



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA
FÍSICA, QUÍMICA E GEOLÓGICA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO



**SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO DO BALNEÁRIO DO MAR GROSSO,
SÃO JOSÉ DO NORTE, RS: AVALIAÇÃO DE ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS
E MORFODINÂMICOS COM AUXÍLIO DE GEOTECNOLOGIAS.**

Allan de Oliveira de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Lauro Júlio Calliari

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Roney Armanini Tagliani

Rio Grande, RS.
2005



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA
FÍSICA, QUÍMICA E GEOLÓGICA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO DO BALNEÁRIO DO MAR GROSSO,
SÃO JOSÉ DO NORTE, RS: AVALIAÇÃO DE ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS
E MORFODINÂMICOS COM AUXÍLIO DE GEOTECNOLOGIAS.**

Allan de Oliveira de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Lauro Júlio Calliari

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Roney Armanini Tagliani

Rio Grande, RS.
2005

Quando o crepúsculo denuncia a ausência da paz que esperavas encontrar durante o dia, retempera tuas forças e entrega-te ao reconforto do adormecer. Guarde a esperança para o novo dia que surgirá na luz de uma nova aurora, trazendo consigo novas oportunidades para construir a paz que deseavas. Entretanto, não esqueças que a tua paz virá na medida da paz que proporcionas aos teus semelhantes.

Sra. Hamirress – Março de 2004.

Dedico este trabalho a duas forças que me envolvem desde que nasci, incentivando, protegendo, ajudando e tentando semear comigo o dia de amanhã: a fé e a minha família!

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que de alguma maneira me auxiliaram ao longo destes anos em que estive na FURG.

Em primeiro lugar a minha Avó Vilma que aceitou a difícil incumbência de um dia abrir a porta de sua casa e de seu coração e permitir que eu me tornasse seu filho. Avó é para os outros, porque para mim sempre Mãe.

A elas, mulheres extraordinárias, apesar do convívio às vezes turbulento, mas ao mesmo tempo muito afetuoso. Nosso caminho é longo e estou feliz por estar nele com vocês minha irmã Márcia e minha dinda Rosane.

Aos meus pais Maria Reni e Carlos Roberto, pois o mérito também é de vocês, aos meus irmãos Vanessa, Bruno, Thiago e Déborah e todos tios, tias, primos, primas, sobrinho, afilhado, gata, cachorros, ou seja, família.

Ao meu orientador Prof. Dr. Lauro Júlio Calliari pela coragem de um dia ter aceitado me incluir em seu grupo de orientados, e que admiro não só por sua capacidade profissional, mas pela pessoa que é, principalmente por saber que posso considera-lo um amigo. Valeu Lauro!

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Roney Armanini Tagliani, pelas sugestões sempre bem vindas, e claro seu entusiasmo de todo dia nas suas frases características (“Fale criatura!!!”) e tantas outras, e claro por mostrar que um bom orientador e professor também podem ser um bom “*chef du cuisine*”. Muito obrigado pelo apoio e ensinamentos!

Ao Prof. Dr. Carlos Hartmann, meu primeiro orientador e que se manteve disposto a me auxiliar quando necessário, até no momento difícil pelo qual passamos. Nos encontramos nas olimpíadas daqui alguns anos “Caco”.

Ao meu amigo-irmão Luciano, por fazermos parte de um mesmo universo geográfico, pelo apoio, incentivo, pelas brigas e por saber que posso sempre contar com você. Valeu irmão!

A todos os professores e funcionários do Laboratório de Oceanografia Geológica: Prof. Griep, Profa. Izabel, Profa. Luciana Esteves, Prof. Baisch, Prof. Mirlean, as laboratoristas Neuza e Glória, aos secretários Manoel e Clabisnei.

A Estação Meteorológica da FURG por ter disponibilizado os dados utilizados neste trabalho, Lúcia Lanau, José Carlos da Silveira, e a Profa. Dra. Nísia Krusche do DGEO.

Aos colegas e amigos que foram parceiros ao longo dos campos e da literal “gelada” pela qual passamos no monitoramento praias no Mar Grosso: Pedro, Rafael, Gilberto (Milico), Salette, Fernando Hirata, Antikeira, Calliari, Tagliani, Renato Espírito Santo, Manoel, todos vocês foram de fé, sempre lembrarei de todos.

Aos companheiros de jornada universitária ou não: Lisa Ferrareli, Débora Busman, Freddy, Luiz Capotorto, Cristian, Jaqueline (seus florais foram fundamentais), Débora, Raymundo e tantos outros que passaram e deixaram algo a ser observado e avaliado.

Aos companheiros do CHFL Ângela (Guaxinim), Carol (leão-marinho), Stela, Olga, Néli, Altemir, Maria, Lúcia, Fernanda Vergara, Fernanda Alves, Fernanda Medeiros, Susana, Vera, Luciane, Arlete, Simone. Somos uma família, que às vezes se estranha, mas que tem um propósito que nos impulsiona para frente, e que espero não se degradar nunca!

Agradeço aos professores da Geografia da FURG e àqueles que por ventura tenha me esquecido, mas que foram importantes na minha caminhada.

A CAPES pela bolsa de estudo.

Por último, mesmo sem palavras para mencionar o quão importante é para mim, DEUS por permitir que eu, uma parcela vossa, escrevesse este trabalho e por todas as pessoas que neste exato momento o estão lendo. VOCÊ é supremo não por ter um poder inimaginável, mas simplesmente por nos AMAR. O meu EU SOU reverencia o Vosso EU SOU!



ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	ii
ÍNDICE.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE FLUXOGRAMAS	xiii
LISTA DE ANEXOS.....	xiv
RESUMO	xv
ABSTRACT.....	xvii
CAPITULO 1.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Introdução.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Justificativas	4
1.4 Organização	5
Capítulo 2	6
Aspectos morfológicos do sistema praia-duna no balneário do Mar Grosso em São José do Norte/RS.....	6
2.1 Introdução.....	7
2.2 Área de Estudo	9
2.3 Métodos.....	11
2.3.1 Parâmetros Morfométricos e Morfologia Praial	11
2.3.2 Dados Meteorológicos	12
2.3.3 Altura das dunas e orientação da linha de costa em relação ao vento predominante NE, E e SE.....	13
2.3.4 Classificação das dunas frontais	14
2.4 Resultados.....	15
2.4.1 Cálculo dos Parâmetros Morfométricos.....	15
2.4.2 Morfologia Praial.....	16
2.4.2.1 Seção “A”	16

2.4.2.2 Seção “B”	17
2.4.2.3 Seção “C”	18
2.4.2.4 Seção “D”	20
2.4.3 Condições meteorológicas	22
2.4.4 Orientação da linha de costa em relação ao vento NE e E	26
2.4.5 Aspectos morfo-ecológicos e classificação das dunas frontais	27
2.4.5.1 Seção “A”	27
2.4.5.2 Seção “B”	29
2.4.5.3 Seção “C”	30
2.4.5.4 Seção “D”	31
2.5 Discussões	33
2.6 Considerações Finais	45
Capítulo 3	48
Alterações ambientais no balneário do Mar Grosso: problemas relacionados à disposição indevida de resíduos sólidos urbanos – Estudo de caso para a avaliação de áreas aptas à instalação de um aterro sanitário através de Geotecnologias.	48
3.1 Introdução	49
3.2 Objetivos	51
3.2.1 Objetivos específicos	51
3.3 Área de estudo	51
3.4 Metodologia	52
3.4.1 Vegetação e Uso do Solo	53
3.5 Vegetação e Uso do Solo na área de estudo	56
3.5.1 Praias oceânicas	57
3.5.2 Dunas	58
3.5.3 Campos litorâneos	59
3.5.4 Lagoas	60
3.5.5 Mata de Restinga	61
3.5.6 Reflorestamento de Pinus sp.	62
3.5.7 Vegetação de Banhado	62
3.5.8 Marismas	64
3.6 Critérios para seleção de locais para implantação de aterros sanitários	64
3.6.1 Fator Geologia	67

3.6.2 Fator Solo	68
3.6.3 Fator Distância: Centros Urbanos e Estradas	69
3.6.4 Fator de restrição absoluta	70
3.7 Integração dos Resultados e Discussões.....	71
3.8 Considerações finais	78
Anexo do capítulo 3	80
Capítulo 4	82
Atratividades e restrições para a expansão do balneário do Mar Grosso/São José do Norte: uma análise dos subsídios sócio-ambientais a partir de geotecnologias.	82
4.1 Introdução.....	83
4.2 Objetivos.....	85
4.3 Área de Estudo	85
4.4 Métodos.....	87
4.5 Expansão de Balneários Marinhos	87
4.5.1 Desenvolvimento de dados e critérios de padronização de fatores (fuzzy) para as atratividades quanto à expansão do balneário do Mar Grosso	89
4.5.1.1 Proximidade da linha de costa oceânica	89
4.5.1.2 Proximidade de centros urbanos	90
4.5.1.3 Proximidade da linha de costa lagunar.....	90
4.5.1.4 Proximidade dos pontais arenosos lagunares.....	91
4.5.1.5 Proximidade de vias de acesso	92
4.5.2 Ponderação dos fatores.....	92
4.5.3 Restrições quanto à expansão do balneário do Mar Grosso.....	94
4.5.3.1 Fator áreas de proteção e conservação ambiental.....	96
4.5.3.2 Fator variabilidade da linha de costa oceânica.....	97
4.5.3.3 Fator sangradouro	98
4.5.3.4 Fator pontais arenosos	99
4.5.3.5 Fator atividades portuárias	100
4.5.3.6 Fator Vulnerabilidade Ambiental Relativa e Criticidade de Gestão	102
4.6 Discussão	103
4.7 Conclusões	109
Anexos do capítulo 4	111

Capítulo 5	120
Conclusões e sugestões futuras	120
Capítulo 6	123
Referencial bibliográfico.....	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Localização da área de estudo.....	10
Figura 2.2 – Cálculo da orientação da linha de costa.....	14
Figura 2.3 - Morfologia das dunas frontais: estágio bem vegetado e estável (1) a altamente erosivo (5), segundo Hesp (2000).	15
Figura 2.4 - Envelope de perfis praias na seção “A” com a máxima variação vertical.	17
Figura 2.5 - Envelope de perfis praias na seção “B” da praia, com a máxima variação vertical.	18
Figura 2.6 - Envelope de perfis praias na seção “C” da praia, com a máxima variação vertical.	19
Figura 2.7 – Localização do perfil praia realizado na seção “D” e as obras realizadas na casa.	20
Figura 2.8 – Erosão causada por sangradouro. (Foto: autor)	21
Figura 2.9 - Envelope de perfis praias na seção “D”.	22
Figura 2.10 – Comparação para os dois períodos analisados na seção “D”.....	22
Figura 2.11 – Totais mensais de precipitação entre março de 2004 a abril de 2005 (Estação Meteorológica de Rio Grande).....	23
Figura 2.12 – Imagem do satélite GOES mostrando um ciclone no Oceano Atlântico próximo à costa do RS, e modelo WaveWatch no dia 26/05/2004 com fortes ondulações. Fonte: site CPTEC.....	24

Figura 2.13 - Média da intensidade da velocidade do vento NE, E e SE entre março/04 e abril/05.....	25
Figura 2.14 – Orientação da linha de costa em relação aos ventos Nordeste e Leste.	26
Figura 2.15 – Perfil de verão com duna embrionária e de inverno sem duna embrionária. ...	27
Figura 2.16 – Dunas frontais na seção “A”. Campo bem vegetado, com cavas e cristas.	28
Figura 2.17 – Dunas frontais na seção “B”, com menor cobertura vegetal e formação de blowouts, lençóis de areia e dunas remanescentes.....	30
Figura 2.18 – Campo de dunas frontais na seção “C” com formação de blowouts.....	31
Figura 2.19 – Dunas barcanóides no pós-praia na seção “C”.....	31
Figura 2.20 – Construções residenciais construídas sobre as dunas e problemas ocasionados pela invasão de areia nas casas.	32
Figura 2.21 – Pacote de perfis com as variações na duna frontal de março de 2004 a março de 2005.....	33
Figura 2.22 – Variações morfológicas, mostrando perfis de maior erosão e acreção (seções “A”, “B” e “C”)......	36
Figura 2.23 – Tipo de arrebentação deslizante localizada na seção “B”. Foto: Autor.	38
Figura 2.24 – Diagrama de refração nas adjacências dos molhes da Barra (INPH, 1998)...	40
Figura 3.1 – Localização da área de estudo.....	52
Figura 3.2 – Histograma com níveis de cinza.....	54
Figura 3.3 – Curva espectral para as áreas de treinamento.	55

Figura 3.5 – Praia do Mar Grosso.	58
Figura 3.6 – Vegetação das dunas costeiras litorâneas de São José do Norte.	59
Figura 3.7 – Dunas lagunares em São José do Norte.....	59
Figura 3.8 – Vegetação de campos em São José do Norte e ao fundo Pinus sp.	60
Figura 3.9 – Lagoas interiores localizadas em São José do Norte.	61
Figura 3.10 – Mata de restinga em São José do Norte.....	62
Figura 3.11 – Reflorestamento de Pinus sp. em São José do Norte.....	63
Figura 3.12 – Vegetação de banhados em São José do Norte.....	63
Figura 3.13 – Vegetação de marisma em São José do Norte.....	64
Figura 3.14 – Mapa geológico de São José do Norte e imagem booleana com a geologia apta.....	68
Figura 3.15 – Solos de São José do Norte e solo apto.	69
Figura 3.16 – Área de dunas onde foi depositado RSU na década de 80.	75
Figura 3.17 – Local onde atualmente são depositados os RSU de São José do Norte.....	76
Figura 4.1 – Localização da área de estudo.....	86
Figura 4.2 – Pontais arenosos na laguna dos Patos (Fonte: Antikeira, 2003)	91
Figura 4.3 – Histograma mostrando os valores da imagem do anexo 4.1	94
Figura 4.4 – Expansão do Super Porto de Rio Grande que beneficiará São José do Norte.	101

Figura 4.5 – Ciclo de evolução de um balneário (Butler, 1980 apud Tagliani et. al. 2001). 105

Figura 4.6 – Balneário do Mar Grosso com reduzido número de visitantes..... 106

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Parâmetros morfométricos calculados para as quatro seções monitoradas na Praia do Mar Grosso, SJN, RS: número de amostragens (N); largura média da praia (Yb); Índice de Mobilidade da praia (σYb), Coeficiente de Variação da largura média da praia (CV), Volume médio da praia (Vv) e variação de volume (σVv).....	15
Tabela 2.2 – Freqüência percentual dos ventos (direção e intensidade) registrados na Estação Meteorológica de Rio Grande entre março de 2004 e abril de 2005.....	24
Tabela 2.3 – Freqüência percentual ao longo dos meses do ano para os ventos superficiais na Estação Meteorológica de Rio Grande entre março de 2004 e abril de 2005.....	25
Tabela 3.1 – Arquivos raster para avaliação de áreas aptas à instalação de um aterro sanitário.....	53
Tabela 3.2 – Área ocupada pelos diferentes tipos de vegetação e uso do solo.....	57
Tabela 3.3 – Unidades de preservação e conservação ambiental mapeadas em São José do Norte (Tagliani, 2002).....	71
Tabela 4.1 – Escala de comparadores de Saaty (1977).....	93
Tabela 4.2 – Matriz de comparação pareada entre os fatores.....	93
Tabela 4.3 – Peso calculado para cada fator na análise da expansão do balneário.....	93

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 3.1 – Simbologia utilizada baseada no módulo Macro Modeler.	53
Fluxograma 3.2 – Etapas realizadas para classificação da vegetação e uso do solo.....	56
Fluxograma 3.3 – Estrutura para avaliação de áreas para instalação de um aterro sanitário.	66
Fluxograma 3.4 – Processamento das áreas aptas a partir do fator geologia.	67
Fluxograma 3.5 – Processamento para geração da imagem com os solos aptos.	69
Fluxograma 3.6 – Processamento para detectar os fatores favoráveis à instalação do aterro sanitário quanto à urbanização e estradas.....	70
Fluxograma 3.7 – Processamento para geração da imagem com fatores restritivos.....	71
Fluxograma 3.8 – Processamento para gerar a imagem inapta-dren.	71
Fluxograma 3.9 – Processamento para gerar a imagem final (aterro-san).	72

LISTA DE ANEXOS

Anexo 3.1 – Vegetação e cobertura do solo.....	80
Anexo 3.2 – Áreas aptas para instalação de um aterro sanitário.....	81
Anexo 4.1 – Imagem bruta de atratividade à expansão do Mar Grosso.	111
Anexo 4.2 – Aplicação de Stretch para a imagem de atratividade à expansão do Mar Grosso.	112
Anexo 4.3 – Reclassificação da imagem em 8 setores com maior e menor atratividade. ...	113
Anexo 4.4 - Áreas de Preservação e conservação ambiental.....	114
Anexo 4.5 – Mosaico georreferenciado de Balneário Pinhal, no litoral norte (LOG/DGEO/Sistema ADAR 1000).	115
Anexo 4.6 – Média de sangradouros a cada 10 km para o período de 1991 a 2001 (Figueiredo, 2002)	116
Anexo 4.7 – Mapa de vulnerabilidade ambiental relativa (modificado de Tagliani, 2002)...	117
Anexo 4.8 – Mosaicos georreferenciados do balneário do Mar Grosso (Lélis, 2003).	118
Anexo 4.9 – Mapa final com áreas de atratividade a expansão do balneário, áreas de preservação e conservação ambiental, reflorestamento de Pinus sp., áreas aptas à instalação de um aterro sanitário e áreas para zoneamento do complexo portuário em São José do Norte.	119

RESUMO

A costa oceânica do Rio Grande do Sul é dividida em três setores: norte, central e sul. O município de São José do Norte, o qual faz parte da costa central, possui um pequeno balneário com reduzida urbanização, o Mar Grosso. Entretanto algumas alterações ambientais são detectadas como a construção de residências e a deposição de resíduos sólidos urbanos sobre as dunas frontais. Para que estes problemas não se tornem uma barreira para a expansão do Mar Grosso, faz-se necessário um planejamento corretivo e preventivo, a fim de criar condições para um desenvolvimento sustentável. Neste enfoque, foi realizado um estudo sobre os aspectos morfológicos do sistema praia-duna ao longo de 11 km da costa de São José do Norte, através de perfis praias mensais durante um ano. Utilizando-se técnicas específicas de SIG foram selecionadas áreas aptas à instalação de um aterro sanitário no município devido à deposição irregular de lixo sobre as dunas e foram analisadas as atratividades e restrições quanto à expansão do Mar Grosso. Os resultados obtidos através de perfis praias mensais mostraram que variações volumétricas e morfológicas aumentam à medida que ocorre uma aproximação do molhe leste como uma função de concentração de energia de ondas e a padrões de circulação associados ao molhe, que induzem uma concentração de sedimentos mais grosseiros na praia. A variação das dunas foi mínima, somente na primavera e verão quando os ventos favoráveis ao transporte de areia são mais frequentes e intensos, é que foram observadas variações significativas. A análise em SIG mostrou que existem três locais aptos a instalação de um aterro sanitário, que totalizam 1.405 hectares, sendo áreas com baixa vulnerabilidade relativa e de criticidade de gestão, afastadas da orla marítima. A utilização de sistemas de apoio à tomada de decisão em SIG mostrou ser uma ferramenta importante a fim de gerar um mapa com maior e menor atratividade a expansão do balneário do Mar Grosso. Critérios como proximidade da linha de costa oceânica e da sede do balneário foram os principais fatores utilizados como atrativos para o desenvolvimento do Mar Grosso. A integração deste estudo permitiu a elaboração de um mapa com as áreas de maior atratividade para expansão do balneário, as áreas protegidas por algum dispositivo legal, além das áreas de

interesse para o zoneamento do complexo portuário em São José do Norte, uma nova perspectiva que surge no município.

ABSTRACT

The oceanic coast of the Rio Grande do Sul is divided in three sectors: northern, central and southern. The city of São José do Norte, which is part of the central coast, has a small beach-resort with reduced urbanization called Mar Grosso Beach. Major negative environmental impacts on this beach are represented by foredunes occupation, urbanization and garbage dumping. Such problems represent a barrier for the expansion of this beach and a corrective and preventive plane becomes necessary in order to create conditions for its sustainable development. Using this approach, a morphodynamic study was carried out with focus on the morphologic aspects of the beach-dune system throughout 11 km of the São José do Norte, coastline. Using some specific GIS techniques, appropriated areas for the installation of waste disposal and criteria of attractiveness and restrictions for the beach-resort were selected. The results showed that volumetric and morphologic changes based on monthly beach profiles increase toward the east jetty as a function of the concentration of wave energy and associated circulation patterns which induce to the coarsening of the beach sediments. Most of the time, changes in dune morphology was minimum except during the spring and summer when winds favorable to sand transport are more frequent and intense. The GIS analysis showed that there are three suitable places comprising an area of 1,045 hectares for installation of the waste disposal. All of these areas display low vulnerability and are located at reasonable distance from the shoreline. The use of supporting systems for taking decisions in GIS is an important tool for generate maps of major and minor attractiveness which can be used for better planning the expansion of the Mar Grosso beach. Criteria such as proximity of the oceanic shoreline and distance from the beach resort center were the main factors utilized as attractiveness for its development. The integration of this study allowed the elaboration of a map which display areas of greater attractiveness and areas protected for some legal act. Additionally, areas for expansion of the harbor complex a near important aspect for the future of São Jose do Norte city was also designated.

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

Os conflitos entre sociedade e natureza ocorrem desde os primórdios das civilizações, desde então o homem limitou-se a ver o ambiente como substrato físico, que é passivamente transformado, de acordo com as necessidades vigentes. Nesta perspectiva, muitos países desenvolvidos estão passando por graves problemas, por não ter ocorrido uma análise a longo prazo das problemáticas a cerca das alterações ambientais realizadas sem planejamento e gerenciamento, sendo as zonas costeiras as que possuem maior destaque na mídia.

No Brasil, a utilização dos espaços urbanos de forma irregular e a crescente expansão populacional criaram trechos contínuos e altamente ocupados em nossa orla marítima. Grandes capitais versus pequenos povoados, como de pescadores, se beneficiam de forma diferente destas áreas, entretanto o mesmo tratamento deve ser direcionado para estes dois tipos de comunidades, visto que nos locais onde estão instaladas hoje os grandes centros urbanos brasileiros, outrora eram somente pequenos povoados.

Através do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) vários projetos foram desenvolvidos, a fim de monitorar e subsidiar informações pertinentes para o planejamento da zona costeira, criando medidas corretivas para os locais que apresentam graves alterações ambientais, e preventivas para aqueles que ainda conservam uma certa característica natural da paisagem. Mesmo assim podemos classificar estas medidas como incipientes, visto que ainda existem conflitos entre as três esferas do poder legislativo (federal, estadual e municipal) quanto às metas dos planos de gerenciamento propostas pelo PNGC.

Além destes conflitos outros aspectos importantes que ainda dificultam a organização de um planejamento adequado são a falta de trabalhos em determinados locais, os limitados recursos financeiros para pesquisa e o próprio descaso. No Rio Grande do Sul (RS) a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental) é responsável por coordenar os programas de gerenciamento costeiro no estado, tendo como resultado preliminar à estruturação de diretrizes ambientais para o zoneamento ecológico-econômico

do litoral norte do RS, que possui a maior concentração populacional e maior alteração da orla marítima, devido à atividade do veraneio.

A próxima etapa do programa de gerenciamento costeiro irá privilegiar os litorais médio e sul do RS, que ainda possuem características naturais, mas que em determinados locais são detectadas alterações ambientais como construção de residências sobre as dunas e dentro da faixa de proteção de 300 m, deposição de resíduos sólidos em áreas de preservação ambiental, modificação do padrão de drenagem costeira com o fechamento ou desvio de cursos d'água conhecidos como sangradouros, além de erosão costeira por causas naturais.

Desta forma, este estudo apresenta uma pesquisa realizada no município de São José do Norte, litoral médio do RS, a fim de gerar subsídios ambientais e detectar algumas problemáticas que ocorrem na orla marítima, devido à produção urbana irregular. As atratividades naturais neste município (praia marinha oceânica, praias lagunares, dunas litorâneas e lagunares, lagoas interiores, banhados) tanto para o turismo como para atividades portuárias, podem causar uma expansão urbana desordenada.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é gerar subsídios técnicos pertinentes para o planejamento do balneário do Mar Grosso em São José do Norte. Espera-se que as informações geradas neste trabalho possam contribuir para o Gerenciamento Costeiro e o desenvolvimento do balneário. Para atingir este objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

a) definir o comportamento morfodinâmico da praia do Mar Grosso e os aspectos morfológicos do sistema praia-duna;

b) realizar um diagnóstico do meio físico-natural utilizando uma imagem do sistema Landsat 7 através de técnicas computacionais de SIG's;

c) avaliar áreas para instalação de um aterro sanitário devido à deposição ilegal de resíduos sólidos urbanos na zona de dunas e em áreas alagadiças, os chamados lixões, através de rotinas computacionais disponíveis em SIG;

d) correlacionar fatores atrativos e restritivos a fim de identificar tendências para a expansão do balneário do Mar Grosso através de lógica *fuzzy* e MCE em SIG.

1.3 Justificativas

As zonas costeiras em todo mundo são conhecidas por suas características geomorfológicas e também por seu grande potencial sócio-econômico, locais onde os recursos naturais são atrativos para o desenvolvimento de atividades portuárias ou para formação de balneários lagunares e marinhos para turismo e veraneio. O aumento da demografia populacional e, conseqüentemente, a expansão de núcleos urbanos muitas vezes não respeita a dinâmica dos ecossistemas locais, logo modificando seu funcionamento.

Atualmente com o desenvolvimento do setor terciário, o turismo é um dos setores que mais cresce gerando renda e impostos para vários países do mundo, inclusive o Brasil, fazendo com que o desenvolvimento urbano nas zonas costeiras se torne mais desordenado, sendo um fator potencial para geração de sérios danos ao meio ambiente e sociedade. Devido esta perspectiva, despertou-se no meio científico e na sociedade em geral, a necessidade de pesquisas científicas e de ações de monitoramento, gerenciamento e educação ambiental, para que seja delimitado um equilíbrio entre sociedade e natureza.

Segundo Esteves *et al.* (2000) apenas 24% da costa do Rio Grande do Sul está urbanizada. Entretanto a melhoria na infra-estrutura de acesso a estas áreas, assim como o crescimento populacional pelo qual o Estado vem passando, pode vir a causar sérios danos para esta região, como por exemplo, a ocupação desordenada das áreas ainda desabitadas. Por esta razão, o Estado encontra-se numa situação privilegiada, pois a realização de um plano de gerenciamento costeiro tornar-se-ia de mais fácil realização e, principalmente, serviria para a regulamentação de futuras ocupações no litoral.

1.4 Organização

Esta dissertação foi elaborada em capítulos no formato de artigos que correspondem às diferentes etapas de trabalho realizadas neste estudo. Após este primeiro capítulo de introdução, os capítulos 2, 3, e 4 apresentam os resultados obtidos, o capítulo 5 as conclusões finais e sugestões futuras, e o capítulo 6 as referências bibliográficas. Cabe mencionar ainda que os capítulos 3 e 4 apresentam no final de suas seções anexos, devidamente referenciados no texto.

O Capítulo 2 é intitulado “Aspectos morfológicos do sistema praia-duna no balneário do Mar Grosso, São José do Norte, RS”. Este capítulo apresenta os estudos de morfodinâmica de praia e os processos de interação duna-praia. O Capítulo 3 “Alterações ambientais no balneário do Mar Grosso: problemas relacionados à disposição indevida de resíduos sólidos urbanos – Estudo de caso para a avaliação de áreas aptas a instalação de um aterro sanitário através de Geotecnologias”, faz uma análise das áreas aptas a instalação de um aterro sanitário devido ao gerenciamento inadequado realizado pela administração pública municipal de São José do Norte da década de oitenta que depositou resíduos sólidos urbanos (RSU) sobre as dunas do Mar Grosso e, atualmente, os deposita em áreas alagadas. No Capítulo 4, com o título “Atratividades e restrições para a expansão do balneário do Mar Grosso/São José do Norte: uma análise dos subsídios ambientais, sociais e econômicos a partir de técnicas de geoprocessamento”, descreve as atratividades e restrições para a expansão do Mar Grosso e a análise realizada através de técnicas de geoprocessamento (*fuzzy* e MCE). O capítulo 5 apresenta as conclusões finais da dissertação integrando o que foi apresentado em cada capítulo além de sugestões futuras e, finalmente, no Capítulo 6, estão listadas as referências citadas nos capítulos anteriores.

Capítulo 2

*Aspectos morfológicos do sistema praia-duna no balneário do
Mar Grosso em São José do Norte/RS.*

2.1 Introdução

Estudos sobre morfodinâmica de praias arenosas oceânicas são atualmente realizados pelas mais variadas ciências ligadas ao meio ambiente como a oceanografia, geografia e geologia. Entretanto foi através da engenharia costeira que muitos processos, antes não compreendidos devido à carência de instrumentos e técnicas específicas, começaram a ser elucidados permitindo a aplicação correta de técnicas de gerenciamento e planejamento para este que é um dos ambientes mais dinâmicos.

Ao longo dos 620 km da costa do Rio Grande do Sul (RS) vários foram os estudos realizados em algumas das principais praias, como no litoral norte (Tomazelli e Villwock, 1992; Toldo Jr. *et. ai.* 1993; Pivel e Calliari, 1998; Weschenfelder *et. al.*, 1997;), no litoral central (Barletta, 1997; Barletta, 2000) e no litoral sul (Calliari e Klein, 1993 e 1995; Pereira da Silva, 1998; Tozzi e Calliari, 2000; Pereira, 2003) todos realizados a partir de princípios formulados pela Escola Australiana de Geomorfologia Costeira, em que os estudos pioneiros foram realizados por Wright *et. al.* (1979) e Short (1979b).

Estudos com enfoque morfodinâmico e fisiográfico sobre as dunas costeiras no Rio Grande do Sul foram realizados por Tomazelli (1990) e Seeliger (1992) os quais mostraram respectivamente no litoral norte e sul, a importância do potencial de transporte de areia na taxa de migração das dunas e a relação entre a fisiografia das dunas e a direção do vento predominante ao longo da costa. Entretanto estudos enfocando a inter-relação praia-duna frontal, a semelhança dos realizados por Short e Hesp (1982) na Austrália, são escassos no RS, a exceção do estudo desenvolvido por Tabajara (2003) para as praias de Atlântida Sul e Mariápolis no litoral norte.

A ocupação e o uso das zonas costeiras, em todo mundo, produz grandes alterações na paisagem, podendo repercutir em sérios danos ao meio ambiente. Segundo Moraes (1995) o processo de colonização no Brasil ocorreu preferencialmente no interior do território nacional, mas atualmente seis das cidades brasileiras com maior concentração populacional estão localizadas em áreas costeiras e, de acordo com o PNGC (Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro), estão passando por problemas sócio-ambientais. Estas zonas são

riquíssimas sob o aspecto ambiental, mas vem sofrendo constantemente com o processo de expansão urbana que, nas últimas décadas, recebeu um impulso adicional do setor turístico. Em nosso estado estes problemas já ocorrem de forma mais intensa no litoral norte localizado próximo a grandes centros urbanos como a capital do estado Porto Alegre e cidades metropolitanas.

Esteves *et. al.* (2003) analisando o atual estado da costa do Rio Grande do Sul quanto às características e distribuição das ocupações urbanas e outras alterações antrópicas determinaram trechos com alta e baixa alteração, como por exemplo o litoral norte e médio, respectivamente. No litoral norte além da erosão costeira também ocorrem problemas relacionados à migração de dunas transgressivas sobre áreas urbanizadas, um sério risco para os balneários por causar a destruição de residências e por colocar em perigo a população, como ocorrido em Balneário Magistério quando no verão de 2005 a migração de uma duna transgressiva sobre uma casa causou a queda de uma das paredes e o falecimento de parte dos integrantes da casa.

Considerando que a maior parte do litoral do estado já passou por estudos de morfodinâmica, se destaca a importância para que trechos costeiros que ainda não foram, sejam pesquisados possibilitando uma maior agregação de dados, a fim de viabilizar planos de proteção sócio-ambientais. Por esta razão, este trabalho visa definir o comportamento morfodinâmico da Praia do Mar Grosso localizada no município de São José do Norte descrevendo o aspecto morfológico das dunas frontais quanto à orientação da linha de costa em relação ao vento predominante NE. Pretende-se também realizar a classificação das dunas quanto as suas características morfológicas e ecológicas. Esta área ainda possui características ambientais preservadas, porém algumas alterações, como à construção de residências próximas ou sobre as dunas, já podem ser detectadas o que descaracteriza o meio ambiente e interfere na dinâmica local.

