturais dos diversos ambientes e minimizar o impacto sobre de novas obras de engenharia costeira.

ALMEIDA, L., E., S., B.; LIMA, S., F.; TOLDO Jr, E., E. Estimativa da capacidade de transporte de sedimentos a partir de dados de ondas. MUEHE, D.; In: Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2006 p. 455-459.

ALMEIDA, L.E.S.B.; ROSAURO, N.M.L.; e TOLDO Jr., E.E.. Análise Preliminar das Marés na Barra do Rio Tramandaí, RS. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1997, Vitória, Resumos... Vitória, ES, 1997. p. 560-566.

ALMEIDA, L.E.S.B., TOLDO Jr. E.E.. **Relatório Técnico – Projeto Estudos Ambientais em Áreas Costeiras e Oceânicas na Região Sul do País – Região de Osório, RS**. IPH, UFRGS, Porto Alegre, 1997. 110 p.

ALVAREZ, LA., GRE, LC.R E TOLDO JR., E.E. Estudos oceanográficos e sedimentológicos preliminares da praia de Tramandai-RS. **Pesquisas**, v.15, 1983, p.66-85

ANGULO, R., J.; GIANNINI, P., C., F.; SUGUIO, K.; PESSENERA, L.,C.,R. Relative sea-level changes in the last 5500 years in southern Brazil Laguna–Imbituba region, Santa Catarina State/ based on vermetid ¹⁴C ages. **Marine Geology**, v. 129, 1999, p.323-339.

BAGNOLD, R., A. **The physics of blown and desert dunes**. Chapman and Hall, 1941. 265p.

BOHLING, G. **KRIGING**. Kansas Geological Survey, outubro 2005. Disponível em: <<http://people.ku.edu/~gbohling/cpe940/Kriging.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2012.

BROCK, J., C.; PURKIS, S., J. The emerging role of lidar remote sensing in coastal research and resource management. **Journal of Coastal Research**, West Palm Beach, Florida, special issue, n.53, 2004, p. 1-5.

CALDARA, M.; CAPOLONGO, D.; DAMATO, B.; PENNETA, L. La tecnologia laser scanning terrestre può essere utile per il monitoraggio delle difese costiere? **Italian Journal of Engineering Geology and Environment**, Roma, v.1, n.6, 2006, p. 35-49.

CALLIARI, L.; PEREIRA, P.,S.; DE OLIVEIRA, A.O.; FIGUEIREDO, S.,A.; Variabilidade das dunas frontais no litoral norte e médio do Rio Grande do Sul. **Revista Gravel**, Porto Alegre, n. 3, novembro 2005. p.15-30.

CALLIARI, L., J.; TOLDO Jr, E.; E. NICOLODI, J.L. Classificação Geomorfológica. MUEHE, D.; In: Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2006 p. 438-444.

CALLIARI, L.J.; GUEDES, R.M.C.; PEREIRA, P.S.; LÉLIS, R.F.; ANTIQUEIRA, J.A.; FIGUEIREDO, S.A. Perigos e riscos associados a processos costeiros no litoral sul do Brasil (rs): uma síntese. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v.14. 2010, p. 51-63.

CAMARGO, O., A.; SILVA, F., J., L.; CUSTODIO, R., S., GRAVINO, N. **Atlas eólico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria de Energia Minas e Comunicações, 2002. 70p.

CLARKE, K.R., GORLEY, R.N. *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. *PRIMER-E*, Plymouth, 2006.

CLARKE, K.,R.; WARWICK, R.,M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. *PRIMER-E*, Plymouth, 2001.

DILLENBURG, S.R.; TOMAZELLI, L., J.; MARTINS, L., R.; BARBOZA, E., G. Modificações de longo período da linha de costa das barreiras costeiras do Rio Grande do Sul. **Revista Gravel**, Porto Alegre, n. 3, novembro 2005. p. 9-14.

DILLENBURG, S., R.; BARBOZA, E., G.; TOMAZELLI, L., J.; LIMA, L., G. DE; BECKER, J., E., G. A Barreira Costeira de Dunas Altas no Litoral Médio do Rio Grande do Sul: um exemplo de barreira agradacional ou estacionária. In: XI CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUARTENÁRIO, 2007. Anais... Belém: ABEQUA, 2007.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. **Especificações de cartas da OHI: seção 300 – Topografia**. Organização Hidrográfica Internacional. Rio de Janeiro, 1992.

FRYBERGER, S.G., DEAN, G. Dune forms and wind regime. In: Mckee, E.D., A Study of Global Sand Seas: USGS, Professional Paper, vol. 1052, pp. 137–169, 1979.

FIGUEIREDO, S., A; CALLIARI, L. Sangradouros: Distribuição espacial, variação sazonal, padrões morfológicos e implicações no gerenciamento costeiro. **Revista Gravel**, Porto Alegre, n. 3, novembro 2005. p. 47-57.

FONTOURA, J.,A.S. Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da Barra do Rio Grande, RS, Brasil. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

GOLDEN SOFTWARE. Surfer 11: Powerful contouring, gridding, and 3D surface mapping software for scientists and engineers. Disponível em: <<http://www.goldensoftware.com/products/surfer/surfer.shtml>>. Acesso em 15 jul. 2012.

GOOGLE STREET VIEW. Explore o mundo no nível da rua. Disponível em: <www.google.com/streetview>. Acesso em: 02 de dez. 2012.

GRAY JS, ASCHAN M, CARR MR, CLARKE KR, GREEN RH, PEARSON TH, ROSENBERG R, WARWICK RM (1988) Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundfjord and in a mesocosm experiment. **Marine Ecology Progress Series**, Oldendorf/Luhe, v. 46, junho 1988, p. 151-165.

GRUBER, N.,L.,S. A antepraia na região de Tramandaí , RS. 2002. 221 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

HESP, P., A. Morphology, dynamics and internal stratification of some established foredunes in southeast Australia. **Sedimentary Geology**, Amsterdam, n.55, 1988, p. 17-41.

HESP, P.,A. Coastal Dunes. Forest Research (Rotorua) and NZ Coastal Dune vegetation Network (CDVN), 2000. 28pp.

HESP, P.A., DILLENBURG, S.R., BARBOZA, E.G., CLEROT, L.C.P., TOMAZELLI, L.J., AYUP-ZOUAIN, R.N. Morphology of the Itapeva to Tramandaí transgressive dunefield barrier system and mid- to late Holocene sea level change. **Earth Surface Processes and landforms** 32, 2007, p. 407–414.