2.2 Área de Estudo

A Praia do Mar Grosso está localizada na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (figura 2.1). Sua história geológica começou durante o Pleistoceno com a deposição de extensos pacotes sedimentares de origem marinha ao longo de toda a costa do Rio Grande do Sul, os quais foram encobertos por depósitos eólicos e lagunares formando duas grandes barreiras responsáveis pela geração de dois grandes corpos lagunares, a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim, e que deram a atual configuração para a Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Godolphim, 1976; Villwock & Tomazelli, 1995). A linha de costa em São José do Norte está representada pela barreira IV, de idade holocênica, que corresponde ao mais recente sistema deposicional da Planície Costeira, desenvolvida durante o último evento de transgressão marinha. Sua constituição é essencialmente de areias praias e eólicas, e a mineralogia é basicamente quartzosa com um alto grau de maturidade.

No limite sul da praia do Mar Grosso está a Laguna dos Patos, a maior lagoa costeira do Brasil, que possui em sua desembocadura duas estruturas construídas no início de século XX conhecidas como molhe oeste e leste possuindo cada uma 3,2 km e 4,2 km de extensão, respectivamente. A construção destas estruturas permitiu a navegabilidade no canal de Rio Grande e, por consequência, o desenvolvimento de um dos principais portos do Brasil, o Porto do Rio Grande.

De uma forma geral em toda a costa do Rio Grande do Sul sedimentos de granulometria fina e quartzosos dominam todo perfil praias (Calliari e Klein, 1993; Siegle, 1996; Pivel, 1997; Weschenfelder *et al.*, 1997). Nas praias do Mar Grosso e Cassino são verificados os maiores percentuais de areia muito fina da costa do RS, devido a contribuição do material em suspensão da Laguna dos Patos (Figueiredo, 2005).

As praias ao longo de toda a costa são abertas e expostas à ação de ondas que, de acordo com Motta (1967, 1969), são de dois tipos principais, as vagas, que são geradas por ventos locais, e as ondulações, ou *SOell*, originadas a longas distâncias da costa. Os primeiros estudos mais significativos realizados na costa gaúcha sobre ondas são de Wainer (1963) e de Motta (*op. cit.*) para o litoral norte do Rio Grande do Sul, em Tramandaí, e no

litoral sul na desembocadura da laguna dos Patos. Motta (*op. cit*) através dos dados coletados nas duas áreas acima descritas constatou que o período significativo de maior frequência das ondas corresponde a 9 segundos, mas que podem chegar a 12 segundos quando em situação de tempestade. Com relação a esbeltez e energia, o autor verificou que as ondas de maior energia e menor esbeltez são provenientes do quadrante sudeste; vagas e ondulações pequenas com menor energia e maior esbeltez de quadrante leste-nordeste; e as ondas do quadrante sul estão associadas a tempestades, portanto mais raras.

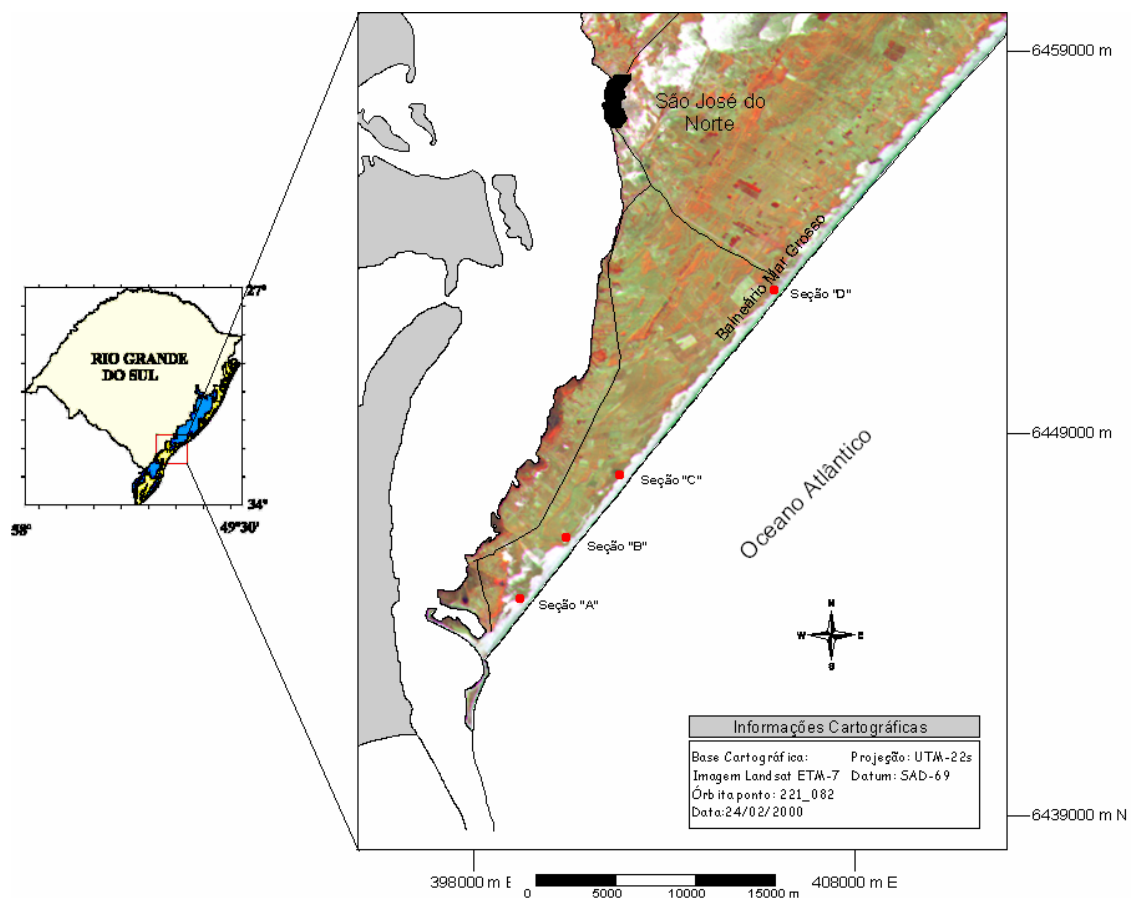


Figura 2.1 – Localização da área de estudo.

Através de dados recentes obtidos por um ondógrafo localizado a profundidade de 15 metros na região adjacente ao canal de navegação de Rio Grande, Strauch e Schimidt (1998) mostraram que as vagas de quadrante leste e ondas de longo período de sudeste, com períodos de 11 segundos e altura significativa de 1,25 metros, são dominantes nesta região. Barletta (1997), a partir do método de visualização de ondas na praia do Cassino, obteve valores semelhantes aos registrados pelo ondógrafo.

As flutuações do nível do mar na região costeira do Rio Grande do Sul, sofrem pequena influência das marés astronômicas que, de acordo com as tábuas de maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), são diurnas com amplitude média de aproximadamente 0,5m. De acordo com a classificação de Davies (1980) este trecho costeiro do Brasil está enquadrado nas características de micromaré. Entretanto a amplitude destas marés recebe um acréscimo quando se somam as condicionantes meteorológicas, as chamadas marés meteorológicas (Marone e Camargo, 1994 e Calliari *et. al.*, 1998). Seus efeitos são mais freqüentes nos meses de inverno quando coincide com a migração de sistemas de baixa pressão em direção à costa, podendo a maré ultrapassar até 1m à maré astronômica.

2.3 Métodos

2.3.1 Parâmetros Morfométricos e Morfologia Praia

Para o levantamento topográfico no balneário do Mar Grosso quatro estações de monitoramento foram escolhidas, estando estas localizadas em um trecho de praia de aproximadamente 11 km. Em três destes locais (seções “A”, “B” e “C”) foram instalados marcos de concreto (RN) localizados no campo de dunas, enquanto que uma das áreas (seção “D”) foi monitorada tomando-se por referência a base de concreto de uma das casas construída sobre o cordão de dunas.

Os perfis transversais à praia foram realizados através de levantamentos topográficos. Os trabalhos de monitoramento de praia realizados no Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG/DGEO/FURG) baseados em Birkmeier (1981) utilizavam aparelho de leitura topográfica (nível) e régua de leitura graduada, entretanto com a aquisição de uma Estação Total modelo Nikon 330 e uma baliza regulável equipada com um prisma refletor, foi possível capturar um maior número de dados em um curto período de tempo.

Estes levantamentos foram realizados mensalmente no período de um ano, entre março de 2004 e abril de 2005 totalizando 41 perfis. A análise dos dados foi realizada com

auxílio do programa MatLab 6.5 (The MathWorks Inc.) e Microsoft® Excel 2000. Para cada área amostrada foram calculados alguns dos parâmetros morfométricos recomendados por Short (1980) e Short e Hesp (1982) para caracterizar e distinguir tipos de praias através de suas características morfológicas, sendo eles: Largura média da praia (Y_b), Índice de Mobilidade da praia (σY_b), Coeficiente de Variação da largura média da praia (CV), Volume médio da praia (V_v) e variação de volume (σV_v).

A razão entre o desvio padrão das variações temporais da largura da linha de praia, índice de mobilidade da praia = σy_b , e a largura média da praia, y_b , determina o coeficiente de variação, CV, da linha de praia, que representa a porcentagem à susceptibilidade de variação dos depósitos sedimentares próxima ao nível médio do mar (perfil subaéreo) (Wright e Short, 1984). A variação da largura de praia, Y_b , foi estimada a partir dos perfis topográficos. Todos os índices e parâmetros antes citados foram utilizados para determinar as diferenças morfodinâmicas entre os perfis praias.

2.3.2 Dados Meteorológicos

A Estação Meteorológica da FURG em Rio Grande (8° DISME, n° 83995) disponibilizou os dados de precipitação, direção e intensidade dos ventos no período de março de 2004 a abril de 2005. A Estação de Rio Grande está distante 10 km da praia e segue as normas padrões da Organização Meteorológica Mundial e representam as condições meteorológicas que predominam no momento de observação no local onde está situada esta estação, a 32°04'43''S e 052°10' 3''O, a 2m de altitude (Krusche *et. al.*, 2002).

Foram utilizados dados médios diários de precipitação, enquanto que para os dados de vento optou-se pelas três leituras diárias, que são as 12h00min, 18h00min e 00h00min TMG (que correspondem a 09h00min, 15h00min e 21h00min hora local). Os dados de vento foram agrupados em quatro classes de intensidade (1 m/s – 5 m/s; 5,1 m/s – 8 m/s; 8,1 m/s – 11 m/s; e > 11 m/s) e calculadas as frequências percentuais ao longo dos meses e as velocidades médias para cada uma das 8 direções dos ventos.

Imagens do satélite GOES fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) foram obtidas para acompanhamento dos sistemas atmosféricos atuantes na costa do RS e discutidos neste trabalho, assim como os modelos de ondas WAVEWATCH III (Tolman, 1997 e 1999) desenvolvido pelo NCEP (National Center of Environmental Prediction, USA) e utilizado pelo INPE.

2.3.3 *Altura das dunas e orientação da linha de costa em relação ao vento predominante NE, E e SE*

A altura das dunas foi medida a intervalos de 1 km a partir de 500 m do molhe leste, utilizando-se um *Rotation Laser* FG-L3. Este instrumento colocado sobre a crista da duna consiste em um auto-nivelador que emite um laser de 780nm com uma intensidade de $\leq 0.6\text{NO}$ e um receptor que fica acoplado a uma régua graduada, mostrando a altura da duna.

A orientação da linha de costa em relação ao vento Nordeste (NE) e Leste (E) foram obtidas por pequenos triângulos regularmente espaçados em 1 km utilizando o software Arc View sobre um mosaico georreferenciado (Lélis, 2002). A figura 2.2 exemplifica o cálculo realizado para medir o ângulo de incidência dos ventos NE e E. Ao todo quatorze (14) segmentos foram classificados em incrementos de 1 a 2 graus cada de acordo com a sua orientação em relação ao vento NE e E. Valores positivos e negativos indicariam potencial de transporte em direção à costa e para o oceano, respectivamente.

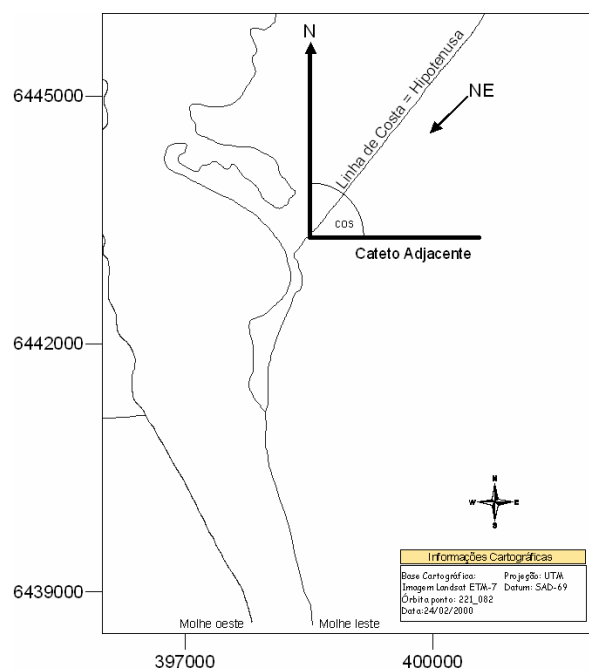


Figura 2.2 – Cálculo da orientação da linha de costa

2.3.4 Classificação das dunas frontais

Para a classificação das dunas frontais foi utilizado o esquema proposto por Hesp (1988) que é baseado no estado morfológico e ecológico das dunas costeiras. Existem vários esquemas classificatórios de dunas costeiras como o de Carter (1988), Saunders e Davidson-Arnott (1990 *apud* Hesp, 2002), Arens e Wiersma (1994), entretanto devido à aplicabilidade já comprovada por Calliari *et. al.* (2005) para classificar as dunas frontais no litoral norte e médio, optou-se neste trabalho pelo esquema de Hesp (*op. cit.*).

Segundo Hesp (1988) as dunas seguem um modelo evolutivo de médio a longo termo divididos em cinco estágios, que pode ser aplicado a costas progradantes, estáveis ou em erosão (figura 2.3). Os estágios extremos compreendem o estágio 1 caracterizado por dunas com topografia simples, lateralmente contínuas e bem vegetadas (90-100%), e o estágio 5 onde grande parte das dunas frontais foram removidas por ação dos ventos e/ou ondas, permanecendo apenas montículos remanescentes e segmentos dos cordões.

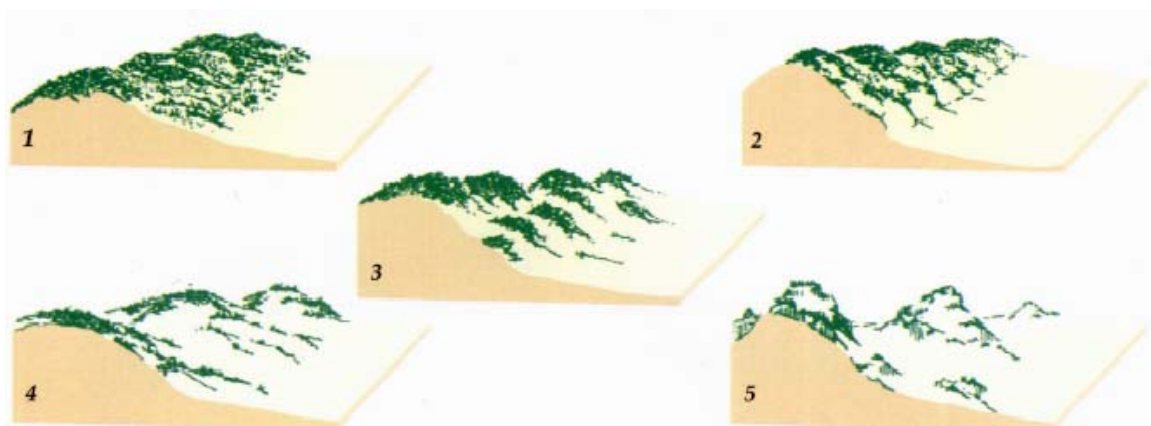


Figura 2.3 - Morfologia das dunas frontais: estágio bem vegetado e estável (1) a altamente erosivo (5), segundo Hesp (2000).

2.4 Resultados

2.4.1 Cálculo dos Parâmetros Morfométricos

De acordo com os parâmetros morfométricos propostos por Short e Hesp (1982) e calculados neste trabalho (tabela 2.1), a seção “A” da praia do Mar Grosso foi a que apresentou maior índice de mobilidade, com CV igual a 9, além de possuir as maiores variações volumétricas que podem ser comprovadas pelos índices de V_v e σV_v . O afastamento dos molhes faz com que o índice de mobilidade da Praia do Mar Grosso diminua, e isto pode ser comprovado pelos índices de CV encontrados para as seções “B”, “C” e “D” que obtiveram valor 6 neste parâmetro. Os parâmetros V_v e σV_v também diminuem à medida que a seção monitorada distancia-se do molhe.

Tabela 2.1 – Parâmetros morfométricos calculados para as quatro seções monitoradas na Praia do Mar Grosso, SJN, RS: número de amostragens (N); largura média da praia (Y_b); Índice de Mobilidade da praia (σY_b), Coeficiente de Variação da largura média da praia (CV), Volume médio da praia (V_v) e variação de volume (σV_v).

	Seção A	Seção B	Seção C	Seção D
N	11	11	10	9
Meses	13	13	13	13
Y_b (m)	94	98	107	132
σY_b (m)	8	6	7	8
CV (%)	9	6	6	6
V_v (m ³ /m)	10	8	6	-
σV_v (m ³ /m)	6	6	5	-

Para a seção “D” não foi possível calcular os parâmetros V_v e σV_v , pois a partir de dezembro de 2004 obras de construção foram realizadas na residência que serviu de marco para a realização dos perfis, entretanto nos próximos itens desta dissertação serão discutidos os impactos gerados, os quais através de perfis praias puderam ser observados.

2.4.2 Morfologia Praia

Os resultados obtidos em 13 meses de monitoramento no balneário do Mar Grosso, através de perfis praias em quatro seções ao longo da costa, serão apresentados a seguir.

2.4.2.1 Seção “A”

A seção “A”, localizada a 2 km do molhe leste, apresentou uma largura média de praia de 94 m e baixa declividade ($\sim 2^\circ$), sendo a menor largura entre todas as seções monitoradas. Feições como bermas de acresção foram predominantemente formadas no verão (entre fevereiro e março), além da migração de bancos subaquosos em direção à praia nos meses de julho e janeiro, o que formou uma morfologia do tipo crista e canal (estágio intermediário *ridge and runnel* de Wright e Short, 1984). A zona de arrebentação apresenta geralmente dois bancos, e com aumento de energia aparecem três, sendo o primeiro banco próximo à praia o mais ativo.

Com base nas variações volumétricas, a seção “A” apresentou maiores taxas de erosão entre abril e maio de 2004 ($15,8 \text{ m}^3/\text{m}$), e setembro e dezembro de 2004 ($15,2 \text{ m}^3/\text{m}$), já as maiores taxas de acresção ocorreram entre junho e julho de 2004 ($13,9 \text{ m}^3/\text{m}$). Foram observadas cinco fases erosivas e cinco deposicionais, e o total de material erodido foi de $49,8 \text{ m}^3/\text{m}$ e de material depositado $46,2 \text{ m}^3/\text{m}$, totalizando um balanço sedimentar negativo de $3,6 \text{ m}^3/\text{m}$.

As variações verticais se concentraram principalmente nas dunas frontais, pós-praia e estirâncio superior, além da zona de arrebentação, devido à migração de bancos em direção à costa no verão e, no inverno para o oceano. As máximas variações verticais ocorreram na zona de estirâncio com 1,2 m devido à morfologia crista e canal formada em

dois dos períodos monitorados; nas dunas com 1m de variação pelo preenchimento de uma das cavas ao longo do perfil e também na zona de arrebentação com 0,6 m aproximadamente. O envelope dos perfis e a máxima variação vertical estão representados na figura 2.4.

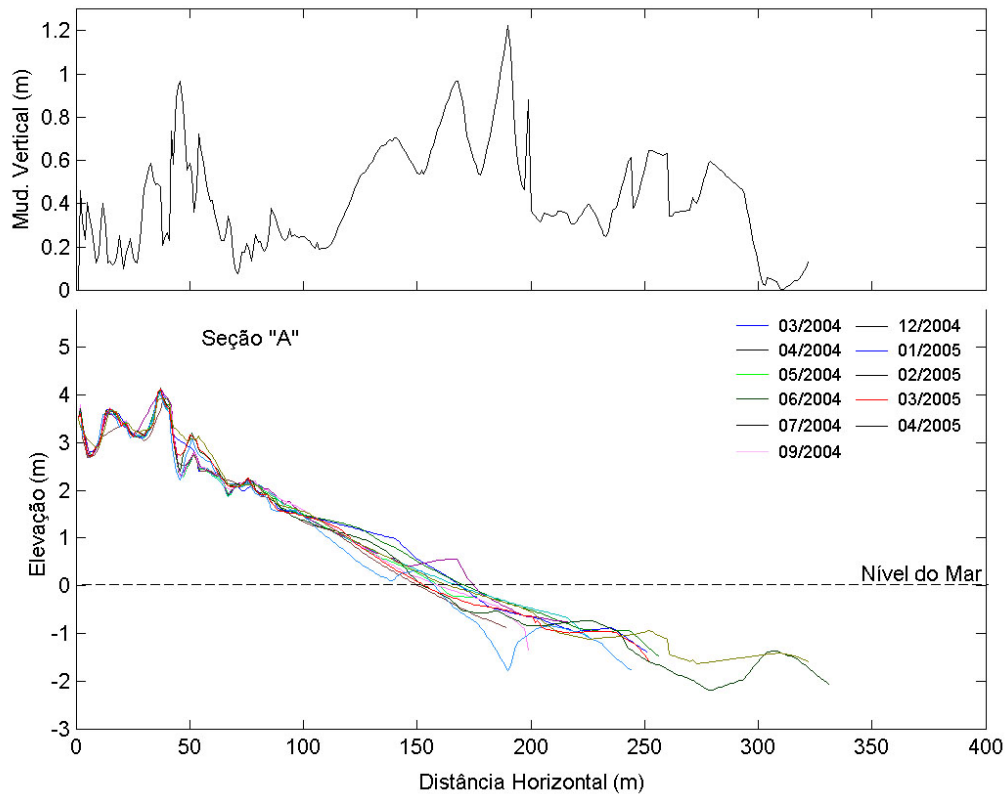


Figura 2.4 - Envelope de perfis praias na seção “A” com a máxima variação vertical.

2.4.2.2 Seção “B”

A seção “B” apresentou uma largura média de praia de 98 m e baixa declividade ($\sim 2^\circ$). A morfologia crista e canal formada na seção anterior também ocorreu na seção “B” no mês de janeiro quando o primeiro banco migrou em direção à praia, e também ocorreu a formação de bermas de acresção no verão.

A figura 2.5 mostra o envelope com os perfis praias realizados com a máxima variação vertical. As variações volumétricas na praia mostraram uma taxa de erosão maior entre setembro e dezembro de 2004 ($10,7 \text{ m}^3/\text{m}$) e maior acresção entre dezembro de 2004 e janeiro de 2005 ($20,9 \text{ m}^3/\text{m}$), ocorrendo seis fases erosivas que somaram $33,4 \text{ m}^3/\text{m}$, e

quatro fases deposicionais que somaram $48,8 \text{ m}^3/\text{m}$; um balanço sedimentar positivo de $15,3 \text{ m}^3/\text{m}$.

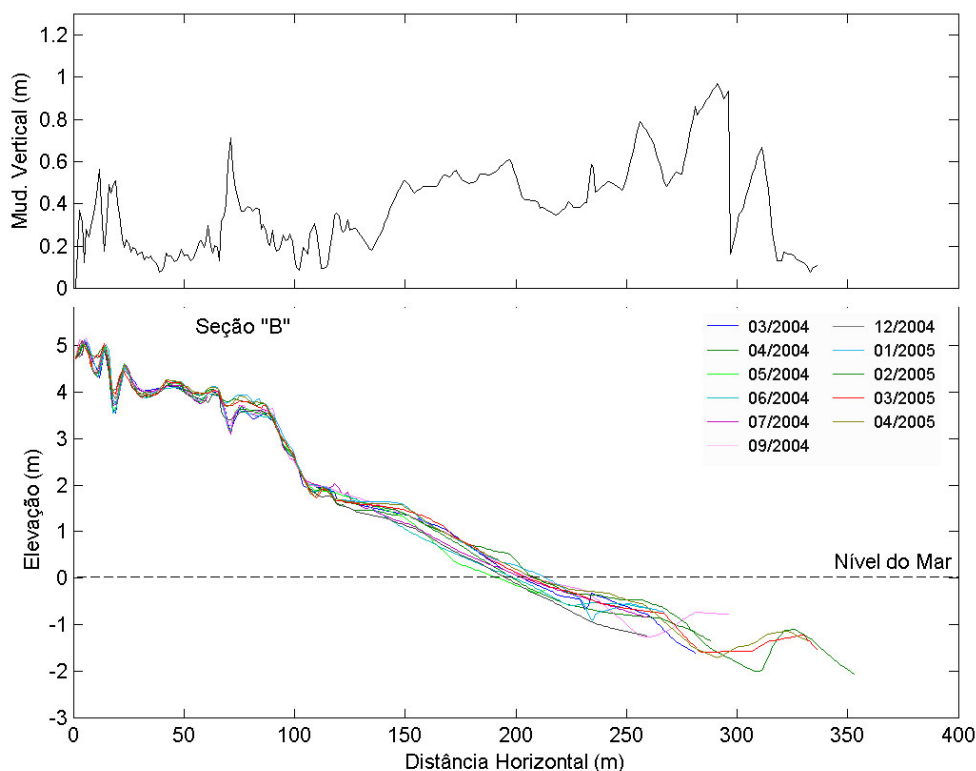


Figura 2.5 - Envelope de perfis praias na seção “B” da praia, com a máxima variação vertical.

As máximas variações verticais ocorreram na duna frontal, pós-praia, estirâncio e zona de arrebentação, e ficaram abaixo de 1 m. Nas dunas frontais os picos de variações verticais ocorreram próximo ao marco topográfico que estava fixado em uma parte da duna que não possui vegetação e que, ao longo do período de monitoramento, era constantemente soterrado por areia mostrando a mobilidade da duna nesta seção, além da face da duna mais próxima a praia que obteve variação de até 0,7 m. Na zona de estirâncio as variações chegaram a 0,6 m e na zona de *surf* ocorreram as maiores variações (0,9 m).

2.4.2.3 Seção “C”

A seção “C” apresentou largura média de praia de 107 m, também com baixa declividade ($\sim 2^\circ$). De acordo com os perfis mensais realizados foi possível verificar que o comportamento da praia obedeceu a sazonalidade do regime de ondas, onde no verão ocorre as maiores taxas de acresção, formando-se bermas e a migração do primeiro banco em direção à costa, ocasionando a emersão do banco junto à face da praia e dando origem

à morfologia crista e canal (*ridge and runnel*). Episódios de erosão no campo de dunas frontais não foram observados, e máximas variações verticais chegaram a 0,8 m ocorrendo principalmente na duna frontal, no pós-praia e no estirâncio superior.

As maiores taxas de erosão ocorreram entre julho e setembro de 2004 (4,1 m³/m) e as de acreção entre setembro de 2004 e janeiro de 2005 (16,3 m³/m). Somente três fases erosivas ocorreram no período de análise, que somaram 11 m³/m, já as sete fases deposicionais somaram 45,4 m³/m, obtendo-se um balanço sedimentar positivo de 34,3 m³/m.

As variações verticais se concentraram principalmente na área de dunas frontais, em todo pós-praia e estirâncio inferior, além da zona de arrebentação por causa da migração de bancos no verão em direção à costa e, no inverno, para o oceano. Os maiores valores foram obtidos na zona de estirâncio com 0,8 m devido aos bancos e cavas; nas dunas com 0,6 m de variação pelo preenchimento de uma das cavas ao longo do perfil, no pós-praia superior (0,6 m) pela formação de uma duna barcana no mês de julho e também na zona de arrebentação com 0,8 m aproximadamente. O envelope dos perfis e a máxima variação vertical estão representados na figura 2.6.

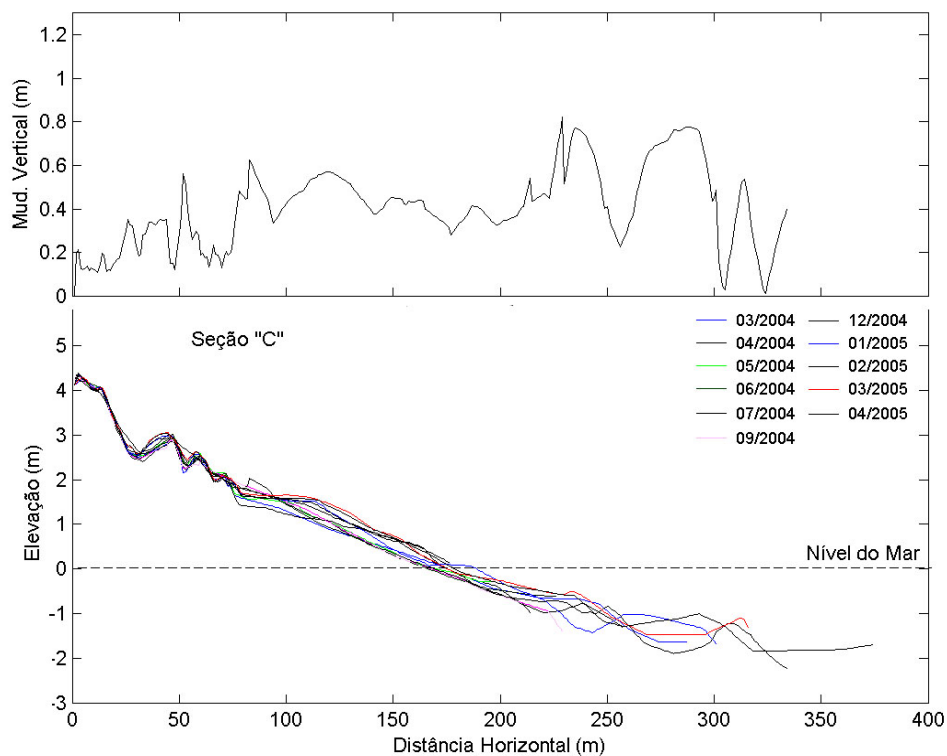


Figura 2.6 - Envelope de perfis praias na seção "C" da praia, com a máxima variação vertical.

2.4.2.4 Seção “D”

Esta seção da praia foi escolhida para o monitoramento da morfodinâmica duna-praia devido à influência de cursos efêmeros d'água denominados de sangradouros e pelas residências construídas sobre o cordão de dunas frontais localizados naquele local. Como base para a realização dos perfis praias na seção “D” foi escolhida uma da casa construída sobre as dunas, pois por ser um trecho da praia que está urbanizado com casas muito próximas das dunas não havia possibilidade da instalação de um marco topográfico de concreto.

Como primeiro resultado, a partir de dezembro de 2004 ao ser realizada a saída de campo para a medição dos níveis topográficos da praia foi constatado que o proprietário da casa realizara obras de melhoramento de sua residência, que consistiu no avanço de 4,3 m da casa sobre as dunas. Por esta razão os resultados aqui apresentados antes e após o mês de dezembro de 2004. A figura 2.7 mostra a casa em março de 2004 quando os perfis começaram a ser realizados, e em fevereiro de 2005 quando a construção estava em fase de finalização.



Figura 2.7 – Localização do perfil praia realizado na seção “D” e as obras realizadas na casa.

Esta seção está localizada a aproximadamente 12 km do molhe leste e apresentou uma largura média de praia de 132 m e baixa declividade ($\sim 2^\circ$), sendo considerada a maior largura entre todas as seções monitoradas. Feições como bermas de acresção foram predominantemente formadas no verão (entre fevereiro e março), além da migração de

bancos em direção à praia no mês janeiro, o que formou uma morfologia do tipo crista e canal (estágio intermediário *ridge and runnel* de Wright e Short, 1984).