HESP, P.A.; MARTINEZ, M.,L. Transverse dune trailing ridges and vegetation succession. **Geomorphology**, v. 99, 2008, p. 205-213.

HSU, S., A. Boundary-layer meteorological research in the coastal zone. In. WALKER, H.,J. Geoscience and man, **Research Techniques in Coastal Environments**, Louisiana State University, 1977, p. 99-111.

IBGE. Censo 2010 Instituto brasileiro de geografia e estatística. Disponível em: <censo.2010.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 de dez. 2012.

IBGE. Modelo de ondulação geoidal. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm>. Acesso em: 02 jul. 2012.

INTERNATIONAL HURRICANE RESEARCH CENTER. Lidar. Disponível em: <<http://lidar.ihrc.fiu.edu>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

MANLY, B.F.J. Multivariate statistical methods: a primer. London: Chapman & Hall, 1994. 215p.

MARTINS, L.R., 1967. Aspectos deposicionais e texturais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. **Publicação Especial da Escola de Geologia**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre v. 13, 102 p.

MARTINHO, C.T. Morfodinâmica e evolução de campos de dunas transgressivos quaternários do litoral do Rio Grande do Sul. 2008. Tese (Doutorado em Geociências) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2008.

MARTINHO, C., T.; HESP, P., A.; DILLENBURG, S., R. Morphological and temporal variations of transgressive dunefields of the northern and mid littoral Rio Grande do Sul coast, Southern Brazil. **Geomorphology**, v. 117, p. 14-32, 2010

NICOLODI, J.L.; SIEGLE, E.; RECHDEN FO., R. e CORRÊA, I.C.S. Análise sedimentológica do pós-praia no Rio Grande do Sul. In: Martins, L.R., Toldo Jr., E.E., Dillenburg, S.R (eds). Erosão Costeira: Causas, análise de risco e sua relação com a gênese de depósitos minerais Porto Alegre 2002.

OPTECH. **ALTM 2050 Airborne laser terrain mapper - The ultimate in performance**. Disponível em: <http://www.nts-info.com/inventory/images/ALTM_2050Optech.Ref702.pdf>. Acesso em: 27 set. 2012.

OPTECH. Application of lidar technology: Pipeline mapping. In: _____. **Field notes**. Vaughan, 2006. Disponível em: <http://www.optech.ca/pdf/Fieldnotes/altm_pipeline.pdf>. Acesso em: 15 out. 2012.

PALMA, C., B. Estrutura e fenologia floral da vegetação herbácea de dunas frontais no Parque Estadual de Itapeva, Torres, Rio Grande do Sul. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

PEARCE, K.I., WALKER, I.J. Frequency and magnitude biases in the 'Fryberger' model, with implications for characterizing geomorphically effective winds. **Geomorphology**, v. 68, p. 39–55, 2005.

PEREIRA, P.S.; CALLIARI, L.J.; BARLETTA, R. C. Heterogeneity and homogeneity of Southern Brazilian beaches: A morphodynamic and statistical approach. **Continental Shelf Research**, n. 30, 2010, p. 270-280.

PLYMOUTH MARINE LABORATORY. PRIMER-E: Multivariate statistics for ecologists. Disponível em: <<http://www.primer-e.com/>>. Acesso em: 05 out. 2012.

PORTZ, L., C. Contribuição para o estudo do manejo de dunas caso das praias de Osório e Xangri-lá, litoral norte do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARROIO DO SAL. Disponível em: <<http://www.arroiodosal.rs.gov.br/>>. Acesso em: 02 de dez. 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TERRA DE AREIA. Disponível em: <www.terradeareia.rs.gov.br>. Acesso em: 02 de dez. 2012.

RAUDKIVI, A., J. Loose boundary hydraulic. New York: Pergamon Press, 1990, 538 p.

ROBETSON, W., V.; WHITMAN, D.; ZHANG, K.; LEATHERMAN, S., P. Mapping shoreline position using airborne laser altimetry. **Journal of Coastal Research**, West Palm Beach, Florida, v.20, n.3, 2004, p. 884-892.

SAYE, S., E.; VAN DER WAL, D.; PYE, K.; BLOTT, S., J. Beach–dune morphological relationships and erosion/accretion: An investigation at five sites in England and Wales using LIDAR data. **Geomorphology**, v. 72, 2005, p. 128-155.

SEELIGER, U. A flora das dunas costeiras. SEELIGER, U.; ODEBRECHT C.; CASTELLO J., P. In: Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul. Rio Grande, Ecoscientia, 1998 p. 109-114.

SEELIGER, U. Coastal foredunes os southern Brazil: physiography, habitats and vegetation. In: SEELIGER, U.; Coastal vegetation os Latin America. San Diego, Academic, 1992, p. 367-381.

SEELIGER, U.; CORDAZZO, C.; BARCELLOS, L. **Areias do Albardão, um guia ecológico ilustrado do litoral no extremo sul do Brasil**. Rio Grande, Ecoscientia, 2004. 96 p.

SEOANE, C., L.V.; FERNÁNDEZ, J., B., G.; PASCUAL, C., V. **Manual de restauración de dunas costeras**. Cantabria, Artes Gráficas Quinzanos, 2007. 251 p.

SHORT, A, D.; HESP, P., A. **Coastal engineering and morphodynamic assessment of the coast within the south east coast protection district, south Australia. Final Report**. South Australiacoast protection board, Adelaide, 1980, 233 p.

SHORT, A, D.; HESP, P., A. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. **Marine Geology**, Amsterdam, Holanda, v.48, 1982, p. 259-284.

SHORT, A,D.; Holocene coastal dune formation in southern Australia: A case study. **Sedimentary Geology**, v. 55, 1988, p. 121-142

STOCKDON, H., F.; SALLENGER Jr., A., H.; LIST, J., H.; HOLMAN, R., A. Estimation os shoreline position and change using airborne topographic lidar data. **Journal of Coastal Research**, West Palm Beach, Florida, v.18, n.3, 2002, p. 502-513.

STROHAECKER, T., M.; TOLDO, E. Medidas não estruturais de proteção à costa: o caso de município de Capão da Canoa no litoral norte do estado do Rio Grande do Sul (Brasil). In: 12

Encuentro de Geógrafos de América Latina, 2009, Montevideo. **Anais eletrônicos ...** Montevideo, UY, 2009. Disponível em: <<http://egal2009.easyplanners.info/>>. Acesso em: fev. 2012.

STRAUCH, J., C.; CUCHIARA, D., C.; TOLDO, E., E., Jr.; ALMEIDA, L., E., S., B. O padrão de ondas de verão e outono no litoral sul e norte do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.14, n.4, 2009, p. 29-37.

TABAJARA, L., L., C., A; ALMEIDA, L., E., S., B.; MARTINS, L., R. Morfodinâmica bi-tridimensional da praia e zona de surfe intermediária-dissipativa do litoral norte do RS. **Gravel**, v.6, n.1, 2008, p.81-97.

TABAJARA, L., L.; GRUBER, N., L., S.; DILLENBURG, S., R.; AQUINO, R. Vulnerabilidade e classificação das dunas da praia de Capão da Canoa, litoral norte do Rio Grande do Sul. **Gravel**, n. 3, 2005, p. 71 – 84.

TIWARI, P., S.; PANDE, H. LIDAR Remote Sensing Applications in Automated Urban Feature Extraction . WANG,C-C.; In: Laser scanning, theory and applications.Rijeka, InTech, 2011 p. 61-75.

TOLDO Jr, E.; ALMEIDA, L., E., S., B.;E. NICOLODI, J.L.; MARTINS, L.,R. Erosão e acreção da zona costeira. MUEHE, D.; In: Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2006 p. 468-475.

TOLDO Jr, E.; ALMEIDA, L., E.; DILLENBURG. S., R.; TABAJARA, L.,L.; FERREIRA, E.,R.; BORGHETTI, C. Parâmetros morfodinâmicos e deriva litorânea da praia de Tramandaí – RS. **Geosul**, n.15, ano VIII, 1993.

TOMAZELLI. L., J. O regime dos ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa em Geociências**, Porto Alegre, n. 20, 1993, p. 18-26.

TOMAZELLI, L.,J.; VILLWOCK, J., A. Considerações Sobre o Ambiente Praial e a Deriva Litorânea de Sedimentos ao Longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v.19, 1992, p. 3-12.

TOMAZELLI. L., J.; VILLWOCK, J., A. O cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da planície costeira. HOLTZ, M.; ROS, L.,F.; In: Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000. p. 575 – 599.

TOMAZELLI. L., J.; VILLWOCK, J., A. Mapeamento geológico da planície costeira: O exemplo da costa do Rio Grande do Sul. Gravel, Porto Alegre, n. 3, 2005, p.109-115.

TRAVESSAS, F., A.; DILLENBURG, S.,R; CLEROT, L.,C.,P. Estratigrafia e evolução da barreira holocênica do Rio Grande do Sul no trecho Tramandaí-Cidreira. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.57, 2005, p. 57-73

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE. Laboratório de tecnologia de geoinformação - C3 . Cartograma de ondulação geoidal do litoral norte do RS. [Rio Grande], 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE. Laboratório de tecnologia de geoinformação - C3. Disponível em: <http://ltgeo.c3.furg.br/>. Acesso em: 24 de out. 2002.

UNIVERSITY OF HOUSTON. NCALM: The nacional center for airborne laser mapping. Disponível em:<<http://www.ncalm.cive.uh.edu/>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. Airborne LIDAR Topographic Surveying. In: Engineering and Design PHOTOGAMMETRIC MAPPING. EM 1110-1-1000. Washington, DC: CECW-EE; 2002. 11:1-11:5.

VICINI, L. Análise multivariada da teoria à prática. 2005. 215 f. Monografia (Especialização em Estatística e Modelagem Quantitativa) – Departamento de Estatística, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

WEBSTER, T., L.; FORBES, D., L.; MACKINNON, E.; ROBERTS, D. Flood-risk mapping for storm-surge events and sea-level rise using lidar for southeast New Brunswick. **Canadian Journal of Remote Sensing**, Ottawa, v. 32, n. 2, 2006, p. 194 – 211.

WEHR, A.; UWE, L. Airborne laser scanning—an introduction and overview. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, n.54, 1999, p. 68-82.

WEIBEL, R. & HELLER, M. Digital Terrain Modeling. MAGUIRE, D.J., GOODCHILD, M.F. AND RHIND, D.W. In: Geographical Information Systems: Principles and Applications. London: Longman, 1991, 269-297.

WENTWORTH, K., C. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, v. 30. n.5. p.377-392, ago. 1922.

WESCHENFELDER, J.; ZOUAIN, R., N., A. Variabilidade morfodinâmica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS, Brasil. **Pesquisa em Geociências**, v.29,2002, p.3-13.

WRIGHT, L.D., SHORT, A.D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. **Marine Geology**, v. 56. p. 93-118, abril 1984.

ZHANG, K. Analysis of non-linear inundation from sea-level rise using LIDAR data: a case study for South Florida. **Climatic Change**, 106, 2010, p. 537-565.

ZHANG, K.; ZHENG, C. **Airborne LIDAR data processing and analysis tools ALDPAT 1.0**. Nacional center for airbourne laser mapping, abril 2007. Disponível em:<<http://lidar.ihrc.fiu.edu/download/Doc/ALDPAT.pdf>>. Acesso em 12 dez. 2011.