A maior variação volumétrica negativa no período de março a setembro de 2004, ocorreu em maio de 2004 ($19,8 \text{ m}^3/\text{m}$). Neste período altas taxas pluviométricas reativaram o sangradouro localizado próximo a seção “D” o qual cortou o pós-praia e remobilizou dunas embrionárias e parte da duna frontal, além de uma forte ressaca devido a passagem de uma ciclogênese pela costa. Dos $19,8 \text{ m}^3/\text{m}$ de sedimentos remobilizados da praia $6,8 \text{ m}^3/\text{m}$ tiveram como causa a atuação do sangradouro (figura 2.8). A maior taxa de acresção para o mesmo período foi de $8,7 \text{ m}^3/\text{m}$ entre março e abril. No final deste período a praia ficou com um balanço sedimentar negativo de $-14,8 \text{ m}^3/\text{m}$.

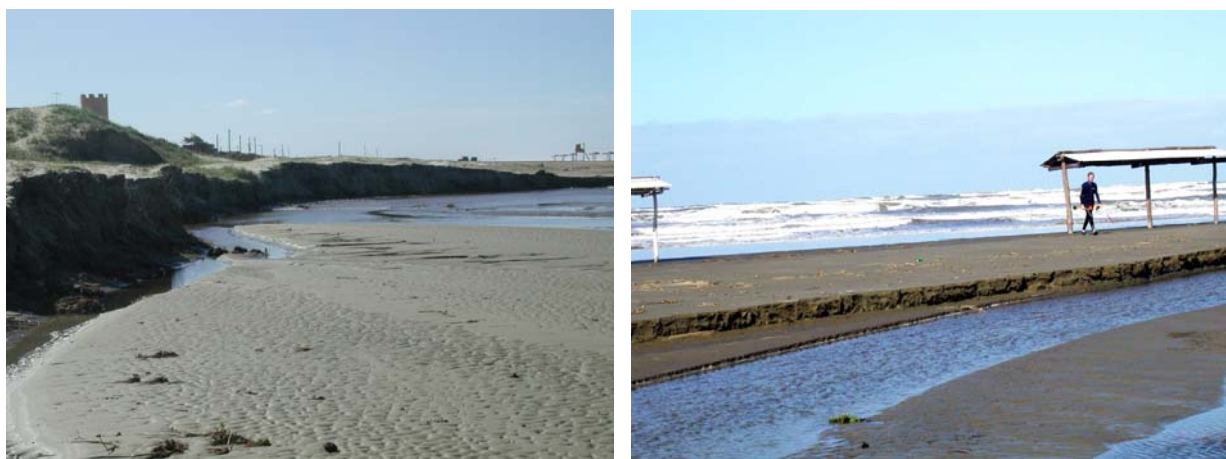


Figura 2.8 – Erosão causada por sangradouro. (Foto: autor)

Máximas variações verticais ocorreram na faixa de atuação do sangradouro, em todo pós-praia e estirâncio. Os valores não ultrapassaram 0,7 m e variações no reverso da crista da duna frontal foram mínimas alcançando os 0,3 m. O envelope de perfis e as máximas variações entre março e setembro estão representados na figura 2.9.

Entre dezembro de 2004 e março de 2005 a maior taxa de erosão ocorreu em março de 2005 ($-3,8 \text{ m}^3/\text{m}$) e a maior taxa de acresção entre dezembro e janeiro com valor de $20,1 \text{ m}^3/\text{m}$. O total de material erodido foi de $9,2 \text{ m}^3/\text{m}$ e de material depositado $20,1 \text{ m}^3/\text{m}$, totalizando um balanço sedimentar positivo de $10,9 \text{ m}^3/\text{m}$. O envelope dos perfis e a máxima variação vertical estão representados na figura 2.9.

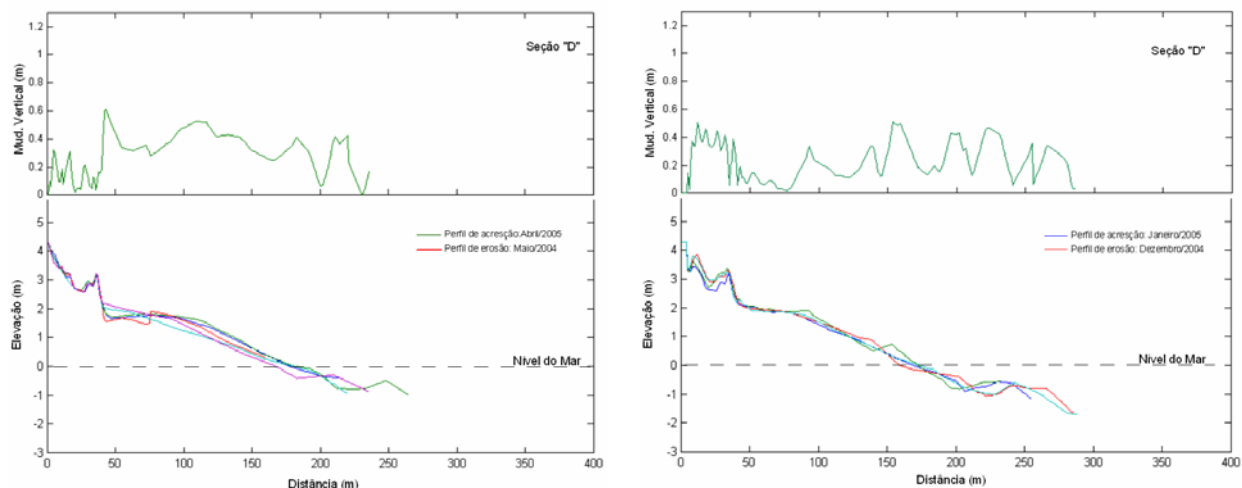


Figura 2.9 - Envelope de perfis praias na seção "D".

As variações verticais se concentraram principalmente na duna frontal, em todo pós-praia, estirâncio superior e na zona de *surf* por causa da migração de bancos no verão em direção a costa e, no inverno, para o oceano. Todos os valores não ultrapassaram os 0,6 m, mas entre todos os sub-ambientes da praia foi no reverso da duna frontal que, comparado com o período anterior analisado, ocorreram variações importantes, onde tanto condicionantes naturais como provavelmente antrópicas modificaram a dinâmica local. A figura 2.10 mostra a comparação para os dois períodos analisados.

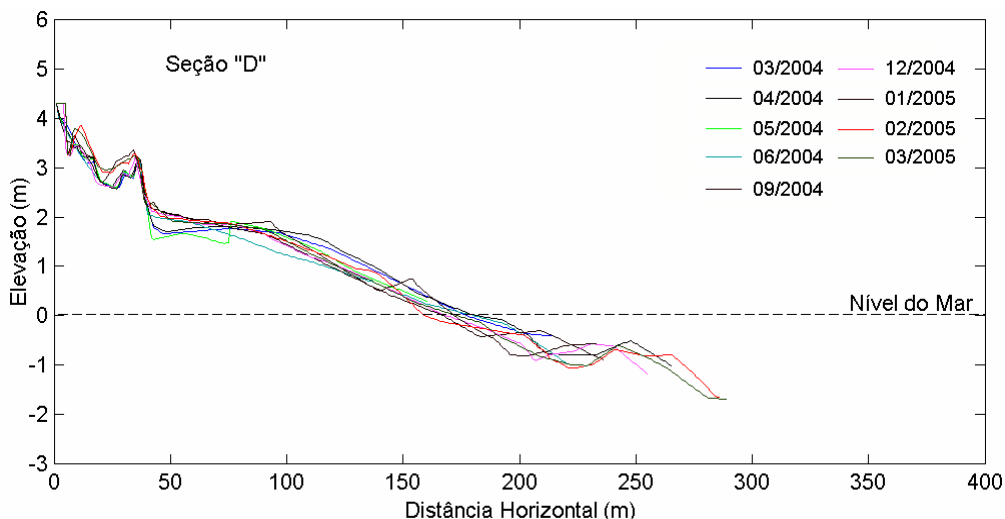


Figura 2.10 – Comparação para os dois períodos analisados na seção "D".

2.4.3 Condições meteorológicas

Os totais mensais de precipitação registrados entre março de 2004 e abril de 2005 mostraram picos de precipitação que ultrapassaram as normais climatológicas provisórias. De acordo com os dados da Estação Meteorológica, os meses mais chuvosos foram maio

de 2004 e abril de 2005 com 355,1 mm e 262,5 mm, respectivamente (figura 2.11). As leituras diárias de precipitação mostram que somente em dois dias no mês de maio choveu 156,5 mm, anomalia esta devido à formação de uma frontogênese no dia 24. O deslocamento deste sistema frontal para o oceano, formando um centro de baixa pressão, e a presença de uma massa de ar polar sobre o continente gerou diferenças baroclínicas de 54MB, que ocasionou a mais forte ressaca no período monitorado (figura 2.12). Ventos provindo de SO com 15m/s foram registrados pela Estação Meteorológica de Rio Grande. No verão os totais de precipitação foram menores, com 17,2 mm e 38,9 mm para os meses de janeiro e fevereiro de 2005, respectivamente.

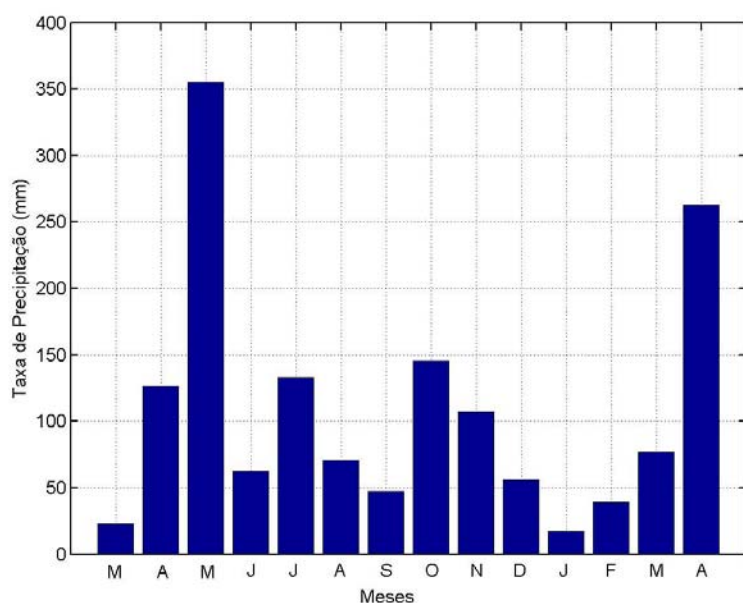
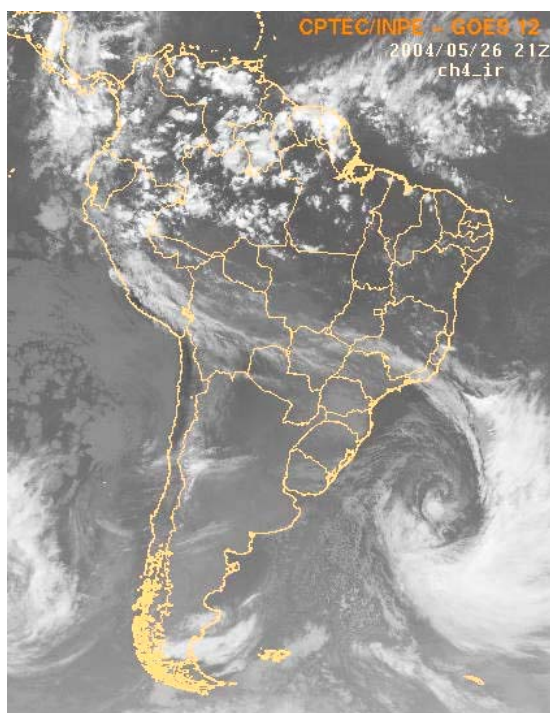


Figura 2.11 – Totais mensais de precipitação entre março de 2004 a abril de 2005 (Estação Meteorológica de Rio Grande).

As frequências percentuais da direção e intensidade dos ventos no período de monitoramento praias estão relacionadas na tabela 2.2. A análise destes dados mostra que o vento predominante foi o de NE com 26,3%, seguidos pelos ventos de SE e E (17,4 % e 17,1%, respectivamente). Com relação à intensidade 89% dos ventos possuem velocidades entre 1 a 5 m/s, que podem ser consideradas de baixa intensidade, e dos 11% dos ventos com intensidade acima de 5,1 m/s o NE possui o maior percentual, com 4,2%, mas foi o vento SO que apresentou no período a maior intensidade ultrapassando os 11 m/s.



MODELO WAVE-WATCH III / INPE ALT. (m) E DIR. DA ONDA
 ANALISE:26/MAY/2004 DOUTC (QUARTA) SUL E SUDESTE

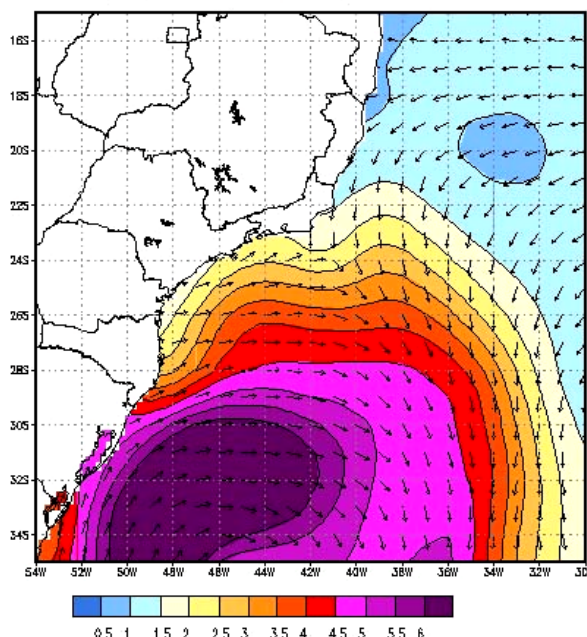


Figura 2.12 – Imagem do satélite GOES mostrando um ciclone no Oceano Atlântico próximo à costa do RS, e modelo WaveWatch no dia 26/05/2004 com fortes ondulações. Fonte: *site* CPTEC.

Tabela 2.2 – Frequência percentual dos ventos (direção e intensidade) registrados na Estação Meteorológica de Rio Grande entre março de 2004 e abril de 2005.

Direção	Intervalo de velocidade (m/s)				%	V. Média	Total de Observações
	1 a 5	5,1 a 8	8,1 a 11	> 11			
E	14,5	2,4	0,2	0,0	17,1	3,3	1278
N	5,0	0,2	0,0	0,0	5,2	1,9	
NE	22,1	3,6	0,6	0,0	26,3	3,3	
NO	4,2	0,0	0,0	0,1	4,2	1,9	
S	6,0	0,8	0,2	0,0	7,0	3,5	
SE	16,3	1,0	0,1	0,0	17,4	2,3	
SO	12,3	1,6	0,1	0,2	14,3	3,2	
O	4,3	0,0	0,0	0,0	4,3	2,0	
C	-	-	-	-	4,3	0,0	

A análise das frequências percentuais registradas ao longo dos meses mostra que nos quatorze meses de monitoramento oito apresentaram ventos de NE como predominantes, três meses o vento SO, dois meses o de SE e um com o E (tabela 2.3). O mês de abril não apresentou a mesma predominância na frequência percentual do vento para os dois anos de monitoramento, onde em 2004 34,4% dos ventos foram de NE, já em 2005 somente 14,4% e o vento de SO com maior frequência, além de ter sido registrado o maior percentual de calmaria no período, 16,7%. De março a agosto de 2004 a frequência percentual dos ventos com intensidade acima dos 5,1 m/s foi considerada baixa, com

percentuais de 0% em junho e 10.7% em maio, e do início do outono até o final do inverno os ventos mais intensos foram os de SO e NE. A partir de setembro estes valores foram elevados chegando a 30.9% em fevereiro de 2005, e logo após ocorrendo nova redução. Os ventos mais intensos no início da primavera até o final do verão foram de NE e E, somente em janeiro é que o SE obteve as maiores velocidades.

Tabela 2.3 – Freqüência percentual ao longo dos meses do ano para os ventos superficiais na Estação Meteorológica de Rio Grande entre março de 2004 e abril de 2005.

	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	Média
N	1,1	3,3	6,5	10,0	9,7	7,5	3,3	3,2	3,3	2,2	5,4	2,4	6,5	7,8	5,2
NE	26,9	34,4	13,0	31,1	28,0	30,1	31,1	28,0	18,9	35,5	29,0	20,2	26,9	14,4	26,3
E	25,8	18,9	20,7	4,4	9,7	5,4	10,0	17,2	31,1	18,3	28,0	27,4	14,0	8,9	17,1
SE	25,8	10,0	13,0	8,9	4,3	11,8	27,8	17,2	8,9	22,6	19,4	29,8	31,2	13,3	17,4
S	6,5	3,3	9,8	3,3	3,2	3,2	11,1	8,6	13,3	6,5	5,4	6,0	9,7	7,8	7,0
SO	5,4	21,1	21,7	17,8	29,0	18,3	11,1	14,0	14,4	4,3	5,4	11,9	5,4	20,0	14,3
O	2,2	3,3	7,6	5,6	6,5	10,8	1,1	4,3	3,3	3,2	2,2	0,0	3,2	6,7	4,3
NO	2,2	1,1	2,2	7,8	6,5	10,8	2,2	3,2	3,3	6,5	5,4	1,2	2,2	4,4	4,2
C	4,3	4,4	5,4	11,1	3,2	2,2	2,2	4,3	3,3	1,1	0,0	1,2	1,1	16,7	4,3

A média da intensidade da velocidade do vento proveniente de NE foi maior nas estações da primavera e verão. Em fevereiro foi registrada a velocidade média de 5,9 m/s, a maior do período de monitoramento, enquanto que de março a setembro de 2004 ocorreram as menores velocidades médias, não ultrapassando os 3 m/s. Os ventos de E e SE também apresentaram as maiores velocidades médias na primavera e verão. A figura 2.13 mostra as velocidades médias mensais dos ventos provindos de NE, E e SE.

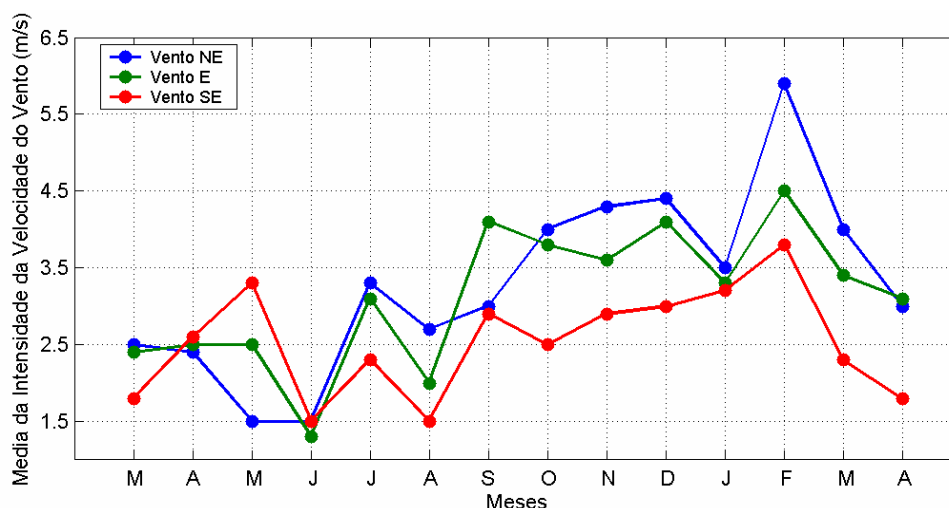


Figura 2.13 - Média da intensidade da velocidade do vento NE, E e SE entre março/04 e abril/05.

2.4.4 Orientação da linha de costa em relação ao vento NE e E

No setor compreendido entre o molhe leste até 14 km em direção ao norte, nota-se uma redução gradativa do ângulo de orientação da linha de costa em relação ao vento NE e E, sendo o valor máximo encontrado nos quilômetros um, três e cinco (figura 2.14). A orientação decresce de 8° até 2° no quilômetro 10, próximo à sede do balneário do Mar Grosso, evidenciando que o vento NE neste local incide quase paralelamente à costa.

Neste trecho de 10 km foi verificado que as maiores dunas não estavam relacionadas com os maiores ângulos, devido a processos relacionados a modificações antrópicas, somente a partir do quilômetro 5,5 é que ocorre uma relação entre altura da duna e orientação da linha de costa em relação ao vento NE, com a menor altura de duna ocorrendo onde vento NE incide mais paralelo à costa (2°).

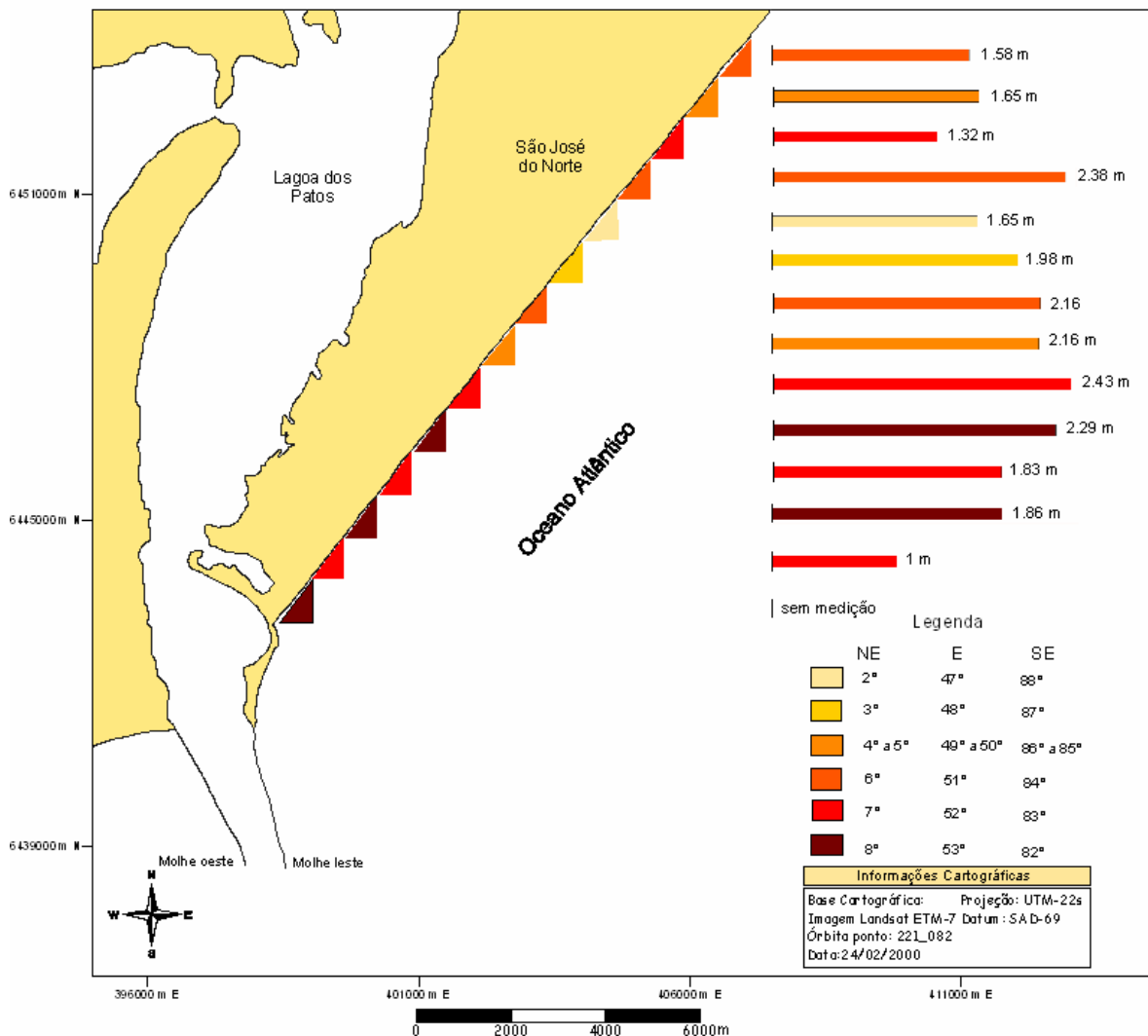


Figura 2.14 – Orientação da linha de costa em relação aos ventos Nordeste e Leste.

Entre os quilômetros 11 e 14 o vento torna-se relativamente mais positivo, sendo que novamente não houve uma relação entre incidência do vento NE em relação à costa e altura de duna. Neste trecho novamente ocorrem mudanças antrópicas, com a construção de residências sobre as dunas. Maiores detalhes na seção 2.4.5.4 e nas discussões deste trabalho.

A incidência de ventos obliquamente positivos a costa ocorre quando os ventos são de E, como mostra a figura 2.14. No trecho que vai do molhe até o quilômetro oito o vento E possui melhores condições para transporte de areia do pós-praia para as dunas, com valores que vão de 52° a 49°, e novamente os setores compreendidos entre o quilômetro oito e dez possuem os menores valores, de 47° e 48°.

2.4.5 Aspectos morfo-ecológicos e classificação das dunas frontais

2.4.5.1 Seção “A”

As dunas embrionárias no período de monitoramento apresentaram variações espaço-temporais. No inverno houve redução tanto em largura como em altura e nova formação ocorrendo nos meses de verão. As variações verticais chegaram a 0,4 m, sendo os meses entre maio e julho responsáveis pelas maiores modificações, devido à remobilização da vegetação e, conseqüentemente, de sedimentos (figura 2.15).



Figura 2.15 – Perfil de verão com duna embrionária e de inverno sem duna embrionária.

A altura máxima da duna frontal foi de 1,8 m podendo ser considerado um cordão de dunas baixas, com presença de pequenas discontinuidades que conferem uma topografia

levemente irregular. De todas as seções, esta foi a que apresentou maior diversidade na vegetação e também maior cobertura vegetal. As figuras 2.4 e 2.16 mostram a presença de cristas e pequenas cavidades ao longo do perfil que segmentam o campo de dunas. Na primeira crista predomina *Panicum racemosum* com tufos de *Spartina Ciliata*, e a partir da segunda crista as espécies *Hydrocotyle bonariensis*, *Conyza floribunda* e *Juncus acutus* são predominantes. Na primeira cavidade a densidade da vegetação é reduzida com predomínio de *Hydrocotyle bonariensis* e na segunda há maior cobertura vegetal com predominância de *Conyza floribunda*.

Os *blowouts*, uma das formas erosivas mais características no campo de dunas, ocorreram nesta seção, mas suas dimensões podem ser consideradas pequenas quando comparadas aos modelos descritos na literatura, além de não seguirem o modelo de evolução que consiste no aprofundamento da bacia de deflação e alargamento das laterais no período em que foram realizados os perfis. Mesmo com uma densa cobertura vegetal que pode ser conferida através de fotos de campo, estas feições foram típicas ao longo de todo período monitorado.

A adaptação do modelo de classificação morfo-ecológico das dunas costeiras proposto por Hesp (1988b) mostrou que a área abrangida pela seção “A” está entre os estágios 2 e 3.



Figura 2.16 – Dunas frontais na seção “A”. Campo bem vegetado, com cavas e cristas.

2.4.5.2 Seção “B”

Variações espaço-temporais nas dunas embrionárias ocorreram principalmente nas estações de outono e inverno, sendo estas estações as responsáveis pelas mudanças verticais de até 0,4 m. A vegetação típica das dunas embrionárias foi *Blutaparon portulacoides*, planta rasteira com alta tolerância a salinidade, flutuações na temperatura e mobilidade de areia (Codazzo e Seeliger, 2003). Na duna frontal ocorre *Panicum racemosum* e com o afastamento da praia há fixação de tufos de *Spartina ciliata* distribuídos caoticamente. Próximo à linha do perfil também se desenvolveu outra espécie de vegetação, a *Cakile maritima*, mas de forma isolada.

O campo de dunas foi caracterizado como um cordão linear não contínuo de topografia irregular e reduzida cobertura vegetal, com formação de pequenos a médios *blowouts*, lençóis de areia, bacias de deflação e por dunas remanescentes (*remnant knobs*). A altura máxima observada no cordão de duna frontal foi de aproximadamente 3,2 m podendo ser considerada uma duna média. A figura 2.5 mostra a presença de pequenas depressões ao longo do perfil realizado na duna, somente mais próximo ao marco topográfico é que as depressões se tornam mais profundas.

A adaptação do modelo de classificação morfo-ecológico das dunas costeiras proposto por Hesp (1988b) mostrou que a área abrangida pela seção “B” está entre os estágios 4 e 5. A figura 2.17 mostra o campo de dunas com menor diversidade de vegetação e também menor cobertura vegetal, além de *blowouts*, lençóis de areia e dunas remanescentes.





Figura 2.17 – Dunas frontais na seção “B”, com menor cobertura vegetal e formação de *blowouts*, lençóis de areia e dunas remanescentes.

2.4.5.3 Seção “C”

As variações espaço-temporais nas dunas embrionárias na seção “C” também foram detectadas, sendo o inverno responsável pelas maiores modificações tanto em largura como em altura e nos meses de verão com nova formação das dunas embrionárias. As variações verticais não ultrapassaram 0,2 m sendo os meses entre maio e julho responsáveis pelas maiores modificações, com grande remobilização da vegetação e de areia. A espécie vegetal *Blutaparon portulacoides* é a dominante, com presença de *Panicum racemosum* na interface com a duna frontal.

Na porção mais interna do campo de dunas a densidade da vegetação diminui e feições erosivas como os pequenos e médios *blowouts* se desenvolveram principalmente após o marco topográfico. Na primeira crista da duna foi verificada a altura máxima de 2,7 m com fixação da gramínea *Panicum racemosum*. Na porção mais interna da duna espécies como *Hydrocotyle bonariensis*, *Conyza floribunda* e *Juncus acutus* são predominantes e estabilizam ainda mais o cordão de dunas. A figura 2.6 mostra a presença de cristas e pequenas depressões que segmentam o campo de dunas frontais. A topografia irregular do campo de dunas não possibilita sua continuidade ao longo deste trecho de costa, portanto as dunas podem ser descritas como *Hummocks* bem vegetadas.

A adaptação do modelo de classificação morfo-ecológico das dunas costeiras proposto por Hesp (1988) mostrou que o campo de dunas da seção “C” está no estágio 3.



Figura 2.18 – Campo de dunas frontais na seção “C” com formação de *blowouts*.

Em todo período em que foram realizados perfis praias, somente no mês de julho foi possível observar a formação de pequenas dunas barcanóides na zona do pós-praia. Estas feições não se desenvolveram em toda extensão da praia, somente entre as seções “C” e “D”, e no alinhamento do perfil na seção “C” houve a formação de uma destas feições (figura 2.19).



Figura 2.19 – Dunas barcanóides no pós-praia na seção “C”.

2.4.5.4 Seção “D”

Por ser a única seção localizada em área urbanizada no balneário do Mar Grosso, ocorrem alterações na fisiografia e na dinâmica das dunas frontais, principalmente pela construção de residências sobre o cordão frontal. A urbanização neste trecho ocasionou a formação de um único cordão linear, não contínuo e bastante segmentado por ação antrópica. A topografia é irregular apresentando vegetação próxima à base da duna, com posterior diminuição à medida que se aproxima da crista. Esta diminuição da vegetação

ocasiona maior mobilidade do sedimento, e por isso em períodos de fortes ventos, formam-se “nuvens de areia” que quase impossibilitaram a realização do monitoramento praial em abril de 2004. A figura 2.20 mostra algumas residências localizadas próximas à seção “D” , onde é possível perceber que a duna está invadindo as casas.



Figura 2.20 – Construções residenciais construídas sobre as dunas e problemas ocasionados pela invasão de areia nas casas.

No período de monitoramento praial ficou constatado que a espécie vegetal dominante na duna frontal foi *Panicum racemosum*, com baixo desenvolvimento vertical, enquanto que nas dunas embrionárias houve o florescimento de *Blutaparon portulacoides*. Além da sazonalidade como fator de controle para a formação de dunas embrionárias, a presença de um sangradouro também foi marcante no período em que foram realizados os levantamentos. Em maio de 2004 este curso d’água retirou completamente as dunas embrionárias e a vegetação.

A primeira crista da duna frontal variou de 1,3 m a 1,5 m e a partir de dezembro houve a formação de uma segunda crista que atingiu 2,6 m em março de 2005 por causa da obra realizada em uma das casas. A figura 2.21 mostra em detalhe a faixa de duna

monitorada através de perfis praias na seção “D”, com a presença de cristas e cavidades que segmenta o campo de dunas frontais.