Planilha1

PRAIA	EQUIVALENTE NUMERICO ANALISES ANEXO 5.1		
1	DUNAS ALTAS	PALMARES DO SUL	
2	SANTA RITA		
3	FRADE		
4	REI DE PEIXE		
5	CENTRO (PIONEIROS)		
6	CAMPO DUNAS		
7	RUA BAGÉ ATÉ GETÚLIO VARGAS	PINHAL	
8	RUA VENÂNCIO AIRES ATE TIPIO		
9	AV BRASIL ATE TRAVESSA 45		
10	TRAVESSA 43 ATE AV PAMPA		
11	AV PAMPA ATE AV JOSE KRAUER		
12	TRAVESSA SÃO LUCAS ATE RUA GARÇA		
13	COSTA DO SOL	CIDREIRA	
14	ZONA A		
15	CENTRO		
16	NAZARÉ		
17	SALINAS		
18	CAMPO DUNAS		
19	CAMPO DUNAS		
20	TIARAJÚ		
21	JARDIM DO ÉDEM		
22	JARDIM ATLÂNTICO		
23	OÁSIS SUL		
24	NOVA TRAMANDAÍ PLANO B		
25	NOVA TRAMANDAÍ PLANO A		
26	TRAMANDAÍ SUL		
27	ZONA NOVA EXTENSÃO SUL		
28	ZONA NOVA SUL		
29	ZONA NOVA		
30	CENTRO	TRAMANDAÍ	
31	BARRA		
32	BALNEÁRIO IMBÉ	IMBÉ	
33	ECADEMAR		
34	MORADA DO SOL		
35	PRESIDENTE		
36	RIVIERA		
37	IPIRANGA		
38	NORDESTE		
39	MARILUZ		
40	MARILUZ PLANO B		
41	MARILUZ PLANO C		
42	HARMONIA		
43	MARILUZ NORTE		
44	ALBATROZ		
45	MARISUL		
46	SANTA TEREZINHA		
47	SANTA TEREZINHA NORTE		
48	IMARA		OSÓRIO
49	ATLANTIDA SUL		
50	MARIÁPOLIS		
51	XANGRI-LÁ	CCI	
52	CCI		

Planilha1

53	ENARA	
54	ATLÂNTIDA	XANGRI-LÁ
55	NAVEGANTES	
56	CENTRO	
57	ZONA NOVA	
58	ARAÇA	
59	ARCO ÍRIS	
60	GUARANI	
61	ZONA NORTE	
62	JARDIM BEIRA MAR	
63	PRAIA DO BARCO	
64	CAPÃO NOVO	
65	ARROIO TEIXEIRA	
66	CONCEIÇÃO	
67	ARROIO TEIXEIRA GLEBA B	
68	CURUMIN	CAPÃO DA CANOA
69		TERRA DE AREIA
70	R STA CRUZ ATÉ MANOEL ALVES PEREIRA	
71	RUA CASTELO BRANCO ATÉ AMAZONAS	
72	607825_6728094*	
73	AV ASSIS BRASIL ATÉ R VINTE CINCO ABRIL	
74	RUA A ATÉ TANCREDO NEVES	
75	RUA TANCREDO NEVES ATÉ D	
76	RUA D ATÉ S	
77	RUA A ATÉ RUA FARROUPILHA	
78	RUA H ATÉ 1425 BRASÍLIA	
79	RUA DOS VENTOS ATÉ FARROUPILHA	ARROIO DO SAL
80	PARAÍSO	
81	REAL	
82	ESTRELA DO MAR	
83	SANTA HELENA	
84	WEBBER	
85	RECREIO	
86	PETRÓPOLIS	
87	YARA	
88	GAÚCHA ANEXO	
89	GAÚCHA	
90	CASQUEIRO	
91	TUPYNAMBÁ	
92	PRAIA RIVIERA	
93	CONDOMINIO OCEAN SIDE	
94	LAGOA DO JARDIM	
95	ITAPEVA SUL	
96	TORRES TUR	
97	ITAPEVA III ETAPA	
98	ITAPEVA	
99	PARQUE ESTADUAL DE ITAPEVA	
100	PARQUE NACIONAL DA GUARITA	
101	PRAIA DA CAL	
102	PRAINHA	
103	PRAIA GRANDE	TORRES

Planilha1

	1	2	3	4	5	6
PRAIAS						
Mz (phi)	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
Am (%)	35	35	35	35	35	35
DECLIVIDADE (%)	3,75	2,91	3,15	3,35	3,1	3,34
LARGURA MÉDIA (m)	61,92	61,33	56,31	59,94	58,67	55,47
VAR.VOL (m³/m)	23,89620622	15,8	18,76205405	16,90560737	16,72025686	12,10442154
POTENCIAL DERIVA VENTO	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17
AZIMUTE LINHA COSTA (GRAUS)	17,872878	16,310833	17,5893	18,6659	18,6931	19,5497
ALTURA DUNAS FRONTAIS	7,66	6,76	6,01	5,55	4,99	4,57

ANEXO 5.1

Planilha1

7	8	9	10	11	12	13
2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24
25	25	25	25	25	25	25
2,46	3,04	3,43	5,16	5,04	3,15	3,65
65,9	79,55	64,19	36,49	51,14	87,16	75,97
12,4370402	13,80760494	13,18956495	14,60089312	12,1369462	13,54862181	15,06221043
39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17
20,3182	19,5056	18,8366	18,3273	20,2118	18,9042	18,3844
6,52	4,51	4,17	4,85	3,87	3,39	4,1

Planilha1

14	15	16	17	18	19	20	21	22
2,24	2,24	2,24	2,24	2,49	2,49	2,49	2,49	2,49
25	25	25	25	8	8	8	8	8
3,55	4,42	3,92	3,4	4,37	3,5	2,96	2,94	3,86
72,93	60,54	70,04	65,32	62,92	68,92	74,6	66,55	78,63
11,02970692	11,47226517	12,23054761	14,4461315	13,42610179	13,680816	15,09200763	12,83371091	12,18781282
39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17
18,5734	19,3034	17,9681	18,6136	19,5475	19,8722	19,916	25,3685	27,0873
3,73	4,26	3,68	6,49	3,82	5,67	5,44	3,57	3,22

Planilha1

23	24	25	26	27	28
2,49	2,49	2,49	2,49	2,26	2,26
8	8	8	8	22	22
4,63	4,69	4,49	3,71	3,63	4,36
65,2	64,7	63,38	78,37	73,4	59,77
16,93487963	12,94150698	14,12742438	12,8836699	14,4363554	12,57657466
39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17
20,5679	19,5455	22,2567	20,7866	20,5231	21,973
4,07	3,99	4,46	3,37	3,72	4,19

Planilha1

29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
2,26	2,26	2,26	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19
22	22	22	30	30	30	30	30	30	30
3,9	5,59	7,04	4,43	2,55	2,84	2,56	2,73	2,39	3,44
64,16	39,53	42,62	47,67	56,25	49,26	54,6	51,3	58,7	50,89
12,64440038	9,671827	22,48323042	9,64444275	10,33376047	21,90959804	13,39458008	19,33683113	15,18313789	15,18194295
39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17
21,616	19,7736	24,652	24,1627	18,1388	23,3021	23,6631	21,5044	21,9228	28,0748
4,27	4,23	6,31	6,88	3,81	4,17	4,02	5,01	5,18	4,9