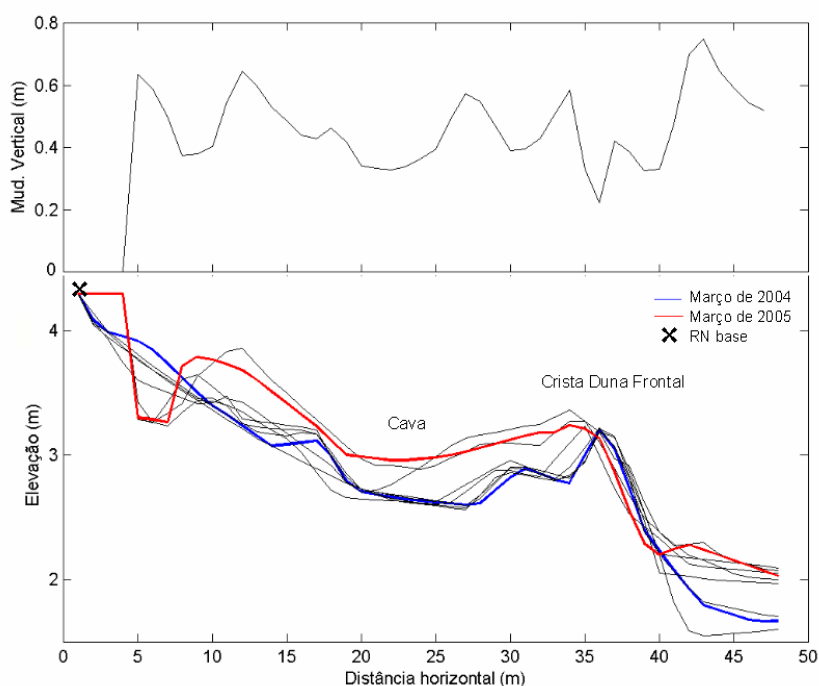


Figura 2.21 – Pacote de perfis com as variações na duna frontal de março de 2004 a março de 2005.

Devido às características atuais das dunas frontais na seção “D”, a classificação morfo-ecológica proposta por Hesp (1988) não pode ser utilizada, pois fatores como urbanização sobre as dunas e a presença de um sangradouro teriam que ser somados as características empregadas por Hesp (op. cit) para enquadramento das dunas costeiras da Austrália. Mesmo assim, neste trabalho se propõe que a seção “D” seja classificada como dunas incipientes com alto grau de modificação antrópica.

2.5 Discussões

Variações na morfologia de um sistema praias são causadas pela interação dos efeitos dos ventos, ondas, marés e correntes que se somam às características do material formador das praias, que de uma forma geral passam por processos de acresção e erosão nas estações de verão e inverno, respectivamente. Em estudo realizado por Calliari e Klein (1993) nas praias do litoral sul do RS ficou caracterizado que havia uma sazonalidade quanto ao comportamento das praias, onde a energia das ondas faz com que no verão ocorra um perfil mais acrescido enquanto que no inverno um perfil mais erosivo típico de

tempestades, o que caracterizaria uma bisazonalidade. De acordo com Tomazelli e Villwock (1992), Toldo Jr. *et. al.* (1993), Pivel (1997), Weschenfelder *et. al.* (1997), Tozzi e Calliari (2000) e Barletta (2000) este comportamento também foi identificado em estudos realizados em praias do litoral norte e médio do RS.

A realização de perfis praias em quatro seções ao longo de 11 km de praia mostrou diferentes tendências para um segmento de praia que pode ser considerado muito pequeno e com características morfológicas similares. Enquanto para a maioria das praias do estado foram observados perfis de acreção em meses de verão e os de erosão no inverno, a praia do Mar Grosso apresentou algumas tendências diferentes ao longo de um ano de monitoramento.

Na comparação realizada entre as seções “A”, “B” e “C” para determinar qual o perfil de maior erosão e o de maior acreção, foi possível constatar que somente a seção “B” apresentou seu perfil mais acrecivo no verão e o de erosão no inverno, nas outras duas seções ocorreram tendências diferentes, como é o caso da seção “C” que teve seu perfil mais erosivo em março de 2004 e em março de 2005 o mais acrecivo (figura 2.22). Para Calliari e Klein (1993 e 1995) as praias do RS sofrem acentuada influência dos sistemas frontais, podendo ocorrer erosão no prisma praias durante o período de verão e acreção nos períodos de inverno devido à diminuição ou até inexistência de sistemas frontais atuantes na região. Pereira (2003) após monitoramento de alta frequência entre os meses de janeiro e março de 2002 na praia do Cassino, observou taxas de erosão acentuadas devido a uma tempestade em fevereiro, mas com posterior recuperação devido à migração de areia em direção a praia causada por ondas de *Swell*, típicas da estação de verão.

As variações no estoque sedimentar acima do datum nas seções “A”, “B” e “C” foram consideradas pequenas, tanto as negativas como as positivas. Com relação às variações positivas a seção “B” foi a que apresentou maior índice com 20,9 m³/m e, para variações negativas, a seção “A” foi que mostrou maior mudança com -15 m³/m. Em estudo realizado por Barletta (1997) para a região do Estreito localizada a 45 km do molhe leste, as taxas de erosão chegaram a ultrapassar -44 m³/m num período de dois meses, devido a frentes frias

associadas a ciclones de média intensidade que aplainaram a praia ocasionando seu máximo erosivo.

Na seção “D”, além da energia de ondas as taxas pluviométricas elevadas também ocasionaram variações volumétricas, por isso comparações entre as três seções anteriores e esta se torna impossível, por incorporar mais uma variável ao estudo. Em maio além do aplainamento do pós-praia por ação de ondas houve também formação de escarpa na duna frontal e sulcos esculpidos no pós-praia pela presença de um sangradouro que desestabilizou por completo o sistema praia-duna. Em apenas dois dias no mês de maio de 2004 (14 e 15) registrou-se uma taxa pluviométrica de 118,5 mm, aproximadamente a quantidade esperada de precipitação para todo mês, de acordo com a Normal Climatológica Provisória/Rio Grande (Reboita, 2001).

A análise sazonal mostra que no verão quando as ondas incidentes possuem baixos níveis energéticos ocorre transporte de sedimentos em direção a praia e tipos morfológicos como “*ridge and runnel*” são formados em praias com múltiplos bancos, como no Mar Grosso. Isto ocorreria porque muitas vezes nestas praias o banco interno pode assumir um comportamento de uma praia de banco único de baixa energia (Short, 1999), e evoluir para estágios intermediários ou até mesmo reflectivo. No mês de julho de 2004 também houve a formação de uma morfologia do tipo “*ridge and runnel*” quando os níveis energéticos tendem a ser maiores, entretanto com já mencionado por Calliari e Klein (1993) pode ocorrer acresção no prisma praial pela diminuição ou inexistência de sistemas frontais, o que diminui a energia das ondas.

O deslocamento de sistemas frontais e, por conseqüência, à resposta da praia ao aumento de energia de ondas causou impacto diferenciado ao longo da área monitorada. Dois eventos extremos foram observados no período de monitoramento, um em maio e outro em novembro, ambos em 2004. Em maio na estação de outono, período em que as frentes frias começam a se deslocar pelo sul do Brasil e são intensificadas por sistemas frontais, houve redução no estoque sedimentar subaéreo da praia tanto nas adjacências dos molhes oeste e leste (Cassino e Mar Grosso, respectivamente) o que gerou variações

negativas devido à alta energia hidrodinâmica com ondas que atingiram até 4m (modelo de ondas CEPTEC/INPE).

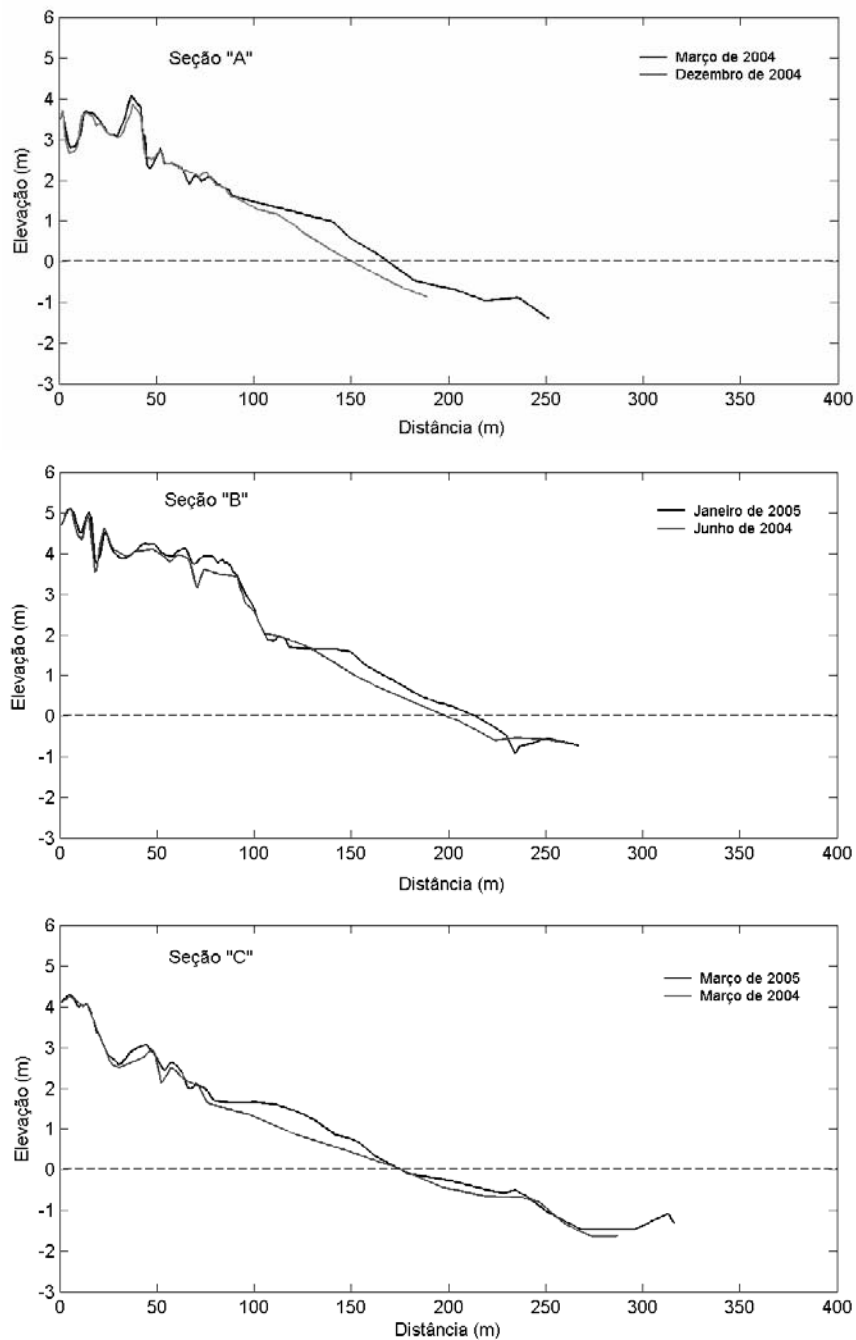


Figura 2.22 – Variações morfológicas, mostrando perfis de maior erosão e acresção (seções “A”, “B” e “C”).

Grandes saltos morfológicos estão relacionados a eventos de grande energia, que podem desestabilizar o prisma praial (Holman e Sallenger, 1993) transportando sedimentos das dunas e do pós-praia para a zona de arrebentação, formando bancos paralelos à praia (Sallenger *et. al.*, 1995). Com a redução dos níveis energéticos o movimento contrário é observado, transportando os bancos até a linha de praia os quais podem ser soldados a

mesma, concentrando o estoque de sedimentos na parte subaérea da praia (Short e Aagaard, 1993).

A realização de perfis praias uma semana após a ressaca em maio mostrou que dentre todas as seções, somente a seção “A” ainda apresentava variações negativas, com déficit de $-15 \text{ m}^3/\text{m}$, enquanto que a seção “B” perdeu $-5,1 \text{ m}^3/\text{m}$ e a seção “C” não apresentava taxas erosivas, mas sim acresção de $3,7 \text{ m}^3/\text{m}$. Os ventos neste período chegaram a $12,7 \text{ m/s}$ e direção SO, causando empilhamento de água sobre a zona costeira e após a tempestade, os ventos foram de S e SE com intensidades de $1,0$ a $1,7 \text{ m/s}$. Ventos de NE que causam ondas de quadrante leste de curto período (9s) e altura significativa de $0,5 \text{ m}$ não ocorreram após a ressaca e antes da realização dos perfis praias, o que inviabiliza a migração de sedimentos para costa e a formação de um perfil mais acrescivo.

De acordo com Tozzi e Calliari (2000) e Barletta (2000) a ocorrência de maior energia de ondas no outono por causa das tempestades induz a perfis de erosão. Essas tempestades, geralmente as mais extremas, determinam taxas de erosão maiores do que em outros períodos, representando perdas estimadas de um a três meses para o perfil praias (Tozzi, 1999). Para Wright *et. al.* (1985) as taxas de recuperação, junto com as de erosão, representam a mobilidade potencial do perfil praias, e por isso revela a maior susceptibilidade da praia a tempestades ou características mais intermediárias.

Silva e Calliari (2001a) observaram através de perfis seqüenciais realizados a aproximadamente 3 km do molhe leste um recuo na linha de dunas de $6,7 \text{ m}$ após passagem de um sistema frontal em julho de 1996. Segundo Tozzi (1999) esta tempestade foi formada do meio Atlântico e que repercutiu em erosão para toda costa do RS. Efeitos de grande magnitude como os observados pelos autores, na maioria das vezes associados a marés meteorológicas (Calliari *et. al.* 1998; Saraiva *et. al.* 2003), não ocorreram entre 2004/2005. Barletta (2000), ao valer-se da classificação de Dolan e Davis (1992) a fim de classificar as tempestades no RS, concluiu que as tempestades severas e extremas com capacidade de desestabilizar e remobilizar grandes quantidades de areia do prisma praias

não foram freqüentes no período de 1996/1999, mostrando que tais eventos são relativamente pouco freqüentes.

Com base nos parâmetros morfométricos de Short (1980) e Short e Hesp (1982) foi possível constatar que a variabilidade em estágios morfodinâmicos da área de estudo é pequena. A grande largura de praia, o predomínio de areia fina na face praial com alto percentual de areia muito fina (Figueiredo, 2005), o bom desenvolvimento da zona de arrebentação, a ocorrência de uma arrebentação do tipo deslizante (figura 2.23) e os baixos valores de σY_b e CV permitem afirmar que este trecho ao longo da costa possui um comportamento morfodinâmico dissipativo. Entretanto foi possível identificar que entre as quatro seções monitoradas, a seção “A” foi a que mais se diferenciou do restante da área monitorada, podendo-se inferir que os processos atuantes nas proximidades do molhe leste geram modificações neste trecho de praia, fazendo com que ocorram características morfodinâmicas intermediárias, conferindo a estas seções maior mobilidade.



Figura 2.23 – Tipo de arrebentação deslizante localizada na seção “B”. Foto: Autor.

Figueiredo (2005) estudando a sedimentologia nas áreas adjacentes à desembocadura da laguna dos Patos mostrou que os sedimentos que compõem a praia do Mar Grosso têm como tamanho médio de grão predominante areia fina (2.5 a 3ϕ) e elevados percentuais de areia muito fina (de 40% a 50%). Entre os quilômetros 1 e 7 onde foram realizados os perfis, foram encontrados por Figueiredo (op. cit) maiores percentuais de areia média, diferente da praia do Cassino que somente a partir do km 18 após o molhe

oeste apresentou percentuais de areia média. Esta diferenciação é uma indicação de que a existe maior energia neste trecho, e assim padrões de circulação influenciados pelos molhes devem intensificar a retirada de sedimentos mais finos imprimindo a praia características erosivas e de maior mobilidade típicas de praias intermediárias.

Comparando os índices morfométricos encontrados por Calliari e Klein (1993) e Tozzi (1999) para as praias adjacentes ao molhe oeste (tabela 2.4), nota-se que os valores de CV foram maiores para o Mar Grosso e no trecho próximo ao Navio Altair (18 km do molhe oeste), neste último onde são encontrados elevados percentuais de areia média (36%) e através de levantamentos topográficos Tozzi (op. cit) classificou a praia como intermediária. Barletta (2000) também encontrou maiores valores de CV para as praias a partir de 45 km do molhe leste, e atribuiu estas diferenças as características mais dissipativas encontradas nas praias ao sul da desembocadura da laguna dos Patos em relação às praias mais intermediárias ao norte da desembocadura que não sofrem influência de sedimentos finos provindos da descarga fluvial da laguna, diferente da praia do Cassino que apresenta as maiores concentrações de areia muito fina da costa do RS (Figueiredo, 2005).

Tabela 2.4 – Comparação dos índices morfométricos entre Mar Grosso e Cassino.

	Praia do Mar Grosso				Praia do Cassino		
	<i>Seção A</i>	<i>Seção B</i>	<i>Seção C</i>	<i>Seção D</i>	<i>Terminal</i>	<i>Querência</i>	<i>Navio Altair</i>
N	11	11	10	9	14	15	8
Meses	13	13	13	13	10	11	
Yb (m)	94	98	107	132	183	134	131
σYb (m)	8	6	7	8	5	7	10
CV (%)	9	6	6	6	3	5	8
Vv (m ³ /m)	10	8	6	-	5	4	1
σVv (m ³ /m)	6	6	5	-	3	3	20

Em relatório realizado pelo INPH/UFRGS (1998) para o prolongamento dos molhes da Barra foram analisados os efeitos de ondas de S-SE, direção das maiores alturas de ondas, com vários períodos e altura. A figura 2.24 mostra uma situação com ondas de SE, altura de 1.9 m e período de 7s. Os resultados mostraram que na praia do Cassino forma-se uma zona de proteção que vai do molhe oeste até o terminal turístico, enquanto que a praia

do Mar Grosso fica exposta a maior energia de ondas, como pode ser visto pela escala de cores da figura, onde as áreas com tons de azul mais claro indicam maior altura das ondas, o que também corrobora para a maior mobilidade da praia do Mar Grosso em relação ao Cassino.

Estudando a variabilidade da linha de costa próxima a desembocadura da laguna dos Patos através do uso de fotografias aéreas, Lélis (2003) também demonstrou diferenças nas praias adjacentes a estruturas, que seriam responsáveis pela existência de uma zona de sombra que protegeria as praias imediatamente ao sul do molhe oeste, tornando complexa a hidrodinâmica local, e aliada ao transporte sedimentar preferencial para NE seria responsável pela atual configuração da linha de praia. No Cassino foram observadas taxas de acreção enquanto que no Mar Grosso foram encontrados trechos em erosão. Silva (1999) também mostrou forte convergência de energia de ondas sobre a área em que ocorre erosão, para ondulações de período de 15 s e direção 130°, que representam as ondulações de SE, as mais freqüentes na área (Motta, 1969).

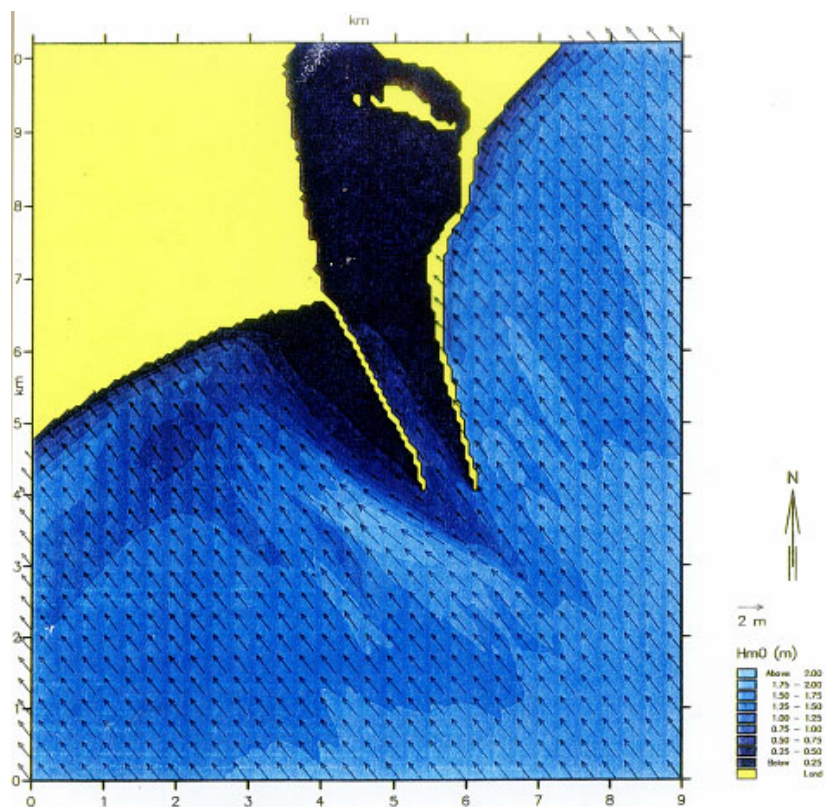


Figura 2.24 – Diagrama de refração nas adjacências dos molhes da Barra (INPH, 1998).

Para Short e Masselink (1999) estruturas perpendiculares à costa causam mudanças na morfodinâmica e estabilidade da praia. A forma da praia é influenciada pela refração das ondas nas adjacências dos molhes, que induz um realinhamento da linha de costa para ajustar-se a refração e difração das ondas. A morfodinâmica também é modificada por algumas mudanças na direção e altura das ondas devido à refração que induzirá uma mudança na orientação da linha de costa e tipo de praia. Finalmente, poderá ocorrer mudança no transporte de sedimentos ao longo da costa, levando ao acúmulo de sedimentos em um dos lados dos molhes, e redução no outro.

Assim como Lélis (2003), Leatherman *et. al.* (1997) e Buijsman *et. al.* (2003) também encontraram mesmas características para regiões onde construções de estruturas para instalação de marinas e para assegurar a navegação em canais portuários, respectivamente, perturbaram o comportamento da linha de costa e modificaram a geomorfologia das praias adjacentes.

Com relação às dunas costeiras, embora o transporte eólico seja controlado por vários fatores, como frequência e intensidade dos ventos (Hsu, 1987 apud Hesp, 2002; Wal e McManus, 1993 apud Hesp, 2002), a pista de vento (Nordstrom e Jackson, 1993; Sherman and Bauer, 1993), densidade e tipo de vegetação (Buckley, 1987; Hesp, 1988), teor de umidade (Sherman *et al.*, 1998), suprimento sedimentar adequado (Carter *et al.*, 1990) e estágio praial (Short e Hesp, 1982), a orientação da linha de costa em relação ao vento predominante NE também é um dos fatores mais relevante para a diferenciação das dunas frontais no RS.

De acordo com Calliari *et. al.* (2005) esta relação é nítida ao longo do litoral norte e médio do RS, onde o Farol de Mostradas representa um marco diferencial para o desenvolvimento de dunas frontais, com a região ao sul do farol possuindo mínimo potencial para desenvolver dunas frontais e ocorrendo o contrário para a área localizada ao norte do mesmo.

Trabalhos desenvolvidos por Svasek e Terwindt (1974, apud Hesp, 2002), Shideler e Smith (1984) e Rasmussen (1989, apud Hesp, 2002) também demonstraram a importância

da orientação da linha de costa em relação ao vento predominante no desenvolvimento de dunas frontais, quando diferentes orientações podem resultar em transporte oblíquo em direção à costa, ou paralelo e oblíquo em direção ao oceano situações estas que, respectivamente, aumentam e diminuem o potencial para formação de dunas frontais. Calliari *et al.* (2002) referem-se que a diferenciação acentuada na continuidade e altura das dunas frontais existentes ao norte e sul do Farol de Mostardas poderia estar relacionada a efeitos semelhantes.

A partir da orientação da linha de costa em relação ao vento NE é possível constatar que o potencial de transporte de areia obliquamente positivo e que resultaria no aumento da duna frontal na praia do Mar Grosso é pequeno, pois o vento NE chega quase paralelo à costa, diferente do vento E que chega obliquamente positivo em relação à mesma. Entretanto a partir da análise de uma série temporal de 13 anos (1970-1982), Tomazelli (1993) caracterizou a frequência percentual (direção e velocidade) do regime anemométrico em três municípios do RS, entre eles Rio Grande. Os dados mostraram que o vento NE é o mais freqüente em Rio Grande, com o SO de segunda predominância. Krusche *et al.* (2003) calculando as normais climatológicas provisórias para Rio Grande entre 1991 e 2000 encontraram também o vento NE como predominante, tendo, porém determinado o SE como vento secundário.

Segundo Tomazelli (1993) a frequência anual do vento NE e E em Rio Grande é 22,3 % e 12,3%, respectivamente, e comparando os dados de Rio Grande com os de Torres e Imbé, também estudado pelo autor, existe uma maior variabilidade na direção em Rio Grande a qual retrataria a posição mais meridional e geomorfologicamente mais plana das estações analisadas. Cálculos do potencial de deriva de areia pelo vento realizados pelo mesmo autor com base no trabalho de Fryberger (1979) indicaram que o regime de ventos da costa do RS pode ser caracterizado como de alta energia com o percentual de ventos NE e E com capacidade para transporte de areia decrescendo de Imbé (25,1 % e 6,2%) para Torres (12,7% e 6,1%) e daí para Rio Grande (7% e 2,5%), cálculos esses efetuados com base na intensidade mínima de 5 m/s para transporte da areia local pelo vento.

Os dados de frequência e intensidade dos ventos para o período de março de 2004 a abril de 2005 descritos neste trabalho também mostraram a mesma tendência descrita por Tomazelli (1993) com o vento NE predominante, entretanto a maioria dos ventos possuindo intensidade inferior a 5 m/s (89%) o que reduz a capacidade de transporte de areia para as dunas frontais. Ainda de acordo com Camargo *et. al.* (2002) a frequência e intensidade dos ventos NE próximos a São José do Norte são reduzidos quando comparados a regiões do litoral norte, além de ocorrer aumento das componentes de SE e S.

A figura 2.14 mostrou uma certa relação entre altura da duna com a incidência do vento NE em relação à costa. Os locais onde deveriam ocorrer as menores dunas seriam naqueles onde o ângulo de incidência do vento NE seria mais próximo ao zero, sendo o observado. Entretanto as maiores dunas não ocorreram onde o ângulo é mais positivo, próximo ao molhe leste devido às modificações causadas pela própria estrutura e a deposição de lixo sobre as dunas que modificou a dinâmica local. Próximo à área urbanizada do balneário o vento NE também é mais positivo, mas a construção de residência e a retirada de areia no verão reduzem a altura das dunas. As variações na altura das dunas é pequena, provavelmente devido a escala de trabalho, que analisou um trecho considerado pequenos, apenas 14 km da costa e pela quase insignificante variação no ângulo de incidência do vento NE em relação à costa.

A cobertura vegetal não apresentou mesmo padrão ao longo da área, entretanto a espécie *Panicum racemosum* estava presente em todas seções monitoradas. Esta gramínea possui grande potencial para reter a areia transportada pelo vento e, ao mesmo tempo, florescer e se desenvolver verticalmente. Em locais onde ocorre grande entrada de areia é possível observar uma grande densidade desta vegetação além de uma zanação mais definida por inibir o desenvolvimento de outras espécies no setor frontal da duna, como observado por Costa *et. al.* (1984) no litoral sul do RS.

Entretanto, quando se compara São José do Norte com outros setores da costa do RS como Dunas Altas, onde os ventos são mais frequentes e intensos, além de possuir o trecho de costa com maior potencial de vento NE em direção à costa, é nítida a

diferenciação quanto à cobertura vegetal. Em Dunas Altas existe maior densidade e uma zonação definida com *Panicum racemosum* predominando. Estas características parecem estar relacionadas ao aumento do suprimento sedimentar e nutrientes que favorecem a maior distribuição e florescimento de *Panicum racemosum* (Costa *et. al.* 1984) e inibe assim o desenvolvimento de outras espécies no setor frontal da duna. Espécies como *Senecio crassiflorus* encontrada junto com *Panicum racemosum* na duna frontal entre Torres e Cidreira onde a orientação da linha de costa em relação ao NE é paralela a obliquamente positiva, não permite uma zonação definida. Somente em Dunas Altas é que há melhor zonação, com *Senecio crassiflorus* na crista da duna frontal que, por não ser adaptada a grande aporte de areia, encontra melhores condições para seu desenvolvimento devido à redução do transporte de sedimento.

O reduzido desenvolvimento vertical da vegetação no litoral médio quando comparado ao litoral norte, à baixa densidade da cobertura vegetal, ausência de zonação e maior número de espécies foi relacionado com o baixo potencial de transporte de areia devido à incidência de vento NE paralelo a obliquamente negativo à costa (Calliari *et. al.*, 2005). Em estudos realizados por Cordazzo e Seeliger (1987) e Costa *et. al.* (1984) no litoral sul, estes fatores podem resultar em baixo e aleatório aporte sedimentar para as dunas frontais, além de diminuir a entrada de nutrientes, diminuindo o florescimento e desenvolvimento da vegetação, aumentando a competição das espécies, comportamento semelhante ao encontrado no litoral médio e norte. Segundo Watkinson, *et. al.* (1979) a competição das espécies devido à baixa quantidade de nutrientes causa diminuição da densidade e maior mortalidade das mesmas.

As variações mais significativas encontradas no campo de dunas ocorreram a partir da primavera até o verão de 2005, período em que se dão melhores condições para o desenvolvimento das comunidades vegetais, principalmente nos meses de dezembro e janeiro quando há maior radiação solar, temperatura e fotoperíodo (Costa *et. al.*, 1984). Segundo estes autores a gramínea *Panicum racemosum* demonstrou no litoral sul do RS maior vigor de florescimento e crescimento no cordão de duna frontal durante períodos de

acumulação de areia, em que a primavera e verão apresentam as condições ideais devido a maior intensidade dos ventos e maior largura do pós-praia, portanto, maior potencial para transporte de areia e nutrientes favorecendo o trapeamento de areia e o crescimento da duna.

As características morfodinâmicas também são importantes para descrever a fisiografia das dunas frontais. De acordo com Short e Hesp (1982) praias dissipativas tendem a apresentar as maiores dunas em relação a praias intermediárias e reflectivas devido à superfície mais aplainada do pós-praia que reduz distúrbios de fluxo aéreo e aumenta o potencial de transporte de areia. Por isso, as maiores variações no cordão de dunas foram observadas nos meses de primavera e verão, quando as condições atmosféricas favorecem a diminuição da energia das ondas propiciando a migração de bancos para praia e aumento da largura da praia.

O aumento da intensidade e frequência dos ventos de NE, E e SE no período de monitoramento e favoráveis ao transporte de areia para a costa (figura 2.13), as maiores taxas de evaporação que reduzem o teor de umidade dos grãos de areia (Sherman *et al.*, 1998) disponibilizando maior quantidade de areia para transporte também ocorrem na primavera e verão, período de maior modificação das dunas.

Entretanto como verificado por Calliari *et al.* (2005) nem sempre as características morfodinâmicas estão relacionadas ao padrão fisiográfico encontrado para as dunas. No litoral norte onde as características morfodinâmicas revelam praias intermediárias de moderada mobilidade (Pereira *et al.* 2005) podem ser encontradas as maiores dunas do RS, como no balneário de Dunas Altas que possui dunas de até 8 m, enquanto que onde as praias são dissipativas, como no Mar Grosso as dunas possuem de 1.5 a 3.5 m.

2.6 Considerações Finais

As variações morfodinâmicas ao longo da praia do Mar Grosso foram consideradas pequenas, onde ocorre a predominância de estágio dissipativo, com um perfil de baixa pendente e de pós-praia largo. A mobilidade dos sedimentos tende a obedecer padrões

sazonais, a exceção de períodos em que a passagem de frentes frias associadas ou não a ciclogêneses atuem na costa.

As diferenças encontradas nos perfis estão associadas à presença de estruturas de fixação da desembocadura da laguna dos Patos, que causa acresção e erosão, respectivamente, nas praias adjacentes ao molhes oeste e leste, como já descrito por outros autores. Estas estruturas causam modificações na granulometria da praia e na hidrodinâmica local.

As dunas frontais monitoradas neste trabalho apresentaram mínima variação em altura, entretanto ocorreram diferenças quanto ao grau de cobertura vegetal. Próximo ao molhe há maior cobertura vegetal e à medida que ocorre o afastamento dos molhes a cobertura vegetal diminui, facilitando a mobilidade de areia no campo de dunas e o avanço de lençóis de areia em direção ao continente, como ocorre na seção “C”.

Embora o potencial de entrada de areia no sistema de dunas frontais seja reduzido, devido ao baixo ângulo de orientação da costa em relação ao vento NE, nota-se que onde os ventos incidem mais obliquamente positivos à costa as dunas são maiores, a exceção das dunas que estão próximas ao molhe e no balneário do Mar Grosso, devido às modificações causadas pela deposição de lixo e a construção de casas sobre as dunas, respectivamente.

Os ventos mais intensos e favoráveis ao transporte de areia em direção à costa no período de monitoramento praias deram-se a partir da primavera de 2004 até o final do verão em 2005, período em que as variações no campo de dunas ocorreram. Entretanto como há grande variabilidade na direção dos ventos e as velocidades alcançadas pelos mesmos são pequenas as modificações encontradas nas dunas foram consideradas mínimas.

As modificações encontradas na seção “D” devido ao planejamento inadequado para construções residenciais na orla marinha estão descaracterizando o ambiente praias, além de alterar a dinâmica ambiental. A deposição de entulhos e o avanço de algumas casas sobre as dunas são as principais causas para mudanças encontradas neste trabalho.

Além das alterações antrópicas verificadas na seção “D” também existe outro fator que interfere na fisiografia das dunas, os sangradouros. As altas taxas pluviométricas no período de monitoramento contribuíram para a ocorrência e distribuição destes cursos d’água que remobilizaram as dunas embrionárias e escarparam as dunas frontais, além de formar sulcos no pós-praia, modificando o balanço sedimentar da área.

Capítulo 3

*Alterações ambientais no balneário do Mar Grosso:
problemas relacionados à disposição indevida de resíduos
sólidos urbanos - Estudo de caso para a avaliação de áreas
aptas à instalação de um aterro sanitário através de
Geotecnologias.*

3.1 Introdução

A ocupação e o uso das zonas costeiras, em todo mundo, produz grandes alterações na paisagem, podendo repercutir em sérios danos ao meio ambiente. Estas áreas, por sofrerem tanto a atuação de processos marinhos como terrestres, possuem uma grande dinâmica, gerando uma ampla fonte de informações que devem ser agrupadas e analisadas conjuntamente. Estas zonas são riquíssimas sob o aspecto ambiental, mas vem sofrendo constantemente com o processo de expansão urbana, que nas últimas décadas recebeu um impulso adicional do setor turístico.

Uma grande parte dos problemas relacionados ao uso dos recursos ambientais em zonas costeiras são passíveis de solução mediante capacitação de planejadores e gestores que atuam nessa zona (Reis *et. al*, 1999 e Tagliani *et.al.*, 2001). Como reflexo desta atual situação, procura-se desenvolver nas zonas costeiras de todo mundo, o Gerenciamento Costeiro Integrado (GCI): “processo contínuo e dinâmico no qual decisões são tomadas para um uso sustentável, que visa o desenvolvimento e proteção de áreas e recursos marinhos e costeiros” (Cicin-Sain e Knecht, 1998).

A disposição espacial das atividades produtivas e sociais e a exploração dos recursos têm deixado de respeitar as características funcionais e estruturais inerentes às áreas litorâneas (Rodriguez *et al.*, 1997). O caráter econômico que estas regiões adquiriram ao longo dos anos, devido à especulação imobiliária e o valor estritamente mercantil que a urbanização e o turismo ditaram, faz com que os recursos naturais estejam sendo super explorados ultrapassando, muitas vezes, sua capacidade de suporte. É evidente que a exploração dos sistemas litorâneos exige a busca de organização espacial e funcional, para que estes recursos sejam aproveitados, mas sem impedir o funcionamento do sistema.

Muitos balneários marinhos têm se desenvolvido sem planejamento prévio, não considerando os elementos paisagísticos, sua dinâmica e funções. Com isso, inúmeros problemas ocorrem entre eles a remobilização de areia para aterro, a ocupação de áreas protegidas por leis ambientais, a modificação do curso de alguns sangradouros que alteram a drenagem da região e a disposição indevida dos resíduos sólidos urbanos.

Atualmente existe uma grande discussão com relação ao destino final dos resíduos sólidos produzidos pelos centros urbanos, que muitas vezes é realizado de forma irregular, aumentando a degradação do meio ambiente. Esses resíduos são considerados a expressão mais visível e concreta dos riscos ambientais, ocupando um importante papel na estrutura de saneamento de uma comunidade urbana e, por consequência, na qualidade de vida local.

Segundo a NBR 10.004/87 os resíduos sólidos urbanos (RSU) podem ser definidos como “aqueles resíduos em estado sólido ou semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, de serviços, de varrição e agrícola. Também estão incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento em rede pública de esgotos ou corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis face à melhor tecnologia disponível” (ABNT, 1987; p.1,2).

De acordo com levantamento realizado pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República em 1998, foi estimado que a população brasileira produzia em média aproximadamente 1 kg de lixo por habitante/dia no Brasil, e na Região Sul 0.89 kg de lixo por habitante/dia (Lima, 2005), uma quantidade muito grande que, multiplicado pela população total dos centros urbanos, faz aumentar ainda mais os problemas com relação à destinação final destes resíduos. De acordo com Jucá (2003) são produzidos cerca de 228.413 toneladas de RSU por dia, sendo 125.258 toneladas referentes aos resíduos domiciliares.

Os aterros sanitários surgem como solução imediata para o tratamento e destino final dos RSU. São imprescindíveis em qualquer sistema integrado de resíduos, visto serem considerados técnica e ambientalmente adequados. Assim, a escolha de locais adequados à sua implantação é de extrema importância uma vez que, somente adotando uma política de prevenção, é possível garantir a integridade do meio ambiente em geral.

As ferramentas de geoprocessamento disponíveis em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem detectar áreas com maior ou menor aptidão para instalação de aterros sanitários (Hasenack e Weber, 2000; Tagliani, 2000; Costa, 2001; Luz *et. al.*, 2001; Lima, 2005) devido à ampla organização e integração dos mais variados dados. Essas ferramentas são peças chave na simulação e previsão dos efeitos das transformações, a introduzir num processo de planejamento, permitindo tomadas de decisão mais corretas.

3.2 Objetivos

O presente trabalho objetiva selecionar locais para a implantação de um aterro sanitário no município de São José do Norte, localizado no litoral médio marinho do Rio Grande do Sul.

3.2.1 Objetivos específicos

Realizar um diagnóstico do meio físico-natural;

Realizar uma avaliação das áreas aptas e inaptas à instalação de um aterro sanitário;

Exemplificar a aplicação dos SIG's em análise de planejamento ambiental e urbano.

3.3 Área de estudo

O município de São José do Norte está localizado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (figura 3.1). Sua história geológica começou durante o Pleistoceno com a deposição de extensos pacotes sedimentares de origem marinha ao longo de toda a costa do Rio Grande do Sul, os quais foram encobertos por depósitos eólicos e lagunares formando duas grandes barreiras responsáveis pela geração de dois grandes corpos lagunares, a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim, e que deram a atual configuração para a Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Godolphim, 1976; Villwock & Tomazelli, 1995).

Seus limites territoriais estão entre paralelos 31° 26' 45" e 32° 08' 48" de latitude Sul e entre os meridianos de 51° 09' 58" e 52° 06' 26" de longitude Oeste. A área do município

está dividida em 3 distritos: Sede São José do Norte (1º Distrito), Sede Estreito (2º Distrito) e Sede Bojurú (3º Distrito).

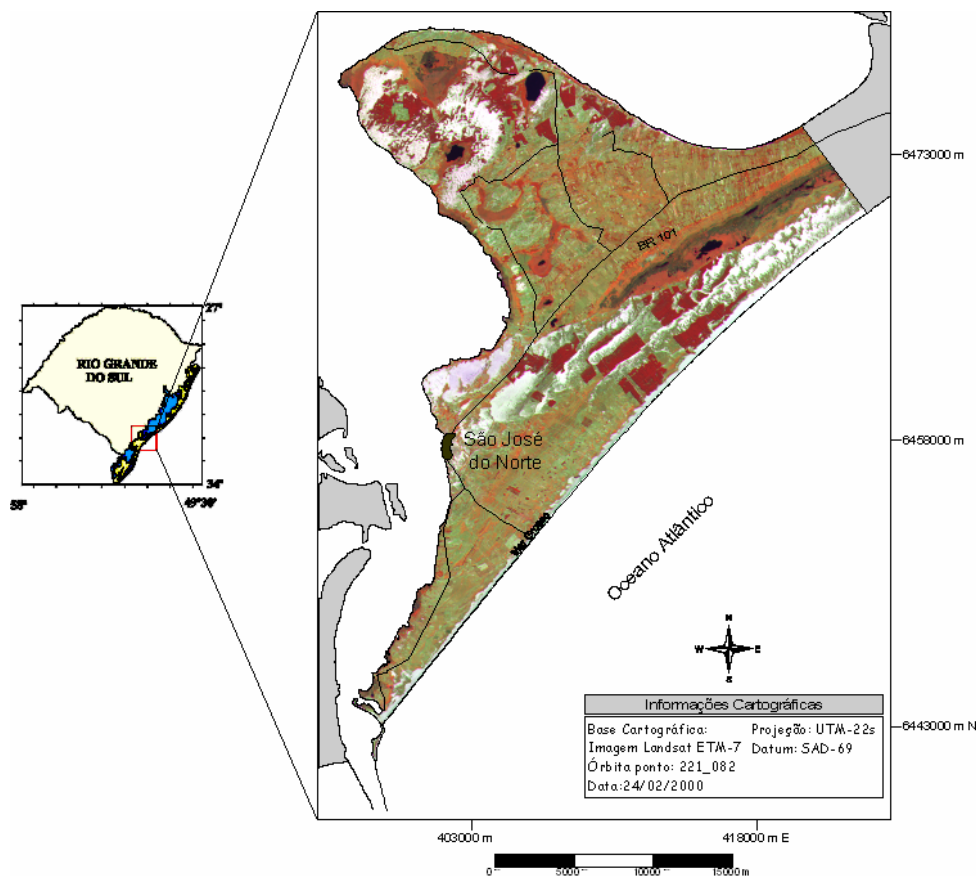


Figura 3.1 – Localização da área de estudo.

3.4 Metodologia

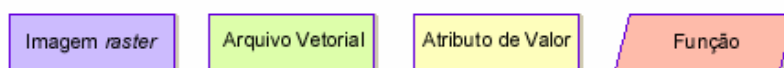
Foi definida uma área entre as coordenadas UTM-22s 395000/6438000 E e 429000/6480500 N para a análise de locais que estariam aptos à instalação de um aterro sanitário, abrangendo somente o 1º distrito de São José do Norte. A definição desta área foi baseada em dois argumentos: 1) maior concentração populacional no 1º distrito em relação aos demais, e 2) as condições da malha rodoviária que encontra-se inacabada em trechos do 2º e 3º distrito.

O software selecionado para a análise geoambiental foi o SIG IDRISI Kilimanjaro®, um programa de fácil utilização que se tornou um dos maiores sistemas de informação e de processamento de imagens (Eastman, 2003). As informações utilizadas incluíram seis mapas temáticos em formato *raster* (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Arquivos *raster* para avaliação de áreas aptas à instalação de um aterro sanitário.

Arquivos <i>raster</i>	
Geologia e Geomorfologia (sjn-geo) Tagliani, (2002)	Área Urbana Tagliani (2002)
Solos (sjn-solos) Tagliani (2002)	Estradas
Áreas com restrição legal de uso (sjn-protege) Tagliani (2002)	Limites Municipais Tagliani (2002)

Todo procedimento realizado será apresentado em forma de fluxograma nos resultados e discussões deste capítulo. A simbologia utilizada nos fluxogramas (fluxograma 3.1) foi baseada no módulo *Macro Modeler* do IDRISI Kilimanjaro, disponível em Eastman (2003):



Fluxograma 3.1 – Simbologia utilizada baseada no módulo Macro Modeler.

3.4.1 Vegetação e Uso do Solo

O processamento digital foi realizado com o auxílio do programa Idrisi Kilimanjaro® e utilizando-se imagens do sistema Landsat 7 com órbita ponto 221_082 de 24/02/2000, consistindo nas seguintes etapas: registro de imagem, realce de contraste, áreas de treinamento, extração de assinaturas, pré-classificação e classificação final.

Registro de imagem: Georreferenciamento refere-se a localização de uma imagem no espaço a partir de um sistema de coordenadas conhecido (Eastman, 2003). O procedimento compreende uma transformação geométrica que relaciona as coordenadas da imagem (linhas e colunas) com as coordenadas do sistema de referência que será utilizado, neste caso o sistema UTM de coordenadas (métrica). O módulo utilizado foi o *Resample*.

Realce de contraste: para que ocorra uma boa interpretação visual das imagens por parte do executor do trabalho, este procedimento é realizado antes da extração das assinaturas espectrais, no pré-processamento, devido ao baixo contraste que as imagens possuem. A manipulação do contraste consiste numa transferência radiométrica (valor digital) em cada

pixel, com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre objetos presentes na imagem. Essa transferência radiométrica é realizada com ajuda de histogramas que são manipulados para obter o realce desejado. O histograma de entrada comprime a maioria dos *pixels* dentro de uma faixa estreita do intervalo de valores radiométricos, representando, portanto, uma imagem de pouco contraste. Com as técnicas de realce de imagens, esse contraste pode ser significativamente aumentado, fazendo com que a frequência se estenda pelos 256 valores digitais possíveis.

No Idrisi Kilimanjaro o módulo *Stretch* fornece três métodos para reescalonar os valores digitais da imagem: Linear com Saturação, Equalização de Histograma e o Linear utilizado neste trabalho. A figura 3.2 mostra o histograma de uma das bandas utilizadas antes de executar o módulo *Stretch*, observe que os níveis de cinza vão de 11 a 178, não se estendendo nos 256 níveis. Após a escolha dos valores mínimo e máximo do histograma, é aplicada uma transformação linear onde a base da reta é posicionada no valor mínimo e o topo da reta no valor máximo, e ao executar *Stretch* ocorre uma saturação nos valores 0 e 255, uma vez que *pixels* de colunas vizinhas, com valores inferiores à opção de mínimo, que originalmente podiam ser diferenciados com base no seu nível de cinza, serão fundidos numa só coluna e passarão a ter valor 0 e o mesmo acontece com os *pixels* de colunas acima do valor máximo, que passarão a ter valor 255. Este procedimento foi realizada para as bandas 3, 4, 5 e 7 utilizadas neste trabalho.

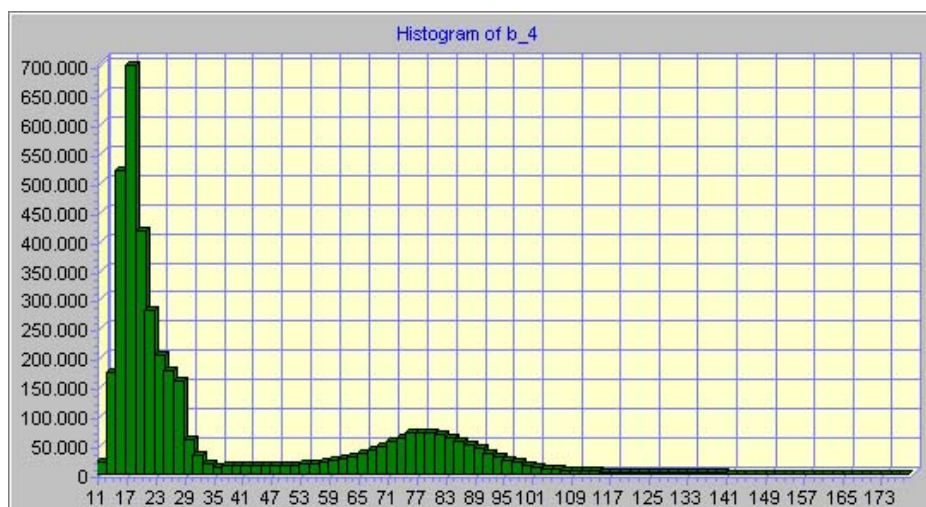


Figura 3.2 – Histograma com níveis de cinza.

Áreas de Treinamento (*training sites*): através do módulo *Digitize* são digitalizados polígonos em áreas que caracterizem tipos específicos de uso e cobertura dos solos que estão presentes na imagem de satélite, como por exemplo áreas de dunas. A digitalização pode ser realizada utilizando uma das bandas com ótimo contraste (banda infra-vermelho próximo, por exemplo) ou uma composição de três bandas que também diferencie os vários tipos de cobertura do solo. Com isso, é gerado um arquivo vetorial que pode apresentar mais de um polígono para cada classe de cobertura do solo.

De acordo com Eastman (2003) para uma boa amostragem é necessário que no mínimo uma área de treinamento seja digitalizada para cada banda utilizada na classificação, logo para cada classe de uso e cobertura do solo foram digitalizados em média de 3 a 6 polígonos. Estes polígonos irão conter a assinatura de cada área digitalizada que serão usadas para realizar a classificação supervisionada através de módulos rígidos (*hard*) e relativos (*soft*) de classificação.

Extração de Assinaturas: após realizar a digitalização de áreas que representem os diversos usos e coberturas do solo, é necessário criar uma característica estatística para cada classe de informação gerada, ou seja, uma assinatura. Através do módulo *Makesig* cria-se assinaturas que irão conter as informações necessárias para discriminar os vários tipos de cobertura do solo. Com módulo *Sigcomp* você visualiza a curva espectral final para as áreas digitalizadas, podendo conferir se a amostragem não possui interferências e que possam dificultar a classificação das imagens (figura 3.3).

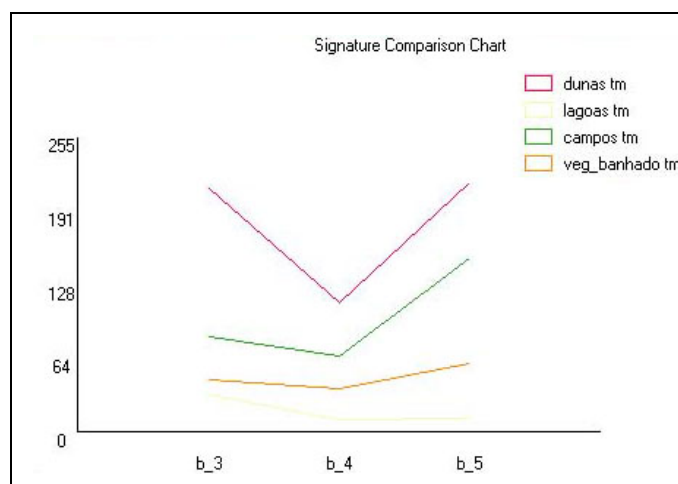
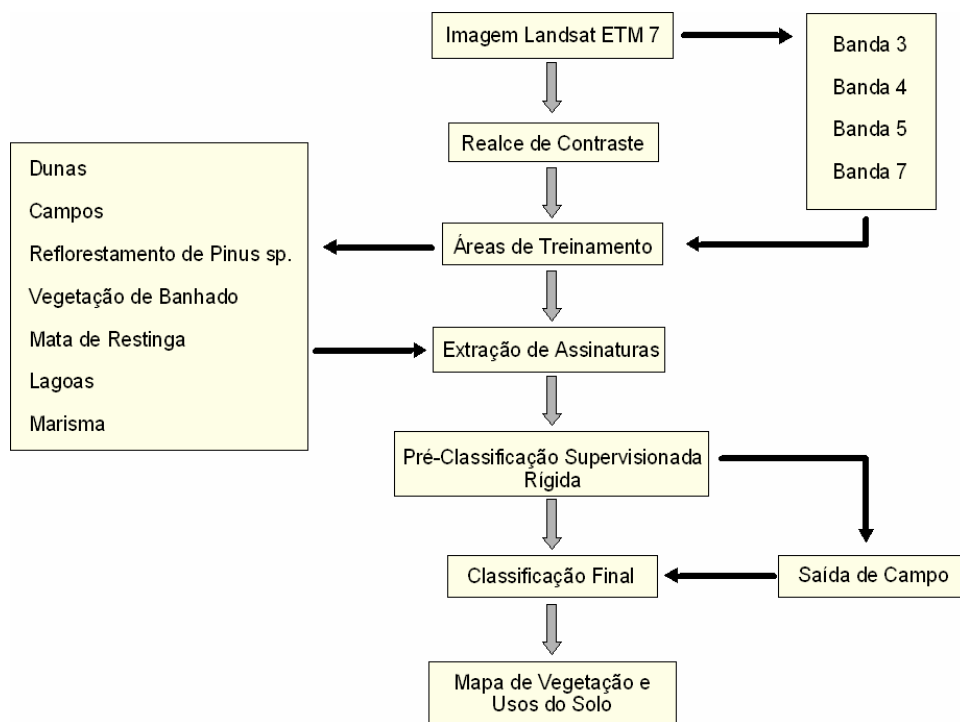


Figura 3.3 – Curva espectral para as áreas de treinamento.

Pré-classificação – Módulo Supervisionado: existem dois módulos de classificadores no Idrisi Kilimanjaro, o rígido (*hard*) e o relativo (*soft*), sendo o primeiro o selecionado neste trabalho.

O módulo de classificação utilizado foi MAXLIKE, que faz parte do módulo rígido, um classificador que utiliza a máxima probabilidade dos *pixels* pertencerem a uma classe pré-definida, a partir das assinaturas espectrais extraídas nas áreas de treinamento. O MAXLIKE também é conhecido como um Classificador Bayesiano, ou seja, baseado no Teorema de Bayes. Este classificador é um dos mais utilizados em trabalhos de classificação de imagens (Eastman, 2003).

O fluxograma 3.2 mostra as etapas realizadas para a classificação da vegetação e uso dos solos em São José do Norte.



Fluxograma 3.2 – Etapas realizadas para classificação da vegetação e uso do solo.

3.5 Vegetação e Uso do Solo na área de estudo

A composição da cobertura vegetal de uma região resulta da combinação de atributos geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e pedológicos (Tagliani, 2002). No Rio Grande do Sul, a interação desses atributos permitiu o desenvolvimento de comunidades vegetais, as quais, após extenso e detalhado estudo da vegetação original

realizado na região Sul do Brasil pelo Projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986), permitiram a identificação de sete regiões fitoecológicas e duas áreas sob condições ecológicas especiais, sendo que a região de São José do Norte possui somente uma destas regiões: Área das Formações Pioneiras.

Na área de estudo ocorre o segmento de uma das Províncias Morfológicas do Rio Grande do Sul – a Planície Costeira - a qual, em função da sua gênese, idade, litologia, relevo e processos físicos ativos que atuaram no passado e que ainda hoje estão atuantes, ocorre um tipo de cobertura vegetal sob influência predominantemente marítima. Dentre as regiões fitoecológicas identificadas no Projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986), para o Estado do Rio Grande do Sul, está presente na área de estudo uma cobertura vegetal do tipo Formação Pioneira.

A área ocupada pelos diferentes tipos de cobertura vegetal e usos do solo na região de estudo pode ser vista na tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Área ocupada pelos diferentes tipos de vegetação e uso do solo.

Vegetação e Uso do Solo		
Categoria	Área (Hectares)	Legenda
1	26551,8	Campos
2	4839,57	Dunas
3	198,27	Lagoas
4	2592,72	Mata de Restinga
5	2283,21	Reflorestamento de <i>Pinus sp.</i>
6	1160,01	Vegetação de Banhado
7	182,34	Marisma
8	352,8	Praia

3.5.1 Praias oceânicas

As praias oceânicas são definidas por Komar (1998) como um local de acumulação de sedimentos inconsolidados, com granulometria diversificada, e que se estende desde o limite continental de ação de ondas de tempestades até águas com profundidade entre 10 a 20 m, na maré baixa. Estas praias abertas e expostas à ação de ondas, com baixa atuação de marés astronômicas possuem, geralmente, orientação NE-SO. De acordo com o esquema classificatório proposto por Wright *et. al.* (1984) a morfodinâmica ao longo das

praias é dissipativa e próximo ao molhe leste ocorre maior mobilidade, o que imprime uma característica intermediária (De Oliveira, capítulo 2).



Figura 3.5 – Praia do Mar Grosso.

3.5.2 Dunas

As dunas frontais, feições que ocorrem principalmente em praias dissipativas dominadas por ondas (Carter *et al.*, 1990), são definidas como cordões paralelos à linha de costa e formadas logo após o pós-praia quando sedimentos, preferencialmente de granulometria fina, são transportados pelo vento e encontram algum tipo de barreira, principalmente a vegetação.

As formações vegetais que se desenvolvem sob os depósitos de areias quartzosas inconsolidadas formam uma faixa contínua ao longo da restinga de São José do Norte, que varia de 1 a 3 m de altura, aproximadamente. Seeliger (1992) identifica 71 espécies de plantas que contribuem para a composição florística das dunas costeiras. De uma maneira geral, a vegetação de dunas distribui-se segundo um gradiente que varia de acordo com o afastamento da linha de costa. Os terrenos mais afastados da costa e as dunas obliteradas apresentam uma maior diversidade e cobertura vegetal devido, em grande parte, ao substrato mais estável e influenciado pelas oscilações do lençol freático (figura 3.6).



Figura 3.6 – Vegetação das dunas costeiras litorâneas de São José do Norte.

Próximo à área urbana de São José do Norte e nas margens da laguna dos Patos também ocorre à formação destas feições, entretanto modificadas por ação antrópica. É possível observar construções localizadas sobre ou muito próximas às dunas (figura 3.7).



Figura 3.7 – Dunas lagunares em São José do Norte.

3.5.3 Campos litorâneos

Os campos litorâneos são campos inundáveis de gramíneas rasteiras estolhosas, entretanto seu aproveitamento é prejudicado nos meses de inverno quando sofrem inundações, mas podendo ser aproveitados para pastagens nos meses de verão.

Os campos litorâneos compreendem todas as formações herbáceas de baixo porte (figura 3.8), com fisionomia e composição taxonômica semelhantes, considerando prioritariamente a uniformidade de formas biológicas das espécies e, em segundo plano, o habitat ocupado pelas mesmas. As feições geomorfológicas ocupadas pelos campos litorâneos abarcam terraços, barreiras, mantos de aspersão e dunas obliteradas. As variações de composição e estrutura devem-se a fatores edáficos bem definidos.

Os campos, considerando os arenosos e úmidos, constituem-se nas comunidades vegetais predominantes em termos regionais, e em São José do Norte ocupam 69.6% da área municipal (26.552 ha).



Figura 3.8 – Vegetação de campos em São José do Norte e ao fundo *Pinus sp.*

3.5.4 Lagoas

As lagoas (lagos e lagunas) de idade holocênica existentes ao longo da costa do Rio Grande do Sul representam um dos traços mais expressivos da paisagem de sua planície costeira, com grande importância ecológica, sócio-econômica e cênica (Tomazelli e Dillemburg, 2005). Em São José do Norte elas representam 198,27 hectares do território municipal e formam uma paisagem única, com dunas e vegetação de banhados, um atrativo para o desenvolvimento do turismo ecológico (figura 3.9).



Figura 3.9 – Lagoas interiores localizadas em São José do Norte.

3.5.5 Mata de Restinga

As matas de restinga são compostas de espécies arbóreas e ocupam as encostas das falésias e desníveis topográficos entre unidades geomorfológicas distintas, formando grupamentos longos e estreitos, bem como na parte inferior das encostas e em depressões úmidas ou até alagadas. É comum a ocorrência de estreitas faixas de matas de restinga (ripárias) ao longo de canais retificados utilizados para irrigação de lavouras de arroz.

As matas nativas encontradas na região do médio litoral, correspondendo à restinga da laguna dos Patos, são caracterizadas como Matas de Restinga, cuja distribuição segue, via de regra, um ordenamento paralelo à costa. Formam grupamentos longos e estreitos ocupando áreas cujas condições edáficas favorecem o desenvolvimento das espécies arbóreas (Klein in FURG & HAR Eng., 1999 *apud* Tagliani, 2002.). Na restinga da Laguna dos Patos, as matas nativas ocupam justamente as encostas das barreiras formadoras das planícies mais elevadas, tanto na margem do oceano quanto da laguna, bem como acompanhando cursos d'água.

Em São José do Norte, as maiores extensões de mata de restinga ocorrem acompanhando a falésia de abrasão marinha fóssil na região do Estreito (figura 3.10) e na transição da barreira para os terraços lagunares da Laguna dos Patos na região do Estreito.

A área total ocupada pelos remanescentes destas comunidades vegetais, nessa região, é de 2.593 há, 8% da área de estudo.



Figura 3.10 – Mata de restinga em São José do Norte.

3.5.6 Reflorestamento de *Pinus sp.*

Os reflorestamentos com espécies exóticas ocupam uma parcela significativa da região. Os talhões de *Pinus sp.* são mais freqüentes e volumosos do que os de Eucaliptus, encontrados em outros municípios próximos a São José do Norte, como Rio Grande e Pelotas. Ambas as espécies ocupam atualmente áreas originalmente cobertas por campos arenícolas. Em São José do Norte, as florestas de *Pinus sp.* ocupam uma área de 2.283 ha, 6% da área do município (figura 3.11).

3.5.7 Vegetação de Banhado

Os banhados (figura 3.12) representam um elemento importante na determinação da fisionomia natural dessa região. Banhado, segundo Ringuelet (*apud* FURG & HAR Eng., 1999), “é um corpo d’água semipermanente ou temporário, onde não são definidas nem a bacia nem o contorno ou perímetro e sem sedimento próprio, com vegetação emergente abundante, deixando poucos espaços livres, podendo, se formado em depressões suficientemente fundas, ser permanente. Constitui-se num solo inundável, vegetado por

comunidades seriais, não climáticas”. Na planície costeira do Rio Grande do Sul, os banhados são áreas saturadas de água, de baixa altitude, sobre planícies quaternárias e cobertas por vegetação higrófila.

No município de São José do Norte os banhados estão geralmente associados às margens das lagoas, fazendo a transição destas com outras formações. As maiores extensões de banhados, nessa região, localizam-se no Banhado Vitória, na região do Estreito. A área ocupada pela vegetação de banhados é de cerca de 1.160 ha, 3% da área do município.



Figura 3.11 – Reflorestamento de *Pinus sp.* em São José do Norte.



Figura 3.12 – Vegetação de banhados em São José do Norte.

3.5.8 Marismas

As marismas ocupam margens e pequenas ilhas do estuário (figura 3.13) sendo consideradas áreas de proteção, moradia, alimentação e berçário para uma infinidade de organismos, tais como: aves, moluscos e crustáceos, entre outros (Costa, 1997). A vegetação característica é a herbácea, ereta, perene, tolerante às variações de salinidade, sendo submetida à dessecação e inundações irregulares. As comunidades vegetais desempenham importante papel na estabilidade do substrato, impedindo a erosão, representando o habitat de diversos organismos e constituindo importante fonte de detritos para as teias tróficas estuarinas (Cordazzo e Seeliger, 1988).

Esta comunidade vegetal encontra-se na área de estudo em aproximadamente 183 ha, menos de 1% da área de estudo.



Figura 3.13 – Vegetação de marisma em São José do Norte.

3.6 Critérios para seleção de locais para implantação de aterros sanitários

Para a implantação de aterros sanitários é necessária a escolha de locais adequados, sendo que critérios ambientais, sociais e econômicos devem ser analisados. Este processo pode ser dividido em duas etapas, a primeira análise deve ser realizada em macroescala, com o estudo dos critérios ambientais possuindo papel de destaque, e na

segunda etapa realizasse uma análise em microescala com os fatores sociais e econômicos sendo destacados no processo.

A aptidão natural de um local para a construção de um aterro sanitário deve obedecer a uma série de fatores, podendo ser citados de forma geral a formação geológica, o tipo de solo, a topografia, condições climáticas entre outros. Para isso é necessário que se estabeleçam critérios que identifiquem quais áreas podem ser classificadas como aptas/inaptas ou que possuem maior ou menor aptidão. Em geoprocessamento os dados devem ser mensuráveis e que se possam constituir, na hora da decisão, um fator atrativo ou restritivo.

Para a identificação de quais áreas podem ser consideradas aptas para a instalação de um aterro sanitário, foram utilizados os critérios em uso na FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental/RS) e descritos em Ferraro *et. al.* (2003), sendo eles:

1. As áreas deverão ser selecionadas, preferencialmente, com base na interpretação de fotografias aéreas e cartas topográficas, antes de qualquer levantamento de campo.

2. Deverão ser preservadas as florestas e demais formas de vegetação nativas, conforme Lei Federal nº 4771/65 e Lei Estadual nº 9519/92 bem como a vegetação localizada dos cursos d'água, nascentes permanentes ou temporárias, topo de morros estabelecidas no Art. 3º da Resolução 004/85 do CONAMA.