Planilha1

39	40	41	42	43	44	45	46
2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19
30	30	30	30	30	30	30	30
2,86	3,74	3,09	2,83	3,2	3,03	2,45	2,28
66,85	49,41	60	56,45	42,55	44,58	55,2	59,525
18,18923923	15,55705796	11,70875619	11,68595641	13,27336541	10,50020964	10,11152255	14,68326894
39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17
19,1512	25,7735	20,8734	21,511	22,9597	23,3331	21,7019	24,0434
5,23	5,37	4,37	3,6	5,02	4,15	4,07	3,64

Planilha1

47	48	49	50	51	52	53	54	55
2,19	2,19	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,22
30	30	45	45	45	45	45	45	27
3,05	3,67	3,33	3,33	3,58	3,19	3,19	3,23	3,08
44,82	36,35	32,155	54,97	44,79	42,3	42,13	57,86	53,5
14,11242615	12,31021183	13,30383902	11,562816	12,59115323	12,14234058	11,13486063	11,8406795	12,95468893
39,17	39,17	39,17	39,17	20	20	20	20	20
23,3231	23,4807	23,2184	22,8659	25,1266	20,8593	27,8215	24,3651	24,9996
3,67	4,66	4,44	4,26	4,48	3,57	3,52	4,03	3,79

Planilha1

56	57	58	59	60	61	62	63	64
2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22
27	27	27	27	27	27	27	27	27
3	3,95	3,19	3,53	3,86	3,6	3,48	3,31	3,76
55,95	42,58	43,29	42,35	46,8	49,99	53,58	50,86	45,78
10,62425292	12,32117521	11,05246569	9,77555136	10,25654135	12,71498335	10,68920031	11,6842145	12,81901002
20	20	20	20	20	20	20	20	20
24,8256	26,2091	26,1332	26,662	26,222	26,5764	26,7761	26,4237	27,4642
4,21	3,82	3,53	3,25	3,29	3,66	3,35	4,06	3,81

Planilha1

65	66	67	68	69	70	71	72	73
2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22
27	27	27	27	27	27	27	27	27
3,49	1,46	3,26	3,12	3,18	3,15	3,06	2,85	3,52
51,55	133,8	60,85	55,9	53,18	65,05	66,6	59,2	55,95
12,28678063	11,46393443	14,95285214	11,02650442	11,53611573	11,1297539	11,79414998	9,81041243	11,75075362
20	20	20	20	20	20	20	20	20
28,778	24,9157	28,872	28,1845	30,1676	31,7762	31,7316	33,0095	33,0095
3,94	3,53	3,66	3,67	3,56	3,91	3,36	3,4	3,53

Planilha1

74	75	76	77	78	79	80	81
2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,28	2,28
27	27	27	27	27	27	7	7
3,01	3,03	3,67	3,39	3,59	3,71	3,0889841	3,04093912
50,93	67,26	48,92	49,62	55,66	55,3	49,14	50,56
11,46827622	10,97646682	11,28974544	10,59598909	10,694308	10,63273404	10,92259608	11,02047853
20	20	20	20	20	20	20	20
33,5311	32,5365	30,3781	33,336	34,13	34,3996	35,2415	34,9525
3,33	3,06	2,76	3,41	3,98	3,71	3,3	3,84

Planilha1

82	83	84	85	86	87	88	89	90
2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
7	7	7	7	7	7	7	7	7
4,21426693	4,43	3,49	3,39	3,52	3,85	4,15	2,8	2,99
45,28	40,96	51,69	53,1	51,1	47,51	43,33	69,2	65,3
12,13601615	9,39361952	10,65098669	8,73828133	13,97569291	13,56869179	14,10634379	9,03427654	10,51868392
20	20	20	20	20	20	20	20	20
35,37027	35,8359	35,5707	34,9973	33,9281	35,0523	32,9511	37,1106	35,2904
3,46	3,4	3,76	3,78	3,72	3,83	3,97	3,65	3,65

Planilha1

91	92	93	94	95	96	97	98
2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
7	7	7	7	7	7	7	7
3,16	2,82	4,04	2,77	2,9	3,29	3,2	3,24
61,7	71,85	48,24	70,3	67,3	59,2	61	56,1
9,54130459	10,90175818	12,11030127	9,19901896	10,42788257	11,83587631	13,08478088	11,75727065
20	20	20	20	20	20	20	20
32,2909	37,452	34,4802	39,9386	28,5738	33,5616	34,5466	36,6413
3,4	3,46	3,65	3,17	3,28	3,18	3,75	3,55

Planilha1

99	100	101	102	103
2,28	2,28	2,29	2,18	2,28
7	7	21	9	7
3,52	4,93	4,37	4,45	3,49
50,24	38,6	32,275	35,23	61,24
11,90018457	6,6858147	12,41943719	6,69985599	13,46516203
20	20	20	20	20
36,8219	69,8	26,8367	35,6778	32,918
4,11	4,82	3,14	1,79	4,06

ANEXO 5.2

PRIMER 29/10/2012

CLUSTER

Hierarchical Cluster analysis

Similarity Matrix

File: C:\DISSERTACAO\PLANILHA DADOS\PLANILHA ESTATISTICAS\ANALISES PRIMER
DISSERTACAO.sid

Data type: Distances

Sample selection: All

Parameters

Cluster mode: Group average

Use data ranks: No

Samples

1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34

35 35
36 36
37 37
38 38
39 39
40 40
41 41
42 42
43 43
44 44
45 45
46 46
47 47
48 48
49 49
50 50
51 51
52 52
53 53
54 54
55 55
56 56
57 57
58 58
59 59
60 60
61 61
62 62
63 63
64 64
65 65
66 66
67 67
68 68
69 69
70 70
71 71
72 72
73 73
74 74
75 75
76 76
77 77
78 78
79 79
80 80
81 81
82 82
83 83
84 84
85 85
86 86
87 87
88 88
89 89
90 90
91 91