3. A área deverá estar de acordo com a legislação do uso do solo vigente municipal, estadual e federal.

4. O aterro deverá situar-se a mais de 200 m de nascentes, arroios e outros mananciais de água, com a distância medida horizontalmente a partir da cota máxima de inundação.

5. O nível da água do freático deverá situar-se no mínimo a 2 m da base do aterro.

6. O aterro deverá situar-se no mínimo a 2 km e, no máximo, a 15 km de núcleos residenciais.

7. O aterro deverá manter uma distância mínima de 20 m a partir da faixa de domínio de rodovias, estradas ou caminhos e de 10 m das divisas com propriedades vizinhas.

8. A área deverá situar-se de forma que os ventos predominantes não soprem em direção a núcleos residenciais.

9. A área deverá ser estruturalmente sólida e permanente, não sujeita a inundação, desmoronamento ou outros fenômenos similares.

10. A declividade da área deverá situar-se ente 2 e 20%.

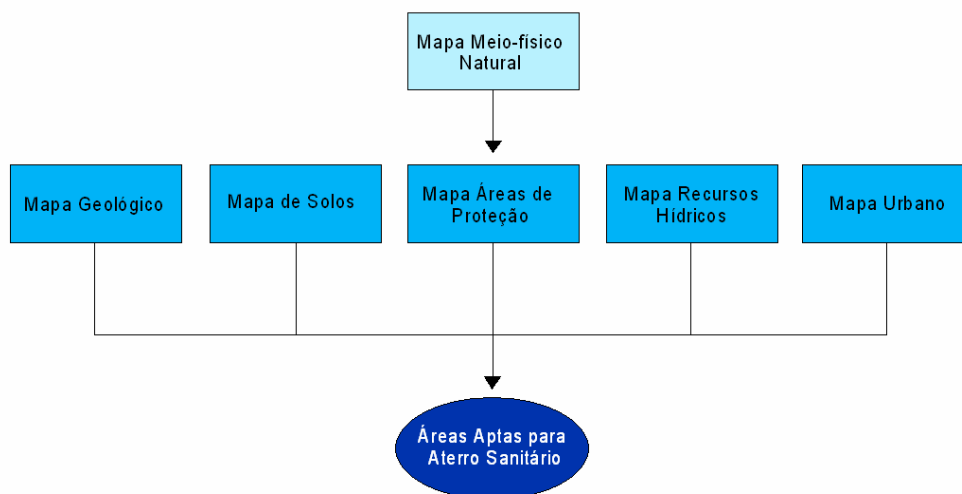
11. A área deverá possuir jazidas de empréstimo próximas ou possuir no local material adequado e suficiente para cobertura de resíduos, sendo que as jazidas e áreas de empréstimo deverão estar licenciadas.

12. O aterro deverá ter capacidade para receber os rejeitos pelo período mínimo de 10 anos.

13. A área deverá ter condições de acesso e de operação mesmo em época de chuva.

14. É aconselhável dispor de área suficientemente para ampliação de aterro.

Com a escolha de todos os parâmetros que serão utilizados na avaliação de áreas para instalação de aterros sanitários, e que serão cruzados através de técnicas específicas de geoprocessamento, é necessário que sejam detectadas as aptidões e restrições para cada parâmetro. A seguir o fluxograma mostra os mapas utilizados com as respectivas informações pertinentes a avaliação de áreas para a instalação de um aterro sanitário e a descrição de todos os fatores utilizados.



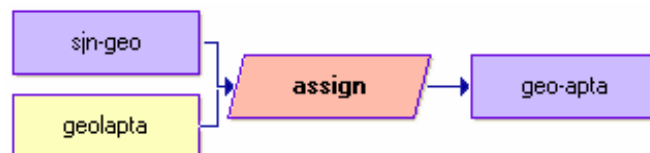
Fluxograma 3.3 – Estrutura para avaliação de áreas para instalação de um aterro sanitário.

3.6.1 Fator Geologia

Para atender os critérios de aptidão 5 e 9, listados anteriormente, poder-se-ia analisar as cartas topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG) na escala de 1:50000, visando selecionar as áreas de maior altitude. Entretanto, as curvas de nível nestas cartas apresentam um intervalo de 20 metros, uma diferença de cota não encontrada em São José do Norte.

Alternativamente, a informação desejada pode ser obtida pela análise da geologia e geomorfologia dos depósitos sedimentares da região. Assim, através do mapa geológico da área, digitalizado por Tagliani (2002) a partir do mapa original do CECO-UFRGS (Caldasso *et al.*, 2000 e Rodrigues *et. al.*, 2000), ficou constatado que as os locais com maior altitude são aqueles representados pelas barreiras marinhas pleistocênicas que variam de 12 a 20 m de altitude, muitas vezes recoberta por mantos de aspersão eólica.

Com isso somente as áreas onde há barreiras pleistocênicas foram classificadas como aptas e o restante como inaptas. Essas áreas foram selecionadas do mapa geológico e reclassificadas de modo a gerarem uma imagem *boolena*, ou seja, todos os *pixels* da imagem só tem valores 0 e 1, sendo que as áreas aptas possuem o último valor (figura 3.14). O fluxograma 3.4 mostra as fases do processamento utilizado, com os nomes dos arquivos base, os módulos do IDRISI utilizados em cada passo e a imagem resultado (geo-*apta*).



Fluxograma 3.4 – Processamento das áreas aptas a partir do fator geologia.

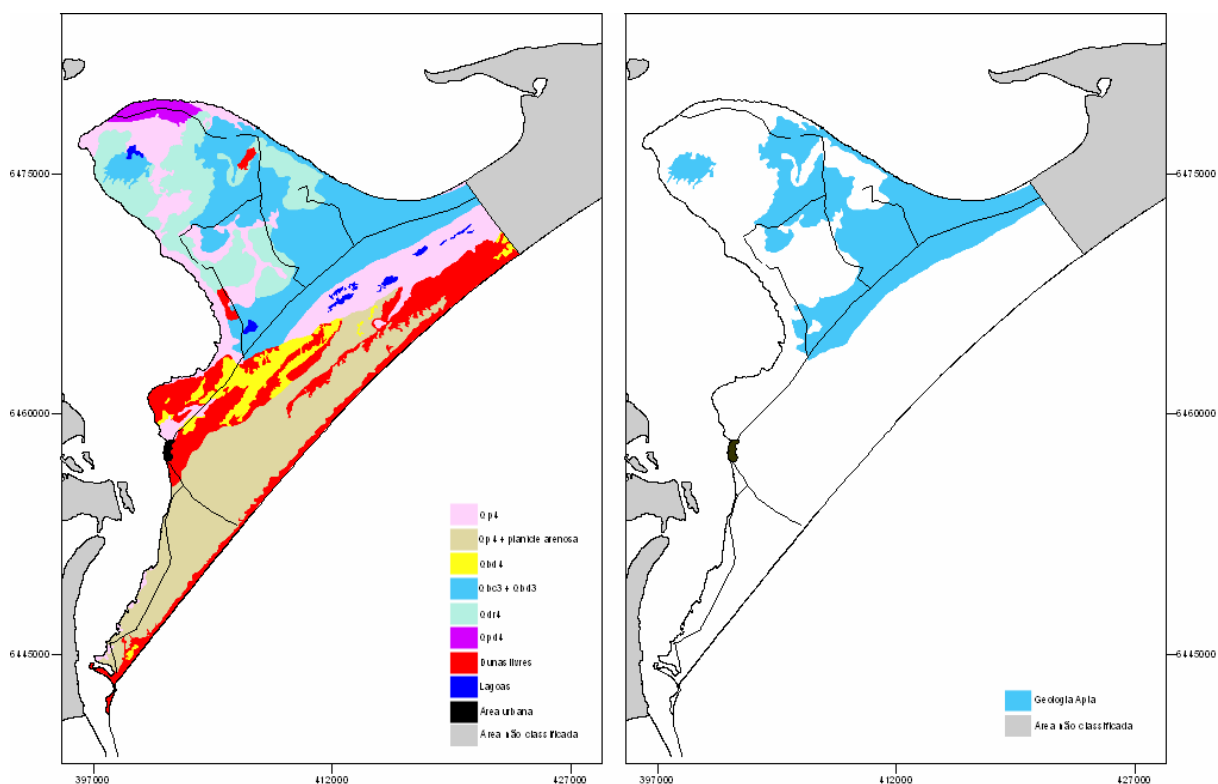


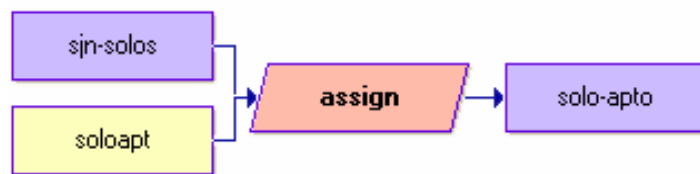
Figura 3.14 – Mapa geológico de São José do Norte e imagem booleana com a geologia apta.

3.6.2 Fator Solo

A partir do mapeamento dos solos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) e da caracterização dos solos e a capacidade de uso das terras realizadas por Cunha (1994) no município de São José do Norte, Tagliani (2002) através de digitalização dos mapas na escala original de 1:100000, elaborou mapas digitais de solos e capacidade de uso da terra utilizando rotinas específicas do SIG IDRISI 32[®] (figura 3.15).

De acordo com os autores, a restinga litorânea de São José do Norte é formada por distintos níveis sedimentares quaternários, com solos hidromórficos. As áreas compreendidas pelos depósitos marinhos pleistocênicos apresentam Planossolos (Ple), que são imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou sub-superficial eluvial, de textura mais arenosa, que contrasta abruptamente com o horizonte B plânico mais adensado, geralmente de elevada concentração de argila com permeabilidade lenta ou muito lenta (Streck *et. al.*, 2002).

Entre as classes de solos presentes na área de estudo, os Planossolos foram considerados com maior aptidão para a instalação de um aterro sanitário, devido principalmente ao fato de que nestes locais o perfil do solo possui concentração de argila iluvial em um nível a mais ou menos 2 m de profundidade (Tagliani, 2000) que forma uma camada relativamente impermeável, criando um isolamento de proteção para os aquíferos subjacentes. Assim, à semelhança do fator anterior, procedeu-se a reclassificação do mapa de solos (Fluxograma 3.5) a fim de se reter apenas os locais de ocorrência de Planossolos na área de estudo (figura 3.15)



Fluxograma 3.5 – Processamento para geração da imagem com os solos aptos.

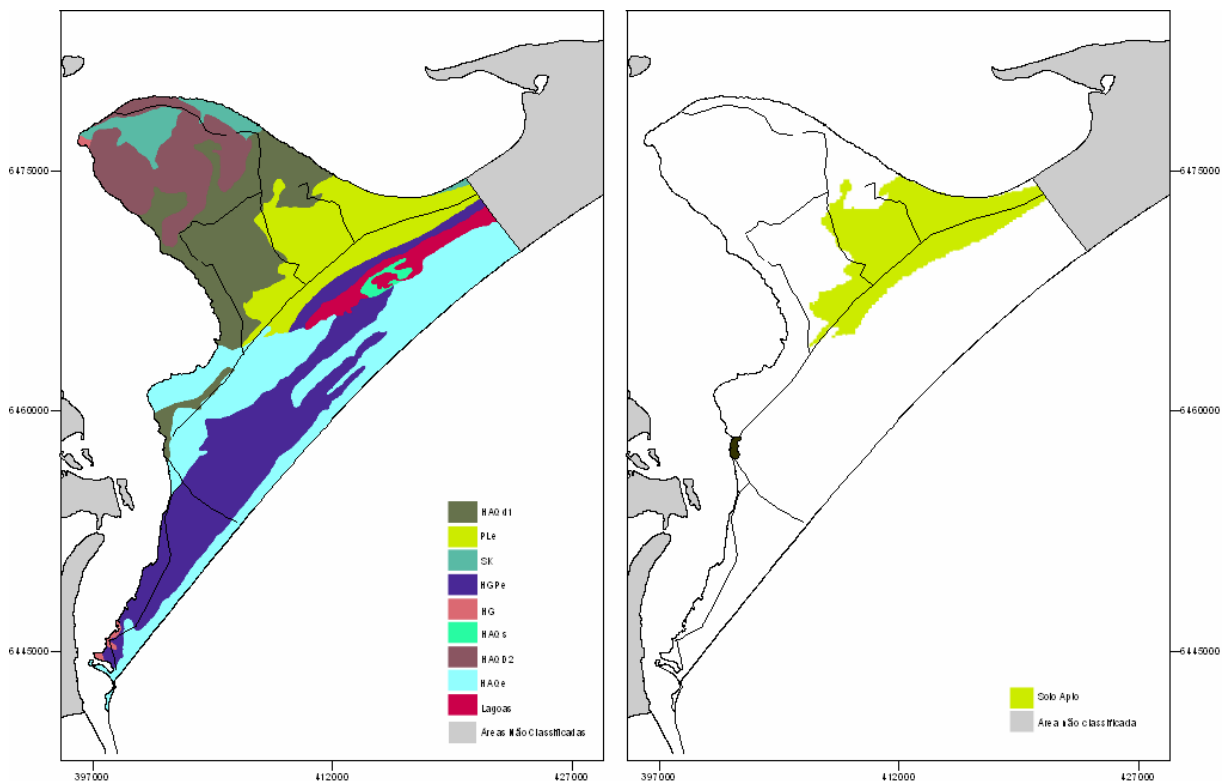


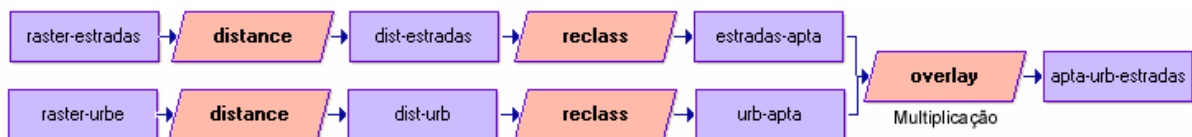
Figura 3.15 – Solos de São José do Norte e solo apto.

3.6.3 Fator Distância: Centros Urbanos e Estradas

É fundamental que as áreas aptas para a instalação do projeto estejam próximas a centros urbanos e de estradas, facilitando o acesso dos caminhões. Entretanto a instalação

do aterro sanitário as margens das estradas causaria uma série de impactos negativos, de modo que uma faixa de proteção seria adequada. Assim, utilizando a proposta de Weber e Hasenack (2000) que delimita uma área mínima de 200 m e máxima de 20 km de distância da estrada, aplicou-se o módulo *distance* sobre uma imagem em formato raster das estradas e após reclassificando a imagem resultante de modo a reter apenas as distâncias acima determinadas.

Em relação à distância da principal fonte geradora, o centro urbano do município, utilizou-se com valores mínimos e máximos aqueles sugerido por Ferraro *et al.* (2003), ou seja 5 e 15 km respectivamente. O mesmo procedimento descrito anteriormente foi aplicado, agora sobre uma imagem da área urbana.. As duas imagens finais foram agrupadas (módulo *overlay*-multiplicação) gerando uma terceira que mostra somente as áreas aptas que atendem simultaneamente os dois critérios modelados . O fluxograma 3.6 mostra cada passo realizado.



Fluxograma 3.6 – Processamento para detectar os fatores favoráveis à instalação do aterro sanitário quanto à urbanização e estradas.

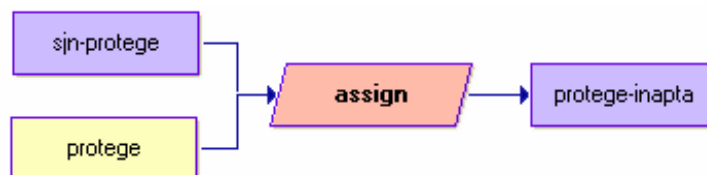
3.6.4 Fator de restrição absoluta

No município de São José do Norte existem áreas que encontram-se amparadas por leis ambientais federais, estaduais e municipais que possuem algum grau de proteção ou restritas para determinados tipos de uso. Através dos dispositivos legais de cada uma destas esferas do poder legislativo. Tagliani (2002) mapeou todas as áreas de preservação permanente ou com algum tipo de restrição utilizando rotinas computacionais de geoprocessamento para os municípios de Rio Grande, Pelotas e São José do Norte. As unidades mapeadas em São José do Norte estão descritas na tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Unidades de preservação e conservação ambiental mapeadas em São José do Norte (Tagliani, 2002).

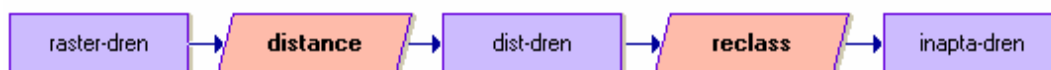
Áreas de Proteção	
I.	Áreas de preservação permanente correspondendo às matas nativas e demais formas de vegetação natural: a. Matas de restinga b. Marismas c. Vegetação de banhados
II.	Lagoas, ilhas e praias lagunares.
III.	Dunas móveis, fixas e semi-fixas, e sua vegetação fixadora.
IV.	Faixas de proteção: a. 100 metros das lagoas com mais de 20 ha de área. b. 100 metros das margens da Laguna dos Patos. c. 300 metros da linha de costa marítima
V.	Recursos hídricos da Parte Sul do estuário da Laguna dos Patos, objeto de enquadramento legal pela FEPAM: a. Classe 1 – Arroios de São José do Norte que drenam para o canal de Rio Grande.

Todas as áreas de proteção ou com restrições de uso em São José do Norte foram agrupadas em uma imagem *booleana* com valor 1, representando, então áreas inaptas ao uso proposto (fluxograma 3.7).



Fluxograma 3.7 – Processamento para geração da imagem com fatores restritivos.

Uma outra restrição de uso diz respeito à distância mínima de corpos hídricos (200 m), como descrito em Ferraro *et al.* (2003). Esse critério foi mapeado utilizando as rotinas *distance* e *reclass* do SIG. O fluxograma 3.8 mostra os passos realizados.

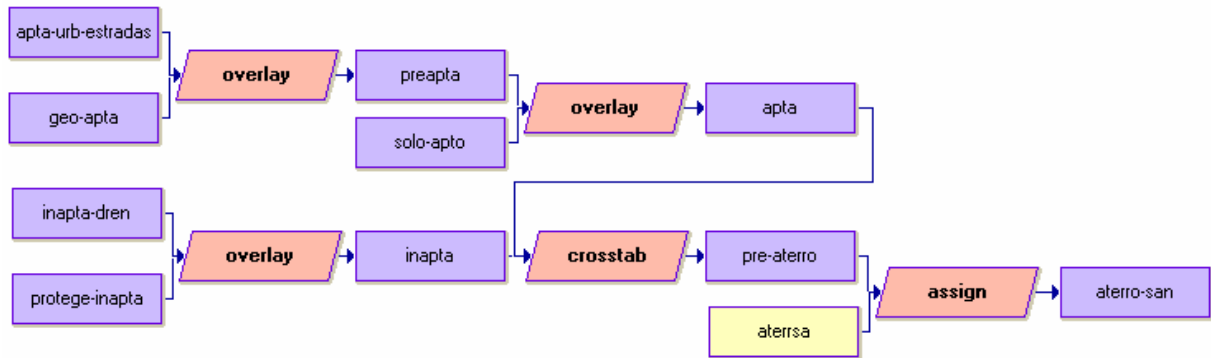


Fluxograma 3.8 – Processamento para gerar a imagem inapta-dren.

3.7 Integração dos Resultados e Discussões

O fluxograma 3.9 resume os passos utilizados para gerar a imagem final (aterro-san) que preencheu todos os critérios favoráveis e restritivos descritos anteriormente. Para cruzar as informações de aptidão e restrição, a fim de identificar o local para a instalação do aterro

sanitário, utilizou-se a módulo Crosstab. Este módulo compara duas imagens com dados qualitativos, gerando uma terceira imagem que irá mostrar a combinação de todas as categorias existentes nas duas imagens (Eastman, 2003), neste caso as imagens apta e inapta.



Fluxograma 3.9 – Processamento para gerar a imagem final (aterro-san).

A análise da imagem pré-aterro gerada pela combinação de duas imagens com valores 0 e 1, onde na imagem apta o valor 1 são as áreas favoráveis e na imagem inapta o valor 1 são as áreas desfavoráveis, mostrou que somente as áreas que compreendem a soma dos valores 0 e 1 das imagens inapta e apta, respectivamente, são indicadas para a instalação de um aterro sanitário. Com isso a partir do módulo *assign* criou-se uma nova imagem onde todas as áreas que compreendem a soma dos valores 0 e 1 das imagens inapta e apta, respectivamente, recebesse o valor 1 e o restante o valor 0. O resultado é a imagem aterro-san.

A figura 3.13 mostra as áreas que foram consideradas aptas para a disposição final dos RSU. Ao todo três áreas foram consideradas aptas para a instalação totalizando 1.405 hectares. A maior parte das áreas está localizada a esquerda da BR 101 no sentido São José do Norte/Porto Alegre.

Após a escolha das áreas aptas à instalação do aterro sanitário, analisou-se o critério 8 descrito por Ferraro *et. al.* (2003). O vento predominante, de acordo com Tomazelli (1993) e Krusche *et. al.* (2002), seria de NE e secundariamente SO e SE, respectivamente. Com isso, ficou constatado que os núcleos residenciais não seriam atingidos pelo odor do aterro sanitário, principalmente se a área apta hachurada em verde (anexo 3.2) for à escolhida como a mais favorável entre as três selecionadas.

A utilização de ferramentas de geoprocessamento para o planejamento ambiental e urbano já é uma realidade, devido à capacidade de agrupar e cruzar uma variedade de informações pertinentes ao planejamento, como aqui realizado. Existem vários trabalhos que comprovam a aplicação do geoprocessamento, como na avaliação do potencial de erosão do solo (Alves *et. al.*, 2005), na elaboração de cartas de sensibilidade ambiental ao derrame de óleo (Castro *et. al.*, 2005), no subsídio ao planejamento de rodovias (Penido *et. al.*, 1998), na análise de vulnerabilidade ao derrame de óleo na orla marítima (Pereira, 2005) e na avaliação de áreas aptas a instalação de aterro sanitário (Weber e Hasenack, 2000), este último com mesmo enfoque deste trabalho.

A análise realizada neste trabalho indicou áreas favoráveis baseadas nos critérios apontados e através de geoprocessamento. Entretanto para a tomada de decisão, quando da possível efetivação da obra de engenharia, serão necessários estudos em nível local, em uma escala de maior detalhe. As técnicas utilizadas neste trabalho facilitaram na redução das áreas que devem passar por este estudo, facilitando e diminuindo tanto a escala de pesquisa final quanto os custos envolvidos no projeto de construção do aterro.

A maioria dos centros urbanos encaminhava seus resíduos, ou ainda o faz, para os chamados lixões, locais afastados do perímetro urbano onde o lixo é depositado a céu aberto sem levar em consideração as características locais, na maioria das vezes localizados em áreas impróprias causando sérios danos ao meio ambiente. Atualmente os aterros sanitários são considerados a forma mais viável e que visam causar o menor dano possível ao meio ambiente e as comunidades locais.

Para Farinha e Barata (1993, apud Luz *et. al.* 2001) o aterro sanitário é a forma mais econômica e tecnicamente menos complicada para a deposição dos RSU em municípios com reduzida densidade populacional e com escassez de verbas, situação esta encontrada para alguns municípios litorâneos do Rio Grande do Sul, como é o caso de São José do Norte.

O espaço urbano globalizado é marcado por relações sociais, econômicas e culturais em constante e acelerada mutação (Santos, 1994). A par desses processos, também a

questão relativa ao meio ambiente é evidenciada pela degradação socioambiental generalizada. Quando alterações ambientais são detectadas, espera-se que medidas corretivas ou que minimizem as alterações sejam realizadas. Esta é a função de iniciativas do gerenciamento costeiro, normalmente uma resposta para os diversos conflitos que ocorrem entre a paisagem e a sociedade (Kay e Alder, 1999).

A crescente expansão das atividades antrópicas sobre o meio ambiente, tem gerado aumento expressivo da demanda por tecnologias de manejo ambiental (Trotter, 1991). O mapeamento dos recursos naturais renováveis e não renováveis possibilitou o aperfeiçoamento dos Sistemas de Informação Geográficos (SIG's), que inicialmente apenas auxiliavam na elaboração de mapas, mas cada vez mais vêm sendo utilizados no auxílio de extração de informações e tomada de decisões.

A disposição indevida de RSU em São José do Norte e um destes conflitos que ocorre em vários municípios ao longo de todo Estado, entretanto levantamentos técnicos necessários à correção da prática de deposição indevida do lixo urbano sobre as dunas do Mar Grosso realizada entre as décadas de 80 e 90 ainda não foram realizados (figura 3.16).

Atualmente a administração municipal não deposita o lixo sobre as dunas, entretanto não houve iniciativa nem por parte do município nem pelo Estado para a remobilização deste material ou outra forma de manejo que revitalizasse o ambiente. Sabe-se que por lei federal as áreas de dunas são protegidas e deve-se conserva-las até um limite de 300 m a partir do reverso da duna frontal.

Como consequência a Praia do Mar Grosso mesmo sendo caracterizada como um balneário ainda de baixo atrativo para veraneio, é também um dos mais poluídos por dejetos como garrafas, sacos plásticos, papéis, restos de construções, e outros devido à remobilização do lixo que se encontra nas dunas pela ação dos ventos e tempestades.

Além da questão técnica, o acúmulo de lixo em uma região impossibilita o uso do espaço físico para outras finalidades, sem contar o impacto no aspecto visual, comprometendo a harmonia paisagística do local. As praias são conhecidas pelas suas características naturais, um ambiente procurado por todas as classes sociais, onde na

maioria das vezes existe somente a instalação de infra-estrutura que favoreça o bem-estar dos visitantes, e não a instalação de lixões a céu aberto que com certeza reduziria o número de veranistas e turistas.



Figura 3.16 – Área de dunas onde foi depositado RSU na década de 80.

Os molhes da Barra são conhecidos como pontos turísticos de grande importância, e as praias adjacentes por sua vez, também são valorizadas pelos veranistas e turistas, como pode ser observado no molhe oeste, onde já existe um projeto para a construção de uma infra-estrutura que beneficiaria quem utiliza aquele local e, ao mesmo tempo, atraindo um maior número de visitantes. Projetos similares também poderiam ser realizados no Mar Grosso, entretanto o lixão sobre as dunas é uma barreira fundamental a ser transpassada, a fim de que incentivos ao turismo possam ser efetivados.

Além das alterações observadas nas dunas, também pode ser detectado a mesma tendência onde atualmente são depositados os RSU, que está localizado em uma área alagadiça, sem controle algum o que prejudica a funcionalidade do ambiente naquele local.

Ou seja, novamente os RSU estão sendo depositados em locais impróprios, prejudicando o meio ambiente (figura 3.17).



Figura 3.17 – Local onde atualmente são depositados os RSU de São José do Norte.

De acordo com Junior *et. al.* (2005) nos lixões são encontrados plásticos descartados, solventes, lâmpadas, embalagens de aerossóis, baterias, resto de tintas e de produtos de limpeza, pesticidas e fungicidas, óleos lubrificantes usados, materiais fotográficos e radiográficos, latarias de alimentos, medicamentos com prazo de validade vencida e aditivos, fontes de metais pesados como o chumbo, mercúrio, cádmio, arsênio, cromo, zinco, e manganês nocivos a saúde (WHO, 1995 *apud* Junior *et. al.*, 2005). Estes metais podem ser percolados pelo chorume, misturando-se com a água da chuva infiltrando e poluindo o solo, podendo alcançar o lençol freático e contaminando assim a água subterrânea, podendo atingir as plantas, os animais e o homem (Magossi e Bonacella, 1991; Serra *et al.*, 1998).

Além do chorume, a decomposição do material orgânico presente nos resíduos sólidos gera gás metano (CH₄), gás sulfídrico e outros gases, que são responsáveis por odores desagradáveis, causam escurecimento de pintura de edificações e se tornam explosivos quando armazenados em um local fechado, além da possibilidade de causar doenças respiratórias em algumas pessoas, o que enfatiza a necessidade do estudo a ser realizado pelos órgãos públicos administrativos para a deposição correta dos RSU.

Entretanto muitas vezes há o afastamento dos órgãos públicos administrativos do conhecimento ambiental, e por consequência de ferramentas específicas de avaliação ambiental, permitindo com que esta seja uma das possíveis causas para que decisões acerca da deposição final dos RSU fossem tomadas de forma irregular em São José do Norte, assim como em outros municípios, a exemplo Rio Grande que também possui um lixão em área irregular e que está com sua capacidade ultrapassada.

Mesmo com a criação de programas ambientais como o PNGC, é possível constatar que as políticas urbanas, e por consequência o planejamento urbano, não leva em conta as características ambientais, o que ainda cria uma lacuna entre meio ambiente e qualidade de vida da população. Entre algumas das causas podemos indicar a ausência de profissionais capacitados ligados aos órgãos gestores e a inexpressiva ou completamente ausente educação ambiental em escolas de ensino fundamental e médio, que proporcionaria à sociedade perceber que existe uma interdependência entre social e ambiental (Dulac e Rosado, 1999).

Para que os municípios localizados em áreas litorâneas e costeiras ordenem seus espaços, a FEPAM propôs a realização do plano de zoneamento ecológico-econômico, já realizado para o litoral norte do Estado, disponibilizando diretrizes ambientais que devem ser utilizadas para o planejamento adequado dos municípios que pertencem àquela região (FEPAM, 2000). O próximo passo é realizar o mesmo procedimento no litoral médio onde está inserida a Praia do Mar Grosso, entretanto a identificação das principais alterações ambientais e medidas para a correção destas deve ser realizada, a fim de que as diretrizes

ambientais elaboradas não sejam apenas documentos técnicos, mas sim aplicáveis para a (re)estruturação dos municípios.

A elaboração de diretrizes ambientais proposta pelo zoneamento ecológico-econômico (FEPAM, 2000) é fundamental, uma vez que, de acordo com a Lei Federal 10.257/01, mais conhecida como Estatuto da Cidade que regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, até outubro de 2006 os municípios com mais de 20.000 habitantes serão obrigados a elaborar seus planos diretores. O município de São José do Norte possuía em 2001 de acordo com a FEE (Fundação de Economia e Estatística/Secretaria de Coordenação e Planejamento-RS, 2001) 23.792 habitantes sendo 17.286 residentes em áreas urbanas.

Os planos diretores devem realizar um bom diagnóstico municipal revelando as suas reais vocações e necessidades, sendo que o meio ambiente deve ser a preocupação número um de quem o elabora (Conselho em Revista, 2005), devendo a administração pública e a população local estar de comum acordo.

3.8 Considerações finais

A utilização de ferramentas de geoprocessamento mostrou-se de importância fundamental para o planejamento ambiental e urbano de um município, como já comprovado por outros trabalhos. A capacidade de agrupar e cruzar dados é uma das vantagens que os SIG's proporcionam, desde que sejam levados em conta os aspectos ambientais e sociais.

A técnica de classificação rígida do programa IDRIS Kilimanjaro foi satisfatória para o objetivo do trabalho, uma vez que permitiu ao planejador verificar e assegurar que as informações que o programa estava gerando faziam parte da atual realidade do espaço municipal.

O uso de áreas impróprias para a deposição de RSU em São José do Norte é uma prática rotineira. O município por não ter Plano Diretor não possui um estudo ambiental que vise destinar áreas para a construção de aterro sanitário. Logo, o resultado foi à utilização

de áreas que são protegidas por leis federais e estaduais, como as dunas costeiras no balneário do Mar Grosso.

Por ser um ambiente dinâmico, onde processos continentais e oceânicos atuam naquele local, a constante remobilização do lixo pela ação dos ventos e de tempestades torna ainda mais grave a permanência do lixo nas dunas. O descaso por parte do município e de órgãos ambientais faz com que esta prática ilegal realizada na década de 80 possa vir a prejudicar o desenvolvimento do turismo no Mar Grosso local, devido a sua localização próximo ao molhe leste, um lugar com alto potencial para a prática do mesmo.