92 92
93 93
94 94
95 95
96 96
97 97
98 98
99 99
100 100
101 101
102 102
103 103

Combining

78+79 -> 104 at 0,06
18+24 -> 105 at 0,08
82+93 -> 106 at 0,09
68+69 -> 107 at 0,1
57+64 -> 108 at 0,1
71+75 -> 109 at 0,1
63+65 -> 110 at 0,11
97+103 -> 111 at 0,11
4+5 -> 112 at 0,11
86+87 -> 113 at 0,11
81+84 -> 114 at 0,11
28+29 -> 115 at 0,12
74+77 -> 116 at 0,12
61+110 -> 117 at 0,12
73+104 -> 118 at 0,12
59+60 -> 119 at 0,13
90+92 -> 120 at 0,13
96+98 -> 121 at 0,13
89+94 -> 122 at 0,13
14+16 -> 123 at 0,13
38+40 -> 124 at 0,14
80+114 -> 125 at 0,14
62+107 -> 126 at 0,14
55+117 -> 127 at 0,16
70+109 -> 128 at 0,17
35+46 -> 129 at 0,17
99+125 -> 130 at 0,17
58+119 -> 131 at 0,17
88+113 -> 132 at 0,17
116+118 -> 133 at 0,18
3+112 -> 134 at 0,18
19+20 -> 135 at 0,18
41+42 -> 136 at 0,18
25+105 -> 137 at 0,18
91+95 -> 138 at 0,18
106+132 -> 139 at 0,18
33+45 -> 140 at 0,18
13+27 -> 141 at 0,19
126+127 -> 142 at 0,19
120+122 -> 143 at 0,19
111+121 -> 144 at 0,19
72+128 -> 145 at 0,2

15+115 -> 146 at 0,21
9+123 -> 147 at 0,21
43+48 -> 148 at 0,21
34+36 -> 149 at 0,21
56+142 -> 150 at 0,22
8+141 -> 151 at 0,23
136+140 -> 152 at 0,23
23+137 -> 153 at 0,23
130+144 -> 154 at 0,24
108+131 -> 155 at 0,24
39+134 -> 156 at 0,25
138+143 -> 157 at 0,26
12+151 -> 158 at 0,26
133+145 -> 159 at 0,26
22+26 -> 160 at 0,26
51+53 -> 161 at 0,27
150+155 -> 162 at 0,27
146+147 -> 163 at 0,27
2+156 -> 164 at 0,28
139+154 -> 165 at 0,28
52+161 -> 166 at 0,28
37+129 -> 167 at 0,28
44+148 -> 168 at 0,29
7+17 -> 169 at 0,29
6+152 -> 170 at 0,29
76+162 -> 171 at 0,3
47+168 -> 172 at 0,3
21+160 -> 173 at 0,3
85+157 -> 174 at 0,32
159+171 -> 175 at 0,33
54+166 -> 176 at 0,33
158+163 -> 177 at 0,33
67+175 -> 178 at 0,36
167+170 -> 179 at 0,36
11+30 -> 180 at 0,37
124+172 -> 181 at 0,38
165+174 -> 182 at 0,4
153+173 -> 183 at 0,41
149+164 -> 184 at 0,42
10+180 -> 185 at 0,43
179+181 -> 186 at 0,45
135+183 -> 187 at 0,45
83+182 -> 188 at 0,47
50+186 -> 189 at 0,49
1+184 -> 190 at 0,5
169+177 -> 191 at 0,51
189+191 -> 192 at 0,56
176+178 -> 193 at 0,61
190+192 -> 194 at 0,61
32+185 -> 195 at 0,62
101+193 -> 196 at 0,66
194+195 -> 197 at 0,71
49+197 -> 198 at 0,81
102+188 -> 199 at 0,9
196+198 -> 200 at 0,91
187+199 -> 201 at 0,96
31+200 -> 202 at 1,11

100+201 -> 203 at 1,18
66+202 -> 204 at 1,26
203+204 -> 205 at 1,51

Outputs

Plot: Plot2

PRIMER 29/10/2012

MDS Non-metric Multi-Dimensional Scaling

Similarity Matrix

File: C:\DISSERTACAO\PLANILHA DADOS\PLANILHA ESTATISTICAS\ANALISES PRIMER
DISSERTACAO.sid
Data type: Distances
Sample selection: All

Best 3-d configuration (Stress: 0,04)

Sample	1	2	3
1	-1,17	-0,85	0,11
2	-1,04	-0,53	-0,11
3	-1,02	-0,50	0,02
4	-0,94	-0,40	-0,01
5	-0,92	-0,35	-0,03
6	-0,84	-0,14	-0,02
7	-0,61	-0,48	-0,31
8	-0,50	-0,44	-0,29
9	-0,48	-0,33	-0,09
10	-0,56	-0,35	0,61
11	-0,41	-0,27	0,28
12	-0,46	-0,43	-0,48
13	-0,49	-0,49	-0,20
14	-0,43	-0,34	-0,28
15	-0,42	-0,34	0,07
16	-0,44	-0,39	-0,17
17	-0,59	-0,57	-0,02
18	0,79	-0,84	0,07
19	0,73	-0,95	-0,11
20	0,72	-0,97	-0,26
21	0,89	-0,64	-0,19
22	0,93	-0,68	-0,20
23	0,77	-0,92	0,17
24	0,79	-0,86	0,09
25	0,81	-0,80	0,11
26	0,82	-0,83	-0,21
27	-0,32	-0,42	-0,17
28	-0,30	-0,31	0,07
29	-0,32	-0,33	-0,03
30	-0,30	-0,22	0,68
31	-0,40	-0,69	0,97
32	-0,71	-0,16	0,57
33	-0,75	-0,14	-0,30
34	-0,83	-0,41	0,24
35	-0,69	-0,09	-0,08
36	-0,83	-0,39	0,10
37	-0,78	-0,28	-0,13
38	-0,66	-0,13	0,18
39	-0,82	-0,48	-0,15
40	-0,71	-0,20	0,23
41	-0,67	-0,16	-0,09

42	-0,67	-0,08	-0,13
43	-0,73	-0,11	0,22
44	-0,68	0,01	0,15
45	-0,71	-0,06	-0,23
46	-0,70	-0,13	-0,27
47	-0,70	-0,05	0,12
48	-0,71	-0,03	0,41
49	-1,21	0,12	0,45
50	-1,08	0,04	-0,03
51	-0,85	0,67	0,09
52	-0,90	0,70	0,10
53	-0,77	0,81	0,07
54	-0,83	0,63	-0,17
55	-0,35	0,40	-0,06
56	-0,34	0,42	-0,13
57	-0,32	0,49	0,20
58	-0,31	0,54	0,11
59	-0,27	0,62	0,17
60	-0,28	0,56	0,12
61	-0,32	0,45	0,04
62	-0,29	0,51	-0,04
63	-0,33	0,44	0,00
64	-0,31	0,48	0,12
65	-0,30	0,47	-0,01
66	-0,25	0,32	-1,39
67	-0,31	0,42	-0,23
68	-0,29	0,49	-0,11
69	-0,28	0,53	-0,08
70	-0,25	0,53	-0,25
71	-0,24	0,54	-0,29
72	-0,22	0,63	-0,22
73	-0,24	0,57	-0,10
74	-0,24	0,63	-0,07
75	-0,22	0,59	-0,32
76	-0,23	0,65	0,04
77	-0,23	0,64	-0,02
78	-0,23	0,60	-0,11
79	-0,22	0,62	-0,09
80	1,33	0,13	0,03
81	1,31	0,08	0,02
82	1,32	0,09	0,24
83	1,36	0,26	0,29
84	1,32	0,09	0,04
85	1,34	0,19	-0,04
86	1,28	-0,05	0,13
87	1,30	0,00	0,21
88	1,28	-0,02	0,32
89	1,36	0,12	-0,29
90	1,32	0,03	-0,18
91	1,31	0,04	-0,16
92	1,35	0,04	-0,28
93	1,30	0,04	0,18
94	1,40	0,18	-0,32
95	1,27	-0,08	-0,25
96	1,30	0,00	-0,06
97	1,29	-0,07	-0,05
98	1,32	0,04	-0,02

99	1,32	0,06	0,10
100	1,72	1,01	0,26
101	0,01	0,60	0,48
102	1,22	0,74	0,67
103	1,27	-0,12	0,00

Best 2-d configuration (Stress: 0,08)

Sample	1	2
1	-1,18	-0,84
2	-1,04	-0,50
3	-1,00	-0,48
4	-0,91	-0,38
5	-0,89	-0,32
6	-0,82	-0,16
7	-0,63	-0,46
8	-0,51	-0,39
9	-0,49	-0,28
10	-0,62	-0,64
11	-0,42	-0,25
12	-0,45	-0,48
13	-0,51	-0,43
14	-0,44	-0,31
15	-0,44	-0,28
16	-0,46	-0,34
17	-0,63	-0,50
18	0,85	-0,78
19	0,82	-0,89
20	0,81	-0,94
21	0,96	-0,60
22	1,00	-0,63
23	0,84	-0,87
24	0,85	-0,80
25	0,87	-0,75
26	0,89	-0,77
27	-0,33	-0,36
28	-0,33	-0,27
29	-0,34	-0,27
30	-0,24	-0,54
31	-0,48	-1,18
32	-0,95	-0,15
33	-0,79	-0,10
34	-0,86	-0,38
35	-0,69	-0,07
36	-0,84	-0,34
37	-0,79	-0,26
38	-0,69	-0,13
39	-0,83	-0,43
40	-0,74	-0,21
41	-0,67	-0,15
42	-0,66	-0,06
43	-0,75	-0,12
44	-0,70	0,00
45	-0,72	-0,03
46	-0,71	-0,10
47	-0,70	-0,05
48	-0,82	-0,02

49	-1,29	0,08
50	-1,06	0,01
51	-0,86	0,59
52	-0,90	0,62
53	-0,80	0,74
54	-0,82	0,59
55	-0,39	0,36
56	-0,38	0,38
57	-0,39	0,43
58	-0,38	0,47
59	-0,35	0,56
60	-0,34	0,49
61	-0,37	0,40
62	-0,34	0,46
63	-0,38	0,39
64	-0,37	0,42
65	-0,36	0,42
66	-0,24	1,47
67	-0,33	0,39
68	-0,34	0,45
69	-0,34	0,48
70	-0,29	0,50
71	-0,27	0,54
72	-0,28	0,61
73	-0,30	0,51
74	-0,31	0,57
75	-0,26	0,61
76	-0,30	0,59
77	-0,31	0,57
78	-0,29	0,54
79	-0,28	0,56
80	1,37	0,10
81	1,36	0,06
82	1,39	0,03
83	1,42	0,30
84	1,36	0,07
85	1,39	0,16
86	1,34	-0,05
87	1,36	-0,03
88	1,36	-0,08
89	1,43	0,17
90	1,38	0,06
91	1,36	0,08
92	1,42	0,09
93	1,36	0,01
94	1,47	0,22
95	1,34	-0,13
96	1,35	0,00
97	1,34	-0,05
98	1,37	0,04
99	1,37	0,03
100	1,81	0,96
101	0,05	0,63
102	1,33	0,91
103	1,32	-0,09

STRESS VALUES

Repeat	3D	2D
1	0,04	0,09
2	0,32	0,08
3	0,05	0,08
4	0,04	0,08
5	0,32	0,12
6	0,06	0,09
7	0,04	0,08
8	0,06	0,08
9	0,04	0,13
10	0,04	0,08

** = Maximum number of iterations used

3-d : Minimum stress: 0,04 occurred 5 times

2-d : Minimum stress: 0,08 occurred 6 times

Outputs

Plot: Plot3

PRIMER 03/10/2012

SIMPER

Similarity Percentages - species contributions

Worksheet

File: C:\Users\win\Desktop\Arquivos\DISSERTAÇÃO\PLANILHA
ESTATISTICAS\ESTATISTICAS LITORAL NORTE.pri
Sample selection: All
Variable selection: All

Parameters

Standardise data: No
Transform: Log(X+1)
Cut off for low contributions: 90,00%
Factor name: PRAIAS GRUPOS

Factor groups

1
4
2
3

Group 1

Average similarity: 97,19

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
LARGURA MÉDIA (m)	56,92	18,40	20,57	18,93	18,93
POTENCIAL DERIVA VENTO	39,17	17,35	78,59	17,85	36,79
Am (%)	29,15	15,50	25,93	15,95	52,74
AZIMUTE LINHA COSTA (GRAUS)	20,96	14,17	30,24	14,58	67,32
VAR.VOL (m ³ /m)	14,19	12,13	21,13	12,48	79,80
ALTURA DUNAS FRONTAIS	4,74	7,69	17,07	7,91	87,71
DECLIVIDADE (%)	3,49	6,49	11,90	6,68	94,38