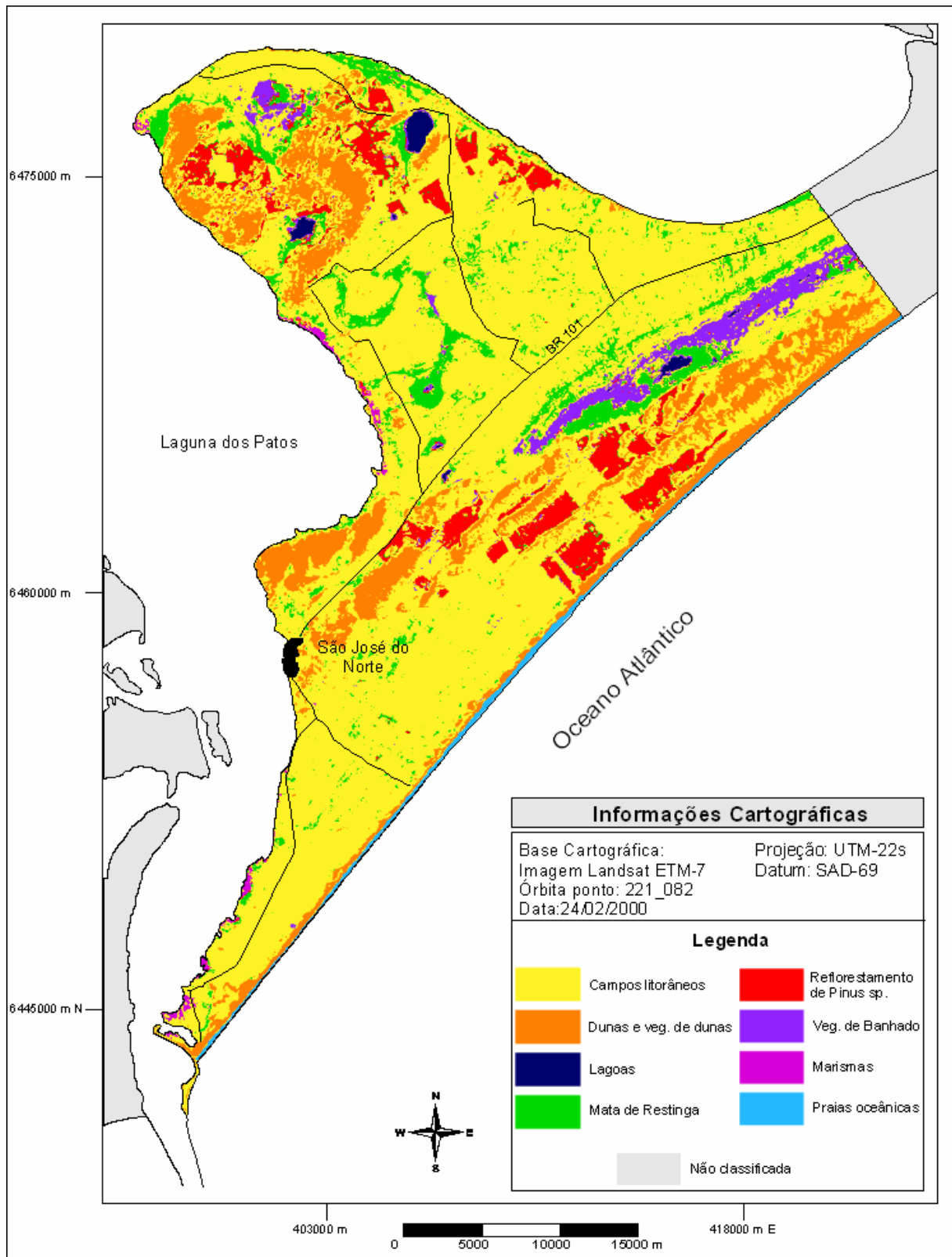
O desenvolvimento do balneário e o crescimento populacional previsível, assim como já ocorrido em outros locais da orla marítima do estado, sendo o balneário do Cassino o exemplo mais próximo, fará com que a infraestrutura local receba um incremento, entretanto é necessário que sejam respeitadas as leis e condições ambientais.

O Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro que está na sua 2ª fase fornece a base legal que disciplina o uso dos recursos naturais nesta zona. Deste modo o ordenamento da atividade de deposição dos RSU deve ser realizado a partir de planos estratégicos que levem em consideração as características da zona costeira.

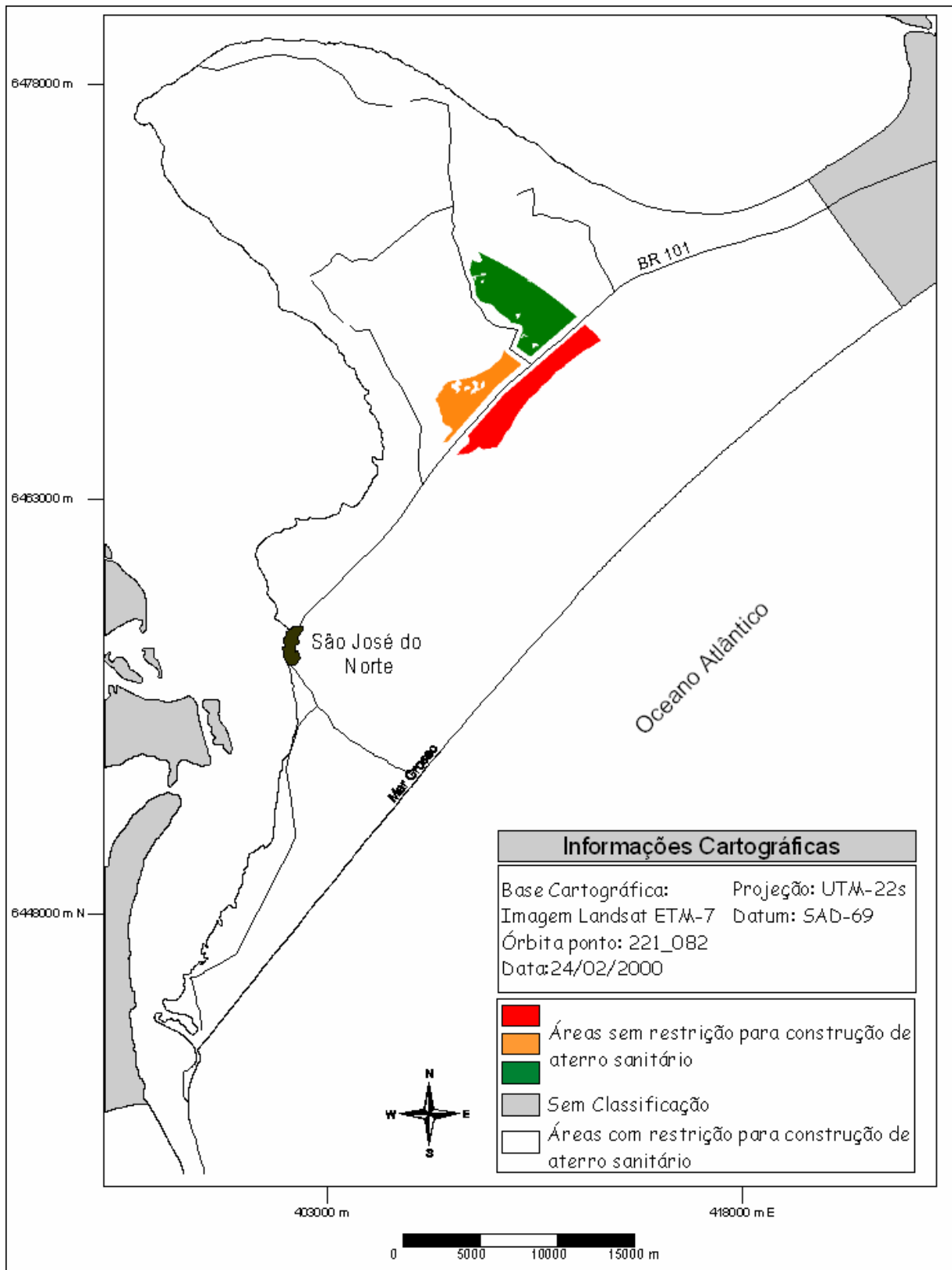
O estudo de avaliação proposto neste trabalho mostrou que as informações utilizadas neste trabalho são pertinentes, e que outros estudos similares objetivando corrigir, minimizar ou até prevenir alterações ambientais podem ser realizados, principalmente pelos órgãos públicos municipais a fim de planejamento adequado.

Anexo do capítulo 3

Anexo 3.1 – Vegetação e cobertura do solo.



Anexo 3.2 – Áreas aptas para instalação de um aterro sanitário.



Capítulo 4

*Atratividades e restrições para a expansão do balneário do
Mar Grosso/São José do Norte: uma análise dos subsídios
sócio-ambientais a partir de geotecnologias.*

4.1 Introdução

As zonas costeiras são riquíssimas sob o aspecto ambiental, mas vem sofrendo constantemente com o processo de expansão urbana, que nas últimas décadas, recebeu um impulso adicional do setor turístico. É inegável que este setor é o responsável pelo aquecimento do setor econômico, nas três esferas políticas: federal, estadual e municipal. De acordo com a *World Travel Tourism Council* (WTTC) o turismo faturou, em 1999, 4.5 trilhões de dólares, gerando 192 milhões de empregos em todo mundo.

Todo este desenvolvimento que o turismo impulsiona, resulta numa movimentação de capital, tanto nacional como estrangeiro, que leva a uma maior arrecadação de impostos e geração de renda para vários países, inclusive o Brasil. Entretanto, além do benefício econômico há também modificações na vida social, cultural e no meio ambiente, o que causa impactos de qualidade e quantidade variados (Seabra, 2003).

No Brasil existem muitos municípios e capitais situadas em zonas costeiras, mais precisamente em áreas litorâneas, dada a sua extensa linha de costa que possui aproximadamente 8.500 km (Muehe, 2000). Estes municípios estão passando por graves problemas típicos de regiões metropolitanas e de aglomeração urbana, como saneamento básico, tratamento de efluentes, resíduos sólidos, saúde pública, transporte, poluição do ar, das águas e do solo. Além destes efeitos de ordem antrópica, outros de causas naturais podem ocorrer concomitantemente, como o recuo da linha de costa por ação das ondas, elevação do nível relativo do mar, acentuada erosão devido à atuação de sangradouros, aumento na intensidade e/ou frequência das tempestades, entre outros fatores que podem ou não estar relacionados à influência antrópica.

Os problemas observados, quase sempre de grande repercussão, são mais críticos em áreas densamente urbanizadas onde é praticamente inviável a ação de medidas preventivas, sendo possível, na maioria dos casos, apenas medidas corretivas. Em áreas com menor grau de urbanização, estes efeitos poderiam ser minimizados ou até evitados, caso planejamento e gerenciamento adequados fossem realizados. Entretanto, estes

problemas que estavam numa esfera maior, hoje já fazem parte da história de pequenos municípios que vivem basicamente do turismo e veraneio.

Muitas vezes, a disposição espacial das atividades produtivas e sociais e a exploração dos recursos têm deixado de respeitar as características funcionais e estruturais inerentes às áreas litorâneas (Rodriguez *et al.*, 1997). O caráter econômico que estas regiões adquiriram ao longo dos anos, devido à especulação imobiliária e ao valor estritamente mercantil que a urbanização e o turismo ditaram, faz com que os recursos naturais estejam sendo super-explorados ultrapassando, muitas vezes, sua capacidade de suporte.

É evidente que a exploração dos sistemas litorâneos exige a busca de organização espacial e funcional, para que estes recursos sejam aproveitados, mas sem impedir o funcionamento do sistema. Esse aspecto está ressaltado na Constituição do Brasil, que considera a Zona Costeira como um Patrimônio Nacional, exigindo, portanto, um cuidado especial para garantir sua conservação.

Como reflexo desta atual situação, procura-se desenvolver nas zonas costeiras de todo mundo, o Gerenciamento Costeiro Integrado (GCI): “processo contínuo e dinâmico no qual decisões são tomadas para um uso sustentável, que visa o desenvolvimento e proteção de áreas e recursos marinhos e costeiros” (Cicin-Sain e Knecht, 1998). Os primeiros esforços para a implantação de manejo em áreas costeiras foram realizados, na década de 60, apenas por países desenvolvidos, principalmente pelo grau de degradação em que muitos destes se encontravam, devido à utilização inapropriada de seus recursos.

No Brasil, a degradação de muitas áreas da zona costeira, corroborou com esta perspectiva de se realizar programas que possibilitassem utilizar os recursos naturais de forma apropriada, permitindo a sustentação do ambiente. A atuação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) e da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) forneceram o suporte para a elaboração e posterior implementação do Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC). Desde então planos de gerenciamento para a zona

costeira tem sido realizados com o intuito de fazer um planejamento ambiental para a costa do Brasil.

De acordo com dados disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) a atual situação do Gerenciamento Costeiro no país pode ser classificada como regular a adiantada, estando o Rio Grande do Sul adiantado nesta questão, mas sabe-se que ainda há dificuldades para a implementação do Programa (Tagliani, 2002). Mesmo assim o GERCO/RS já disponibilizou parte do Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) que pretende realizar para todo o Estado. A primeira etapa foi concluída no Litoral Norte (FEPAM, 2000), dados que serão de extrema importância para uma boa organização destes municípios.

4.2 Objetivos

O presente trabalho objetiva analisar as possíveis tendências de expansão do balneário do Mar Grosso quanto às suas atratividades, através de rotinas computacionais de Sistemas de Informação Geográficos (SIG's).

4.3 Área de Estudo

A costa oceânica do Rio Grande do Sul é normalmente dividida em três seções: norte, central e sul, estando o balneário do Mar Grosso em São José do Norte situado no limite inferior do litoral central, próximo à desembocadura da laguna dos Patos. Esta praia é constituída essencialmente de areias praias e eólicas de granulometria fina a muito fina (Siegle, 1996 e Figueiredo, 2005), com a mineralogia basicamente quartzosa com um alto grau de maturidade.

As praias ao longo de toda costa são abertas e expostas a ação de ondas que, de acordo com Motta (1967, 1969), são de dois tipos principais, as vagas, que são geradas por ventos locais, e as ondulações, ou *Swell*, originadas a longas distâncias da costa. Os primeiros estudos mais significativos realizados na costa gaúcha sobre ondas são de Wainer (1963) e de Motta (*op. cit*) para o litoral norte do Rio Grande do Sul, em Tramandaí, e no

litoral sul na desembocadura da laguna dos Patos. Motta (*op. cit*) através dos dados coletados nas duas áreas acima descritas constatou que o período significativo de maior frequência das ondas corresponde a 9 segundos, mas que podem chegar a 12 segundos quando em situação de tempestade. Com relação a esbeltez e energia, o autor verificou que as ondas de maior energia e menor esbeltez são provenientes do quadrante sudeste; vagas e ondulações pequenas com menor energia e maior esbeltez de quadrante leste-nordeste; e as ondas do quadrante sul estão associadas a tempestades, portanto mais raras.

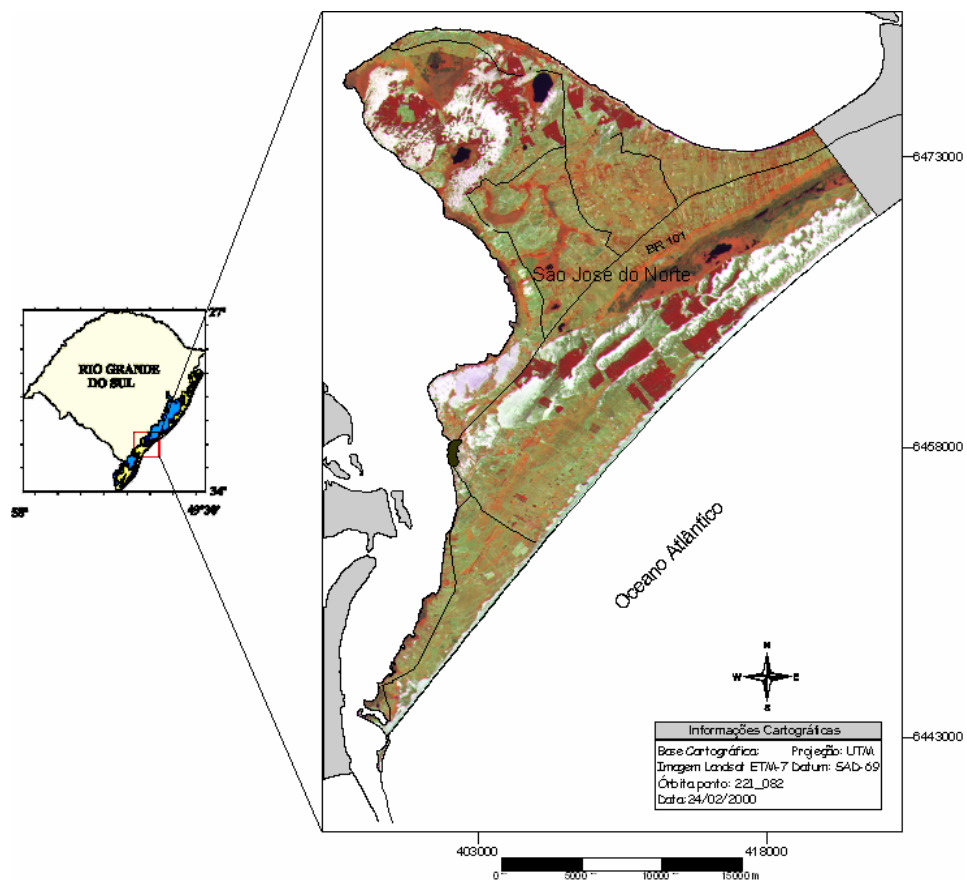


Figura 4.1 – Localização da área de estudo.

As flutuações do nível do mar na região costeira do Rio Grande do Sul sofrem pequena influência das marés astronômicas, que de acordo com as tábuas de maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) são diurnas com amplitude média de aproximadamente 0,5m, ou seja, de acordo com a classificação de Davies (1980) este trecho costeiro do Brasil está enquadrado nas características de micromaré. Entretanto a amplitude destas marés recebe um acréscimo quando se somam as condicionantes meteorológicas, as chamadas marés meteorológicas (Marone e Camargo, 1994 e Calliari *et.*

al., 1998). Seus efeitos são mais freqüentes nos meses de inverno quando coincide com a migração de sistemas de baixa pressão em direção à costa, podendo a maré ultrapassar até 1m à maré astronômica.

4.4 Métodos

Foi definida uma área entre as coordenadas UTM-22s 395000/6438000 E e 429000/6480500 N para a análise da expansão do balneário do Mar Grosso, abrangendo somente parte do 1° distrito de São José do Norte. A definição desta área foi baseada em dois argumentos: 1) maior concentração populacional no 1° distrito em relação aos demais, e 2) as informações ambientais sobre morfodinâmica (capítulo 2) e variabilidade da linha de costa utilizada como parâmetros para as restrições a expansão do balneário abrangem somente esta área.

O software selecionado para a análise geoambiental foi o SIG IDRISI Kilimanjaro®, um programa de fácil utilização que se tornou um dos maiores sistemas de informação e de processamento de imagens (Eastman, 2003).

4.5 Expansão de Balneários Marinhos

Para a confecção do mapa de atratividade para expansão do balneário do Mar Grosso foram aplicadas rotinas de apoio à decisão do Sistema de Informações Geográficas IDRISI Kilimanjaro®. O processo de tomada de decisão em geoprocessamento envolve vários conceitos (Hasenack *et al.*, 1998):

1. de decisão - escolha de alternativas baseada em algum critério;
2. de critério - alguma base mensurável e avaliável para uma decisão, podendo ser um fator ou uma restrição;
3. de fator – realça ou ameniza a aptidão de uma alternativa específica para um propósito em consideração;
4. de restrição – limita as alternativas em consideração.

Para definir o grau de atratividade para expansão do balneário do Mar Grosso é necessário realizar um procedimento para combinar os critérios que serão utilizados. Em geoprocessamento é possível atribuir peso aos fatores envolvidos na análise de modo a ponderar a informação de cada variável na análise desejada, o que pode ser feito fácil e rapidamente, diminuindo assim a subjetividade no processo de decisão (Hasenack *et al.*, 1998).

De acordo com Eastman (2003) a avaliação por critérios múltiplos é um método muito utilizado para avaliar e agregar muitos critérios. O método de agregação de critérios múltiplos utilizado foi o de combinação linear ponderada, onde os fatores são padronizados para uma escala contínua de aptidão (no caso, de atratividade à expansão). Com essa técnica utiliza-se o conceito de análise nebulosa, ou *fuzzy*, para definir a atratividade e o limite entre o mais atrativo e o menos atrativo para os fatores em consideração.

A combinação linear ponderada permite não apenas reter toda a variabilidade dos dados contínuos, mas também a possibilidade dos fatores serem compensados entre si. Um score de atratividade baixo em um fator, para uma área qualquer, pode ser compensado por um de atratividade alta em outro fator. A forma como ocorre a compensação de um fator com outro será determinada por um conjunto de pesos dos fatores que indicam a importância relativa de cada fator.

Esta é uma técnica baseada nas médias e que coloca a análise exatamente a meio caminho dos mínimos e máximos, isto é, nenhum risco extremo e nenhum extremo de aversão ao risco como ocorre na análise *booleana* (Tagliani, 2002). Para Weber e Hasenack (2000) esta técnica permite criar vários cenários de acordo com o objetivo da pesquisa, o que destaca a potencialidade desta ferramenta na tomada de decisão.

Para gerar o mapa de atratividade à expansão foram analisados os seguintes critérios: linha de costa oceânica, urbanização, pontais arenosos, linha de costa lagunar e vias de acesso. É necessário destacar que a análise aqui realizada não pretende ser a única ou mais correta, afinal foram utilizados alguns dos fatores que podem ser atrativos a expansão do balneário do Mar Grosso. A possibilidade de inserção de outros fatores na

análise é plausível, pois a variedade de dados que são gerados nas mais variadas pesquisas permite que sejam inseridas outras informações pertinentes no processo, em qualquer momento.

4.5.1 Desenvolvimento de dados e critérios de padronização de fatores (fuzzy) para as atratividades quanto à expansão do balneário do Mar Grosso

4.5.1.1 Proximidade da linha de costa oceânica

As praias oceânicas são recursos naturais que geram um grande atrativo para a população em geral, tanto que estes locais apresentam as maiores densidades demográficas. Komar (1976) observou que aproximadamente dois terços da população mundial vivem numa faixa adjacente à costa, tendo sido as praias e estuários os primeiros ambientes a sofrerem diretamente o impacto do crescimento demográfico mundial. Próximas a estas áreas se desenvolvem importantes atividades econômicas (portos, marinas, vias de comunicação) que foram decisivos para o desenvolvimento de assentamentos humanos de todos os tipos e tamanhos (Rodriguez *et. al.*, 1997). Entretanto estes espaços também são utilizados freqüentemente pelo turismo e veraneio, no caso do Rio Grande do Sul apenas na estação do verão, quando a população dos municípios litorâneos pode aumentar em até dez vezes (Tagliani, *et.al.*, 2001).

Nesse contexto, percebe-se que a proximidade da linha de costa marítima é um critério forte de atratividade para expansão do balneário, de modo que pode-se assumir que quanto mais próximo da linha de praia maior é a atratividade. Para padronizar esse fator utilizou-se à rotina *distance* que calcula a distância euclidiana a partir da linha de costa previamente digitalizada e rasterizada. A imagem resultante foi utilizada para reescalonar os valores (rotina *fuzzy*) segundo uma função linear decrescente, onde a imagem irá conter valores de 0 a 255, semelhante a uma imagem de satélite que contem 256 níveis de cinza.. Isto significa que os valores mais próximos e mais afastados de 255 mostram, respectivamente, a maior e menor atratividade.

4.5.1.2 Proximidade de centros urbanos

O desenvolvimento ou expansão de novos núcleos urbanos litorâneos está geralmente associado às atividades industriais, portuárias ou turísticas, que necessitam de razoável infra-estrutura. No caso de balneários, o atrativo de bares, mercados e lojas são importantes para que turistas e veranistas aproveitem sua estadia no verão, meses em que estas atividades são desenvolvidas nas praias do Rio Grande do Sul.

Balneários como Tramandaí no litoral norte, um dos mais freqüentados do RS, possui uma ampla infra-estrutura voltada para as atividades desenvolvidas no verão recebendo um incremento populacional da ordem de 300 mil pessoas em média nesta estação. O Cassino, balneário mais próximo da área de estudo, também possui condições básicas para as atividades de veraneio, sendo o mais freqüentado no litoral sul do RS.

O critério utilizado anteriormente e o procedimento para padronização dos dados também foram aplicados neste fator: quanto mais próximo da sede do balneário do Mar Grosso maior é a atratividade e vice-versa.

4.5.1.3 Proximidade da linha de costa lagunar

Em regiões lagunares e estuarinas é comum a formação de praias. De acordo com Nordstrom (1992) são depósitos de sedimentos inconsolidados que sofrem processos similares aos observados em praias oceânicas, ou seja, processos de ondas, correntes e marés. Nestas praias também ocorre à formação de balneários, com atividades comerciais, imobiliárias e de lazer e, como as praias oceânicas, possuem valor ecológico e humano (Fischer, 2005).

Em São José do Norte as margens lagunares possuem marismas que são áreas de proteção, moradia, alimentação e berçário para uma infinidade de organismos, tais como: aves, moluscos e crustáceos, entre outros (Costa, 1997) e praias arenosas lagunares, além de vilas de pescadores.

Novamente o critério de proximidade da linha de costa lagunar foi utilizado adotando o mesmo procedimento de padronização dos casos anteriores

4.5.1.4 Proximidade dos pontais arenosos lagunares

Um pontal é um corpo deposicional, de pouca altura, disposto paralelo, oblíquo, ou mesmo perpendicular à costa, se prolongando muitas vezes sob as águas, em forma de banco (Guerra e Guerra, 1997). Estes corpos são característicos em lagunas costeiras sendo considerados responsáveis pela reorientação da linha de costa (Antiqueira, 2003) e estando associados diretamente às direções predominantes das ondas.

Nas margens da laguna dos Patos são encontrados alguns pontais, ou esporões como são conhecidos, e próximo ao Mar Grosso podemos citar dois pontais que foram estudados por Silva e Calliari (2001b), Antiqueira (2003) e Hartmann *et.al.* (2005). De acordo com a figura 4.2 estes pontais formam praias lagunares que seriam mais um atrativo para o desenvolvimento e expansão do balneário do Mar Grosso, principalmente por estarem próximos ao molhe leste que é considerado um ponto turístico.

Os mesmos critérios e procedimentos para padronização dos dados anteriores também foram aplicados neste fator: quanto mais próximo dos pontais arenosos maior é a atratividade.



Figura 4.2 – Pontais arenosos na laguna dos Patos (Fonte: Antiqueira, 2003)

4.5.1.5 Proximidade de vias de acesso

O desenvolvimento de municípios está intimamente ligado a presença de vias de acesso, que permitam o tráfego de automóveis. A presença de estradas, asfaltadas ou não, seriam pré-requisitos importantes para que ocorresse a expansão dos municípios, pois o planejamento do traçado de uma nova rodovia, por exemplo, requer uma ampla e extensa investigação de aspectos fisiográficos, ambientais, sociais, institucionais, políticos e funcionais da região onde se pretende implantá-la, a fim de que seja definido um ótimo traçado (Penido *et. al.*, 1998).

Por isso, como fator de atratividade utilizou-se a existência de vias de acesso como facilitador para a expansão do balneário. Foi aplicado *distance* a partir de uma imagem com as vias de acesso e, da mesma forma como descrito anteriormente, quanto mais próximo das estradas e caminhos maior é a atratividade.

4.5.2 Ponderação dos fatores

O próximo passo é utilizar um método de agregação que considere todos os fatores padronizados ao mesmo tempo, para atingir o resultado final – o mapa de atratividade para expansão do balneário do Mar Grosso.

O método de combinação linear ponderada (rotina *MCE*) do conjunto de apoio à decisão permite reter toda a variabilidade dos dados contínuos, além da possibilidade de compensação entre os fatores através de um conjunto de pesos que indicam a importância relativa de cada fator (Eastmann, 2003). Cada elemento da matriz indica quanto o fator da coluna da esquerda é mais importante que o fator correspondente na linha superior. Foi utilizada a escala de comparadores de Saaty (1977) que estabelece as seguintes relações qualitativas (tabela 4.1).

Para que todos os fatores sejam ponderados utilizou-se a técnica de comparação pareada da rotina *Weight*, onde cada fator é comparado aos demais por meio de uma matriz (tabela 4.2), levando-se em conta a importância relativa para a expansão do balneário.

Tabela 4.1 – Escala de comparadores de Saaty (1977).

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Muito fortemente	Fortemente	Moderadamente	Igual	Moderadamente	Fortemente	Muito fortemente	Extremamente
Menos importante				Mais importante				

Tabela 4.2 – Matriz de comparação pareada entre os fatores.

Fatores	Linha de costa oceânica	Urbanização	Pontais arenosos	Linha de costa lagunar	Vias de acesso
Linha de costa oceânica	1				
Urbanização	1	1			
Pontais arenosos	1/3	1/3	1		
Linha de costa lagunar	1/3	1/5	1/3	1	
Vias de acesso	1	1	1	1	1

Tabela 4.3 – Peso calculado para cada fator na análise da expansão do balneário.

Fatores	Pesos
Linha de costa oceânica	0.2731
Urbanização	0.3059
Pontais arenosos	0.1469
Linha de costa lagunar	0.0883
Vias de acesso	0.1858

O anexo 4.1 mostra a imagem gerada a partir das técnicas descritas acima. Ao aplicar o módulo *Histo* no IDRISI Kilimanjaro®, que mostra os valores que a imagem possui, foi possível constatar que a imagem não possuía valores de 0 a 255 (figura 4.3), isto porque ao rodar a rotina MCE sobre as imagens *fuzzy* de cada fator de atratividade, foi aplicada uma máscara com o contorno da área de interesse, eliminando todas as informações que não estavam na área determinada (395000/6438000 E e 429000/6480500 N). Para solucionar este problema e reescalonar a imagem para valores de 0 a 255, foi aplicado um *Stretch* que padroniza a imagem em valores que vão de 0 a 255, ou seja, com menor e maior atratividade (anexo 4.2).

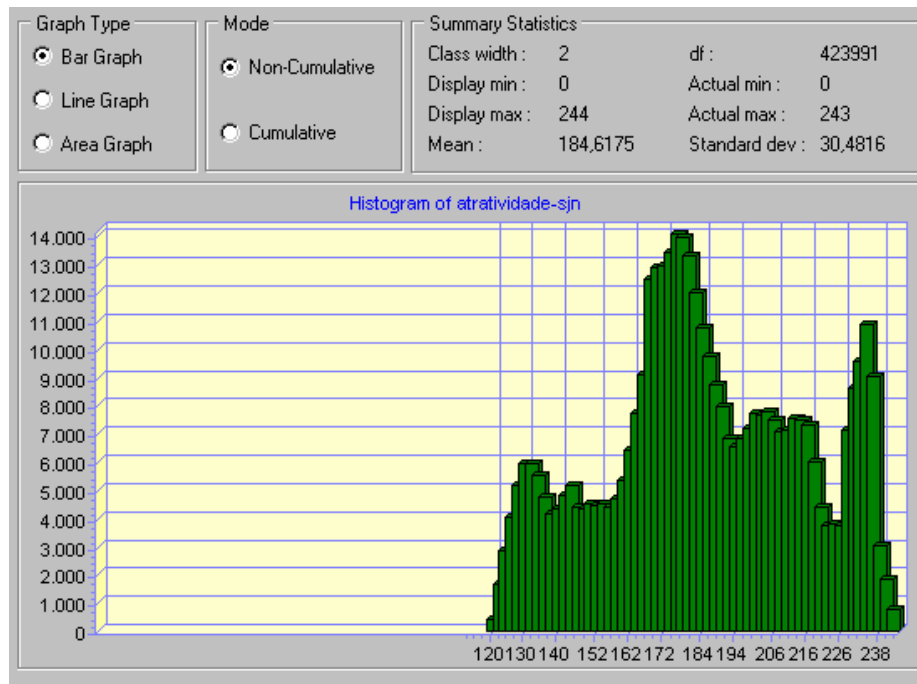


Figura 4.3 – Histograma mostrando os valores da imagem do anexo 4.1

Com o objetivo de simplificar a análise visual do mapa de atratividade à expansão do balneário, o mapa foi reclassificado em intervalos iguais (anexo 4.3), através da divisão do intervalo contínuo original (0-255), resultando em oito intervalos de classe:

- classe 1 (valores entre 0 e 31 com menor atratividade),
- classe 2 (valores entre 32 e 63),
- classe 3 (valores entre 64 e 95),
- classe 4 (valores entre 96 e 127),
- classe 5 (valores entre 128 e 159)
- classe 6 (valores entre 160 e 191),
- classe 7 (valores entre 192 e 223), e
- classe 8 (valores entre 224 e 255 com maior atratividade).