Group 4

Average similarity: 98,30

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
LARGURA MÉDIA (m)	69,25	20,57	74,99	20,92	20,92
POTENCIAL DERIVA VENTO	39,17	18,10	187,93	18,41	39,33
AZIMUTE LINHA COSTA (GRAUS)	21,66	14,96	57,95	15,21	54,55
VAR.VOL (m ³ /m)	13,79	12,92	64,00	13,14	67,69
Am (%)	8,00	10,77	187,93	10,95	78,64
ALTURA DUNAS FRONTAIS	4,18	7,54	16,99	7,67	86,31
DECLIVIDADE (%)	3,91	7,33	12,57	7,46	93,77

Group 2

Average similarity: 98,01

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
---------	----------	--------	--------	----------	-------

LARGURA MÉDIA (m)	54,46	18,90	30,18	19,28	19,28
Am (%)	29,20	16,23	43,08	16,56	35,84
AZIMUTE LINHA COSTA (GRAUS)	28,54	16,17	34,11	16,50	52,34
POTENCIAL DERIVA VENTO	20,00	14,87	117,79	15,17	67,52
VAR.VOL (m ³ /m)	11,55	12,11	44,04	12,36	79,87
ALTURA DUNAS FRONTAIS	3,61	7,23	24,55	7,38	87,25
DECLIVIDADE (%)	3,33	6,83	9,71	6,97	94,22

Group 3

Average similarity: 97,82

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
LARGURA MÉDIA (m)	54,27	20,01	25,11	20,45	20,45
AZIMUTE LINHA COSTA (GRAUS)	36,48	18,30	52,34	18,70	39,16
POTENCIAL DERIVA VENTO	20,00	15,69	101,88	16,04	55,20
VAR.VOL (m ³ /m)	10,94	12,16	14,21	12,43	67,63
Am (%)	7,09	10,72	101,88	10,96	78,59
ALTURA DUNAS FRONTAIS	3,59	7,50	11,00	7,66	86,25
DECLIVIDADE (%)	3,51	7,34	16,67	7,51	93,76

Groups 1 & 4

Average dissimilarity = 5,34

Species	Group 1		Group 4		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD		
Am (%)	29,15	8,00	2,86	7,21	53,59	53,59
LARGURA MÉDIA (m)	56,92	69,25	0,59	1,30	11,06	64,65
DECLIVIDADE (%)	3,49	3,91	0,49	1,46	9,23	73,88
ALTURA DUNAS FRONTAIS	4,74	4,18	0,47	1,32	8,81	82,69
VAR.VOL (m ³ /m)	14,19	13,79	0,42	1,26	7,81	90,50

Groups 1 & 2

Average dissimilarity = 4,78

Species	Group 1		Group 2		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD		
POTENCIAL DERIVA VENTO	39,17	20,00	1,55	90,53	32,48	32,48
AZIMUTE LINHA COSTA (GRAUS)	20,96	28,54	0,72	1,96	15,09	47,57
LARGURA MÉDIA (m)	56,92	54,46	0,58	1,19	12,14	59,70
ALTURA DUNAS FRONTAIS	4,74	3,61	0,52	1,29	10,93	70,63
VAR.VOL (m ³ /m)	14,19	11,55	0,52	1,23	10,80	81,43
Am (%)	29,15	29,20	0,46	1,25	9,54	90,97

Groups 4 & 2

Average dissimilarity = 7,36

Species	Group 4 Av.Abund	Group 2 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%
Cum. %					
Am (%)	8,00	29,20	2,92	6,86	39,62
39,62					
POTENCIAL DERIVA VENTO	39,17	20,00	1,59	137,04	21,55
61,17					
LARGURA MÉDIA (m)	69,25	54,46	0,76	1,71	10,33
71,50					
AZIMUTE LINHA COSTA (GRAUS)	21,66	28,54	0,67	1,89	9,06
80,56					
DECLIVIDADE (%)	3,91	3,33	0,43	1,27	5,81
86,37					
VAR.VOL (m ³ /m)	13,79	11,55	0,42	1,58	5,70
92,07					

Groups 1 & 3

Average dissimilarity = 8,39

Species	Group 1 Av.Abund	Group 3 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%
Cum. %					
Am (%)	29,15	7,09	3,20	7,65	38,13
38,13					
POTENCIAL DERIVA VENTO	39,17	20,00	1,59	85,56	19,00
57,13					
AZIMUTE LINHA COSTA (GRAUS)	20,96	36,48	1,30	2,81	15,45
72,58					
VAR.VOL (m ³ /m)	14,19	10,94	0,69	1,24	8,19
80,77					
LARGURA MÉDIA (m)	56,92	54,27	0,57	1,35	6,77
87,53					
ALTURA DUNAS FRONTAIS	4,74	3,59	0,57	1,19	6,76
94,30					

Groups 4 & 3

Average dissimilarity = 5,45

Species	Group 4 Av.Abund	Group 3 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%
Cum. %					
POTENCIAL DERIVA VENTO	39,17	20,00	1,63	124,33	29,88
29,88					
AZIMUTE LINHA COSTA (GRAUS)	21,66	36,48	1,24	2,68	22,81
52,69					
LARGURA MÉDIA (m)	69,25	54,27	0,68	1,44	12,44
65,14					
VAR.VOL (m ³ /m)	13,79	10,94	0,60	1,29	11,05
76,19					
DECLIVIDADE (%)	3,91	3,51	0,42	1,49	7,75
83,94					
ALTURA DUNAS FRONTAIS	4,18	3,59	0,42	1,06	7,74
91,68					

Groups 2 & 3

Average dissimilarity = 5,47

Species	Group 2 Av.Abund	Group 3 Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%
Cum. %					
Am (%)	29,20	7,09	3,26	7,31	59,61
59,61					
AZIMUTE LINHA COSTA (GRAUS)	28,54	36,48	0,59	1,29	10,86
70,47					
LARGURA MÉDIA (m)	54,46	54,27	0,56	1,15	10,29
80,76					
VAR.VOL (m ³ /m)	11,55	10,94	0,40	1,18	7,32
88,08					
DECLIVIDADE (%)	3,33	3,51	0,34	1,08	6,16
94,24					