4.5.3 Restrições quanto à expansão do balneário do Mar Grosso

Como mencionado anteriormente, os ambientes costeiros possuem recursos naturais muitas vezes super-explorados, causando uma má gestão dos ecossistemas. Isto leva a uma preocupação, pois sabe-se que o desenvolvimento de pesquisas não está acompanhando a velocidade com que os espaços urbanos vêm crescendo nos últimos

tempos, sendo inviável adiar a utilização dos recursos até que todos os estudos ambientais tenham sido realizados (Tagliani, 2002).

Para municípios como São José do Norte já existem trabalhos pertinentes para que ocorra um planejamento ambiental-urbano, o que irá favorecer a administração pública quanto à realização de seu plano diretor que objetiva disciplinar o uso do solo, preservando o meio ambiente e, por consequência a qualidade de vida local.

O complexo estuarino-lagunar e a restinga litorânea são responsáveis por um sistema ambiental único, com grande significado ecológico, social e econômico, que deve ser gerenciado, devido à revitalização que as atividades portuárias estão gerando no município de Rio Grande. Neste contexto geopolítico, São José do Norte deve ser privilegiado social e economicamente, mas caso não ocorra um planejamento adequado pode ocorrer um declínio quanto ao fator ecológico.

Existem alguns trabalhos realizados em São José do Norte e Rio Grande, os quais quando agrupados, são referenciais para o planejamento ambiental e regional, como os de Tagliani (2002) que elaborou um mapa de vulnerabilidade ambiental e de criticidade de gestão para a região, por meio de técnicas de geoprocessamento, Pereira da Silva (1998) e Figueiredo (2002) que analisaram a distribuição espaço-temporal dos sangradouros – cursos d'água de pequena escala que desempenham papel fundamental na drenagem da zona costeira e remobilização de sedimentos da área das dunas e região do estirâncio – no litoral sul e médio do Rio Grande do Sul, respectivamente, Lélis (2003) que analisou a variabilidade da linha de costa oceânica adjacente aos molhes da barra do Rio Grande e São José do Norte, Silva e Calliari (2001b) e Antikeira (2003) que analisaram a evolução geomorfológica de pontais arenosos na extremidade sul da laguna dos Patos e Pereira (2005) que elaborou um mapa de vulnerabilidade quanto ao derrame de óleo na orla do Rio Grande do Sul e suas implicações na elaboração de planos de contingência.

Além destes, outros trabalhos em diferentes áreas também já foram realizados, o que nos leva a conclusão que existem informações ambientais importantes desenvolvidas em São José do Norte, que atendem tanto à parte lagunar quanto oceânica, e muitos deles

mostrando a vulnerabilidade e as restrições quanto à utilização dos recursos naturais. A seguir, serão discutidos os fatores de restrição ambiental para a expansão do balneário do Mar Grosso.

4.5.3.1 Fator áreas de proteção e conservação ambiental

Como descrito no capítulo 3 o município de São José do Norte possui áreas que são protegidas por algum dispositivo legal, seja a nível federal, estadual ou municipal. Através destes dispositivos legais, Tagliani (2002) mapeou todas as áreas de preservação permanente ou com algum tipo de restrição utilizando rotinas computacionais de geoprocessamento. As unidades mapeadas em São José do Norte estão descritas na tabela 4.4.

Todas estas áreas são fatores restritivos que já foram utilizados para detectar as áreas aptas a instalação de um aterro sanitário, logo também devem ser avaliadas quanto à expansão do balneário do Mar Grosso. O anexo 4.4 mostra todas as áreas mapeadas por Tagliani (2002) e De Oliveira (capítulo 3) utilizando classificadores de imagens de satélite (Spring e IDRISI Kilimanjaro[®], respectivamente).

Tabela 4.4 – Unidades de preservação e conservação ambiental mapeadas em São José do Norte (Tagliani, 2002) e De Oliveira (capítulo 3).

Áreas de Proteção	
I.	Áreas de preservação permanente correspondendo às matas nativas e demais formas de vegetação natural: a. Matas de restinga b. Marismas c. Vegetação de banhados
II.	Lagoas, ilhas e praias lagunares.
III.	Dunas móveis, fixas e semi-fixas, e sua vegetação fixadora.
IV.	Faixas de proteção: a. 100 metros das lagoas com mais de 20 ha de área. b. 100 metros das margens da Laguna dos Patos. c. 300 metros da linha de costa marítima
V.	Recursos hídricos da Parte Sul do estuário da Laguna dos Patos, objeto de enquadramento legal pela FEPAM: a. Classe 1 – Arroios de São José do Norte que drenam para o canal de Rio Grande.

4.5.3.2 Fator variabilidade da linha de costa oceânica

Esta zona de contato entre áreas emersas e as águas do oceano (Guerra e Guerra, 1997) estão sujeitas a variações de curto a longo-termo. Conhecer as tendências de variação da linha de costa para que possa ser realizada uma projeção no futuro, é essencial na maioria dos projetos de engenharia e planejamento na zona costeira (Pajak e Leatherman, 2002, Esteves, 2004).

Lélis (2003) utilizando-se de dois mosaicos aerofotográficos com diferença de 25 anos detectou e quantificou alterações da linha de costa em um trecho de 14 km da costa oceânica de São José do Norte. Ficou constatado que existem dois segmentos que estão em erosão e outros dois em acresção, sendo que as faixas em erosão são mais expressivas, tanto em variação perpendicular quanto em extensão de praia. As taxas são de -73,7 m e -64,6 m em média para os dois trechos em erosão, sendo este último localizado na área urbanizada do Mar Grosso.

A presença de estruturas perpendicular à costa causa mudanças na morfodinâmica e estabilidade da praia (Short e Masselink, 1999). A forma da praia é influenciada pela refração das ondas nas adjacências dos molhes, que induz um realinhamento da linha de costa para ajustar-se a refração das ondas, e por conseqüência poderá ocorrer mudança no transporte de sedimentos ao longo da costa, levando ao acúmulo de sedimentos em um dos lados dos molhes, e redução no outro, como já discutido no capítulo 2.

De acordo com as leis ambientais, as áreas próximas à praia devem ser preservadas. Por isso foi estipulado uma faixa de proteção de 300 m da linha de costa marítima (set-back line), onde qualquer tipo de construção deve ser realizada após esta faixa de proteção. Porém Muehe (2001) afirma que os limites estabelecidos deverão ser modificados para mais, sempre que existam dados indicando uma tendência decadal de taxas de erosão anual, capaz de ultrapassar rapidamente a largura da faixa de proteção estabelecida. Lélis (2003) encontrou uma taxa de 1,44 m/ano, sendo que Silva e Calliari (2001a) encontraram um recuo de aproximadamente 7 m após um evento de tempestade extremo, sem posterior recuperação.

A restrição quanto à expansão do balneário do Mar Grosso próximo a praia, ou sobre as dunas como foi detectado e descrito no capítulo 2, deve ser terminantemente proibido, a fim de preservar não só a integridade do ecossistema, mas também a possibilidade de perda, a médio prazo, das residências mais próximas a praia como observado em maior proporção em balneário Hemernegildo no extremo sul do RS, onde o mercado imobiliário local sente os efeitos da erosão costeira (Santos e Esteves, 2001).

4.5.3.3 Fator sangradouro

Além das quatro principais descargas fluvio-lagunares encontradas no RS (Arroio Chuí, laguna dos Patos, Lagoa de Tramandaí e Rio Mampituba) existem pequenos cursos d'água conhecidos como sangradores, os quais desempenham importante função no balanço sedimentar no sistema praia-duna. Estes corpos fluviais fazem parte do sistema de drenagem da planície costeira dando escoamento às águas pluviais coletadas nas depressões e banhados localizados entre cordões litorâneos, e em locais de relevo inexpressivo atrás das dunas frontais (Pereira da Silva e Calliari, 1997).

Pereira da Silva (1998) e Figueiredo (2002) em estudo quantitativo encontraram grandes concentrações de sangradores ao longo da costa do Rio Grande do Sul e observaram que a dinâmica destas feições também é importante para entender a atual configuração das dunas frontais, por modificarem constantemente as dunas em períodos com alta taxa pluviométrica. Pereira da Silva *et. al.* (2003) e De Oliveira *et. al.* (2004) realizaram estudos de interação duna-praia-sangradouro e comprovaram a alteração na fisiografia das dunas por estes cursos d'água.

Durante o período de dez anos, entre 1991 e 2001, o Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG/FURG) realizou levantamentos sobre a ocorrência e distribuição dos sangradores entre São José do Norte e Torres, no extremo norte do RS, com o objetivo de efetuar uma posterior análise estatística do número de sangradores por quilômetro que deságuam na zona de estirâncio, e observar se a presença de balneários altera o padrão natural de sua distribuição.

No balneário do Mar Grosso a urbanização ainda não interfere no padrão de ocorrência e distribuição dos sangradouros, entretanto em outros locais onde a urbanização é maciça, como no litoral norte (Balneário Pinhal), o aumento do número de sangradouros pode acarretar em déficit sedimentar praial e conseqüente erosão costeira em casos mais extremos, devido ao maior transporte de sedimentos para zona de arrebentação pelos sangradouros (anexo 4.5), ou como no Cassino, no litoral sul, onde o fechamento ou alteração de alguns sangradouros formam o acúmulo d'água alagando muitas áreas (Figueiredo e Calliari, 2004).

A expansão dos balneários sem respeitar a presença destes cursos d'água pode ocasionar efeitos semelhantes aos observados nos balneários acima mencionados, por isso os sangradouros também podem ser considerados um fator restritivo, isto se não for realizado um gerenciamento adequado. O anexo 4.6 mostra a média de sangradouros para o período de dez anos em monitoramento realizado por Figueiredo (2002) no balneário do Mar Grosso.

4.5.3.4 Fator pontais arenosos

Os pontais arenosos são substratos arenosos ainda instáveis, devendo ser evitada a construção de residências ou qualquer tipo de obra que interfira na dinâmica ou cause erosão e transposição de ondas, principalmente quando estas feições possuem largura inferior a 150 m (Hartmann *et. al.* 2005). De acordo com estes autores, no Pontal do DEPREC (Hartmann, 1996) ocorreram implicações devido à construção de uma estrutura rígida construída pelo consórcio IVAI/CRISTIAN NIELSEN para reconstrução do molhe leste, que serviu de atracadouro da balsa que fazia travessias no canal entre Rio Grande e São José do Norte.

Silva e Calliari (2001b) encontraram problemas erosivos no pontal do DEPREC. A faixa entre a porção central e a extremidade oeste está sujeita a erosão devido a marés meteorológicas causando overwash (sobre lavagem), com destruição do acesso que liga o pontal a praia do Mar Grosso. Hartmann *et al.* (2005) também observaram um processo de

erosão na extremidade do pontal devido à construção de um atracadouro na extremidade oeste do pontal, que ficou comprovado utilizando-se aerofotos de pequeno formato do sistema ADAR 1000 (LOG/DGEO). Atualmente o atracadouro foi desativado, mas os autores recomendam a retirada desta estrutura para que o pontal retorne ao seu perfil de equilíbrio.

A união da atratividade e restrição do fator pontal arenoso exemplifica que a utilização destas áreas para lazer deve ser realizada com planejamento, sem permissão de tráfego de automóveis e qualquer tipo de construção, e como mencionado por Hartmann *et. al.* (2005) deve-se estudar a possibilidade de transferência do atracadouro para outro local.

4.5.3.5 Fator atividades portuárias

O zoneamento ambiental é um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente (inciso II, art. 9º da Lei 6938/81) e a espacialização de atividades econômicas é uma das ferramentas para a busca do desenvolvimento. Conseguir organizar o melhor “lay out” de um terminal portuário, é muitas vezes atingir um diferencial competitivo que permitirá um ganho comparativo suficiente para enfrentar a concorrência. Assim, o zoneamento ecológico e econômico é indispensável a qualquer proposta de desenvolvimento sustentável.

Com as mudanças que ocorreram na forma de funcionamento dos portos brasileiros, eles passaram a ser criados numa lógica de atendimento aos navios que nele aportarão (navio modelo) respeitando a tipologia e forma de acondicionamento da carga a ser movimentada. Os aspectos políticos da tomada de decisão quanto ao atendimento de demandas (distritos industriais próximos e/ou escoamento de safra agrícola) e de anseios de parcelas da população contribuem na formulação estatal e a atividade econômica tem buscado produzir terminais privados ou arrendar áreas em portos organizados onde toda operação, incluindo desde a logística até o armazenamento, é controlada pela mesma empresa.

No porto organizado o Plano de Desenvolvimento do Zoneamento Portuário é o documento onde está materializado o resultado do planejamento de uso atual e futuro das

diferentes áreas portuárias, visando manter e/ou melhorar a qualidade dos serviços prestados, a competitividade entre os Terminais da área do Porto Organizado e no seu conjunto com os demais portos, através da racionalização e otimização do uso das estruturas portuárias, promovendo a proteção adequada aos diferentes ambientes presentes.

O anexo 4.9 mostra, entre outras, as áreas destinadas à expansão portuária na margem adjacente a São José do Norte já que a área do super-porto, na margem oposta, já não comporta mais novos atracadouros. A instalação iminente de dois estaleiros e a possibilidade da instalação de indústrias na região (fábrica de celulose) irá aquecer as atividades econômicas e portuárias, justificando a expansão do complexo portuário e unificação dos dois municípios: Rio Grande e São José do Norte.

A instalação de um complexo portuário em São José do Norte terá que ser planejada através de estudo detalhado, entretanto, o plano de desenvolvimento e zoneamento (PDZ) do Porto de Rio Grande (figura 4.4) mostra o interesse por áreas de grande atratividade para a expansão do balneário do Mar Grosso.

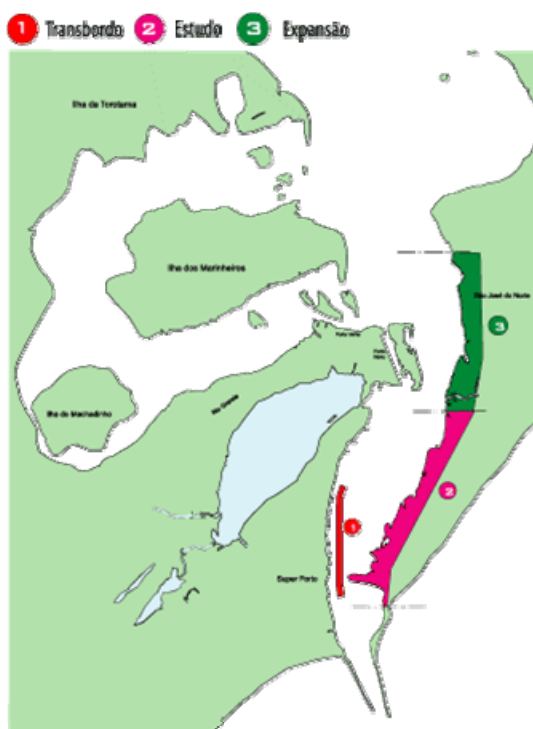


Figura 4.4 – Expansão do Super Porto de Rio Grande que beneficiará São José do Norte.

4.5.3.6 Fator Vulnerabilidade Ambiental Relativa e Criticidade de Gestão

Analisar um ecossistema costeiro a fim de caracterizar a sua vulnerabilidade é uma tarefa quase impossível, devido à diversidade dos processos responsáveis pela sua dinâmica. Entretanto este é um assunto muito discutido no meio científico devido à pressão imposta às zonas costeiras de todo mundo e o relativo descompasso entre geração de informações pertinentes sobre os ecossistemas e a ocupação dos espaços costeiros e litorâneos (Tagliani, 2002).

Logo o desenvolvimento de modelos que visem integrar e sintetizar as informações científicas tem sido o objetivo de planejadores, buscando uma aplicação racional do conhecimento para o processo de tomada de decisão e na obtenção de benefícios para a coletividade (Santos e Nascimento, 1992).

Neste sentido Tagliani (2002) elaborou um mapa de vulnerabilidade ambiental para os municípios de São José do Norte, Rio Grande e Pelotas, considerando como vulnerabilidade ambiental a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. As variáveis utilizadas foram: declividade, solos, proximidade dos recursos hídricos, proximidade das comunidades vegetais sob proteção ambiental e grau de maturidade dos ecossistemas.

Os ecossistemas com vulnerabilidade alta à moderada alta correspondem às regiões alagadiças, campo de dunas lagunares e litorâneas, os quais estão representados com cores de tons avermelhados e marrom escuro no mapa, (anexo 4.7), e ocupam 200,5 Km², correspondendo a 52,6%. As áreas com vulnerabilidade baixa à moderadamente baixa ocorreram sobre as barreiras pleistocênicas e campos litorâneos representadas em tons de verde e castanho, respectivamente, ocupando 180,3 km², correspondendo a 47,4%.

Para gerar o mapa de criticidade à gestão Tagliani (2002) cruzou os mapas de vulnerabilidade ambiental relativa (VAR) e as áreas com restrição legal de uso, considerando que as áreas mais críticas para gestão ambiental seriam aquelas onde os valores de VAR são elevados que caracterizam áreas ambientalmente sensíveis e protegidas por algum dispositivo legal, seja a nível federal ou estadual. Por outro lado, áreas

com valores de VAR baixos, sem proteção legal, seriam as áreas com menor criticidade de gestão.

A interação do mapa de criticidade com o mapa de atratividade à expansão do balneário do Mar Grosso, auxiliará na identificação de áreas a serem consideradas prioritárias para um gerenciamento preventivo.

4.6 Discussão

Atualmente o balneário do Mar Grosso apresenta algumas características que comprovam seu desenvolvimento sem planejamento adequado, como exemplo as residências construídas sobre as dunas que modificam a dinâmica natural deste ecossistema (capítulo 2) e a deposição de lixo sobre as mesmas (capítulo 3). Entretanto por se tratar de um balneário que ainda não possui uma ocupação extensiva, como observado em outras praias do RS, permite que medidas corretivas e preventivas possam ser executadas, para que problemas já detectados não ocorram quando ocorrer à expansão do mesmo.

De acordo com os mosaicos aerofotogramétricos (anexo 4.8) podemos observar que na década de 70 a ocupação no Mar Grosso era incipiente a inexistente, e as dunas frontais estavam preservadas. Já em 2000 com a abertura de ruas e a demarcação de lotes fez com que ocorresse o processo de construção de residências, a maioria dentro da faixa de proteção de 300 m e sobre as dunas frontais. Neste trecho Lélis (2003) encontrou um recuo da linha de costa de 64,6 m em 25 anos, uma taxa de 2,6 m/ano.

Ao analisar a história da ocupação das áreas litorâneas no Brasil poderemos observar que a partir da década de sessenta e setenta é que eclodiu a expansão dos municípios litorâneos e o surgimento de outros que, muitas vezes, não poderiam receber esta nomenclatura (Moraes, 1999). Devido à rapidez com que se deu este processo, existem graves problemas que na atualidade são apenas corrigidos, sem a preocupação de realizar um plano de prevenção para os locais que ainda não foram impactados ou estão em curso de tornarem-se parte da produção urbana.

A pesquisa realizada por Lélis (2003) pode ser considerada curta, apenas 25 anos, entretanto permitiu através deste resgate do passado, mesmo sendo um passado não tão longínquo, radiografar o presente e antever o futuro quadro tendencial, como menciona Ross (1995). Isto facilita a intervenção no futuro cenário, a fim de projetar um planejamento estratégico contemplando o desenvolvimento sócio-ambiental dentro de uma perspectiva conservacionista dos recursos naturais e de preservação dos bens naturais e culturais (Ross, op. cit).

O estado do Rio Grande do Sul comparado aos demais estados brasileiros, possui um baixo percentual de municípios litorâneos e uma baixa densidade demográfica desta zona. Entretanto já podem ser detectados problemas em pequenos municípios, como Imbé no litoral norte do estado, que possuía em 2000 (Censo IBGE, 2000) uma área territorial de 39,65 km² e 308,7 habitantes/km², com uma taxa de urbanização de quase 98%. Estes números são ainda mais graves por não contabilizar a população de segunda residência, que é predominante em todo litoral norte, e que pode ser até dez vezes a população fixa, que é de 13.000 habitantes, aproximadamente (Griep, *et. al.*, 2004).

Estes dados mostram que os administradores públicos não conseguiram controlar o processo de produção urbana, e ainda o fazem, permitindo que um ecossistema de alta vulnerabilidade, também passe por uma expansão em alta velocidade, sem a realização de um planejamento ambiental-urbano eficaz.

A transformação de pequenos balneários em cidades litorâneas muitas vezes resulta em mudanças estruturais desde o meio ambiente até níveis sociais (Polette, 1997). São típicos destas áreas problemas como ocupação desordenada, erosão, falta de saneamento, esgotamento sanitário, redução na balneabilidade, entre outros (Souza e Polette, 1996), e devido estas características foi desenvolvido por Butler (1980 apud Tagliani *et. al.*, 2001) um modelo hipotético de evolução de balneários que consiste nas seguintes fases: exploração, envolvimento, desenvolvimento e consolidação, entretanto quando não houver um planejamento adequado destas áreas, podem ocorrer as fases de estagnação e declínio.

Este modelo de evolução não foi aplicado para o Mar Grosso, mas como mostra os mosaicos aerofotogramétricos, é possível constatar que o balneário esteja na fase de exploração. No verão ainda é pequeno o número de visitantes que freqüentam o balneário, distribuindo-se num estreito segmento de praia localizada próximo ao acesso principal que liga São José do Norte ao Mar Grosso (anexo 4.8). Entretanto como descrito nos capítulos 2 e 3 deste trabalho, são detectados problemas (construção de casas sobre as dunas e deposição de RSU em áreas de preservação, respectivamente), que por não serem gerenciados estão descaracterizando a paisagem, típicos de balneários que se encontram nas fases de desenvolvimento e consolidação.

O balneário do Cassino, o mais próximo do Mar Grosso, é o mais importante da região sul do estado o qual recebe turistas de vários locais do país e de países vizinhos, como Uruguai e Argentina (Romero, 2002). A aplicação do modelo de evolução para o Cassino mostrou que este estaria na fase de desenvolvimento (Romero, op. cit) sendo que nesta fase é necessário buscar um planejamento, a fim de que não ocorra a fase subsequente de declínio, segundo Butler (1980 apud Tagliani *et. al.*, 2001).

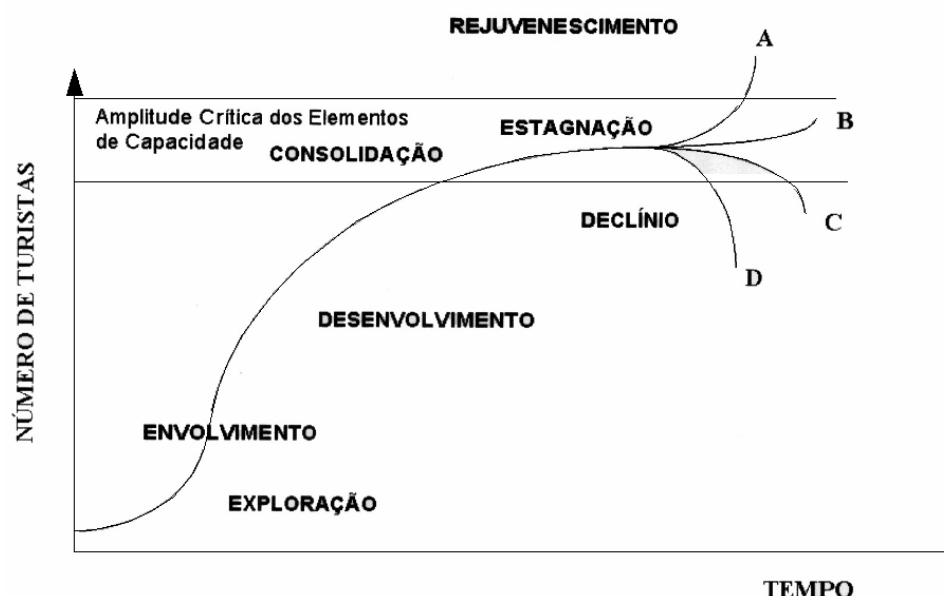


Figura 4.5 – Ciclo de evolução de um balneário (Butler, 1980 apud Tagliani *et. al.* 2001).

Polette e Raucci (2003) ao aplicarem o modelo de evolução de balneários para Camboriú, considerada uma das cidades litorâneas com maior dinâmica de visitação nos meses de verão em Santa Catarina, detectaram graves problemas como a construção de

edifícios próximos à orla que reduziram o tempo de exposição da praia ao sol, a baixa balneabilidade, destruição das dunas frontais, alteração dos padrões de drenagem, problemas estes que tendem a se agravar com a duplicação das rodovias de acesso. Segundo Polette e Raucci (2003) há possibilidade de uma fase de declínio caso não ocorra uma proposta de gerenciamento que minimize as alterações já detectadas.



Figura 4.6 – Balneário do Mar Grosso com reduzido número de visitantes.

De acordo com o mapa de vulnerabilidade ambiental relativa (Tagliani, 2002) existem 180,3 Km² de área com vulnerabilidade baixa a moderada baixa, aptas à expansão do balneário e de São José do Norte, sem interferir nos ecossistemas protegidos por lei e áreas de conservação ambiental. A maior parte destas áreas está localizada próximo da sede do Mar Grosso e da via de acesso que liga São José do Norte ao mesmo, sendo as áreas com maior atratividade à expansão do balneário (anexo 4.9).

As áreas com menor VAR foram classificadas como os locais mais aptos à instalação de aterro sanitário (capítulo 3), uma obra de engenharia que quando realizada pela prefeitura, deve estar em um local com baixa vulnerabilidade e criticidade de gestão reduzida. Já áreas com menor atratividade a expansão do balneário estão localizadas onde ocorre maior vulnerabilidade ambiental, com a formação de dunas lagunares, banhados, mata de restinga e marismas, todas protegidas por lei e com áreas de conservação.

Moraes (1999) menciona que para um ordenamento futuro dos municípios litorâneos, duas classes de situações devem ser destacadas: 1^a) a expansão contínua da malha urbana sobre os espaços praianos, que possui na atividade de veraneio o maior responsável por

este processo, e 2^a) a criação de novos núcleos urbanos em áreas pouco povoadas, onde estão inseridos os usos industriais, turísticos e portuários.

O município de São José do Norte pode muito bem fazer parte destas duas perspectivas, dada sua posição geográfica privilegiada, com uma linha de praia que possui características quase naturais (Esteves *et. al.*, 2003) e também por estar inserida no contexto portuário de seu município vizinho Rio Grande. Isto enfatiza a necessidade da realização de um plano não só ambiental-urbano, mas também estratégico devido ao cenário econômico que irá vigorar em Rio Grande, privilegiando também São José do Norte e outros municípios.

A possibilidade da criação de um complexo portuário que beneficiaria São José do Norte, o qual irá gerar vantagens econômicas para o município, permite a realização de um zoneamento para as atividades portuárias. O local escolhido baseado na figura 4.4 estaria na área com maior atratividade para expansão do balneário e também onde a vulnerabilidade ambiental relativa é moderada baixa, o que cria uma vantagem para as duas produções espaciais, entretanto é necessário que a administração pública municipal realize seu plano diretor inserindo esta perspectiva.

Entre alguns eixos que são prioritários no planejamento estratégico brasileiro, os quais estão no Plano Plurianual (PPA), os setores portuário e turístico possuem papel de destaque, onde são previstos investimentos visando, por exemplo, a proteção e recuperação ambiental, para que problemas como a deposição indevida de resíduos sólidos urbanos (RSU) nas dunas do Mar Grosso (capítulo 3 deste trabalho) sejam solucionados, podendo ocorrer incentivo para o desenvolvimento de um turismo ecológico e a exploração controlada dos recursos paisagísticos, por exemplo.

Em escala mundial podemos citar os problemas de gerenciamento de dunas detectados por Gómez-Pina *et. al.* (2002) na costa espanhola, onde o sistema de dunas foi totalmente alterado e destruído devido à intensa urbanização impulsionada pelo turismo e projetos de construção de rodovias nas décadas de 60 e 70. De acordo com os autores somente no final da década de 80 é que uma lei (“Ley de Costas”) foi criada para regular as

atividades e prevenir a degradação do litoral, onde é proibida a destruição de todas as dunas.

Para Alonso *et.al.* (2002) os maiores impactos e os processos erosivos nas praias espanholas estão relacionados aos processos de veraneio e turismo, principalmente quando estas são extensas e com grande largura do pós-praia, como exemplo as praias da Ilha de Fuerteventura (Ilhas Canárias). Estes autores observaram através de perfis praias e fotografias aéreas de 1963 a 1996 redução da largura de praia, que estaria relacionada à redução do suprimento sedimentar devido às atividades ligadas ao turismo, como ampliação das estradas e extração de areia.

Assim como Alonso *et. al.* (2002), Silva e Calliari (2001a) e Lélis (2003) também utilizando mesmas técnicas observaram erosão e redução da praia no Mar Grosso, local com um veraneio e turismo muito incipiente. De Oliveira e Calliari (2005) através de perfis praias não encontraram taxas erosivas no Mar Grosso, entretanto concluíram que os molhes causam diferenciação na morfologia e dinâmica em diferentes seções da praia, onde eventos extremos, a semelhança do observado por Silva e Calliari (*op. cit*), são os responsáveis por erosão sem posterior recuperação da praia (capítulo 2).

O ponto de discussão neste momento é que a praia do Mar Grosso não possui uma urbanização extensiva, mas são observados pontos de erosão e alterações ambientais que tendem a se tornar um agravante para o desenvolvimento local. Outras praias do RS, como Tramandaí, já possuem uma intensiva ocupação e níveis de degradação elevados, sendo possível à aplicação de medidas corretivas que possivelmente interfiram na questão imobiliária, e por conseqüência, econômica e política. Mesmo assim faz-se necessário traçar metas de uso sustentável para que não ocorra uma degradação extrema, o que acarretará também num prejuízo econômico, social e político (Farion e Strohaecker, 2005).

A aplicação ou não de um manejo para Tramandaí, por exemplo, irá gerar uma zona de conflito em que alguma das partes envolvidas no processo será prejudicada, seja a curto ou a médio prazo, sem possibilidade de retardar ainda mais esta tomada de decisão. No Mar Grosso este cenário ainda está distante, mas como disse Ross (1995) é necessário

analisar o passado e o presente, para que o futuro do balneário não seja similar ao modelo de desenvolvimento utilizado nas praias do litoral norte do RS não ocorrendo a longo prazo uma estagnação das atividades e possível declínio (Butler, apud Tagliani *et.al.* 2001).

4.7 Conclusões

As áreas com maior atratividade para expansão do balneário do Mar Grosso estão localizadas em locais com menor vulnerabilidade ambiental relativa e baixa criticidade de gestão. Entretanto próximos a estas áreas existem ecossistemas que devem ser gerenciados, a fim de minimizar os efeitos causados por uma produção urbana sem planejamento.

Além da utilização de dados físicos-naturais também foi possível inserir variáveis econômicas e sociais, enriquecendo o bando de dados do SIG e permitindo a avaliação numa perspectiva socioambiental, ponto fundamental para o gerenciamento e planejamento ambiental.

A análise em SIG do IDRISI Kilimanjaro[®] através dos módulos de suporte à decisão (rotinas *fuzzy* e MCE) mostrou ser uma ferramenta poderosa como auxílio à tomada de decisão. Entretanto, é necessário lembrar que a padronização e os valores estipulados para cada fator parte da análise do planejador, sendo possível além de inserir novos fatores também reorganizar os pesos utilizados neste trabalho.

Da mesma forma, a análise de vulnerabilidade ambiental relativa realizada por Tagliani (2002), levou em consideração fatores de vulnerabilidade que são válidos em uma análise regional. Embora sejam úteis como uma primeira aproximação e/ou comparação com outros dados de análise, as classes de vulnerabilidade devem ser interpretadas como indicações de caráter genérico, como um balizamento para a localização de projetos, dada a escala reduzida do mapeamento que foi realizado (1 : 100.000).

Segundo Tagliani (1997), se uma atividade é analisada segundo uma projeção de crescimento e continuidade, os impactos ambientais podem ser somados e/ou multiplicados, gerando novos impactos, não detectáveis na escala de trabalho mas de conseqüências

imprevisíveis em uma escala maior (princípio das propriedades emergentes). Isto decorre do fato que uma determinada atividade pode causar uma mudança na estrutura física do terreno e portanto interfere em fluxos energéticos vitais para o ecossistema como um todo.

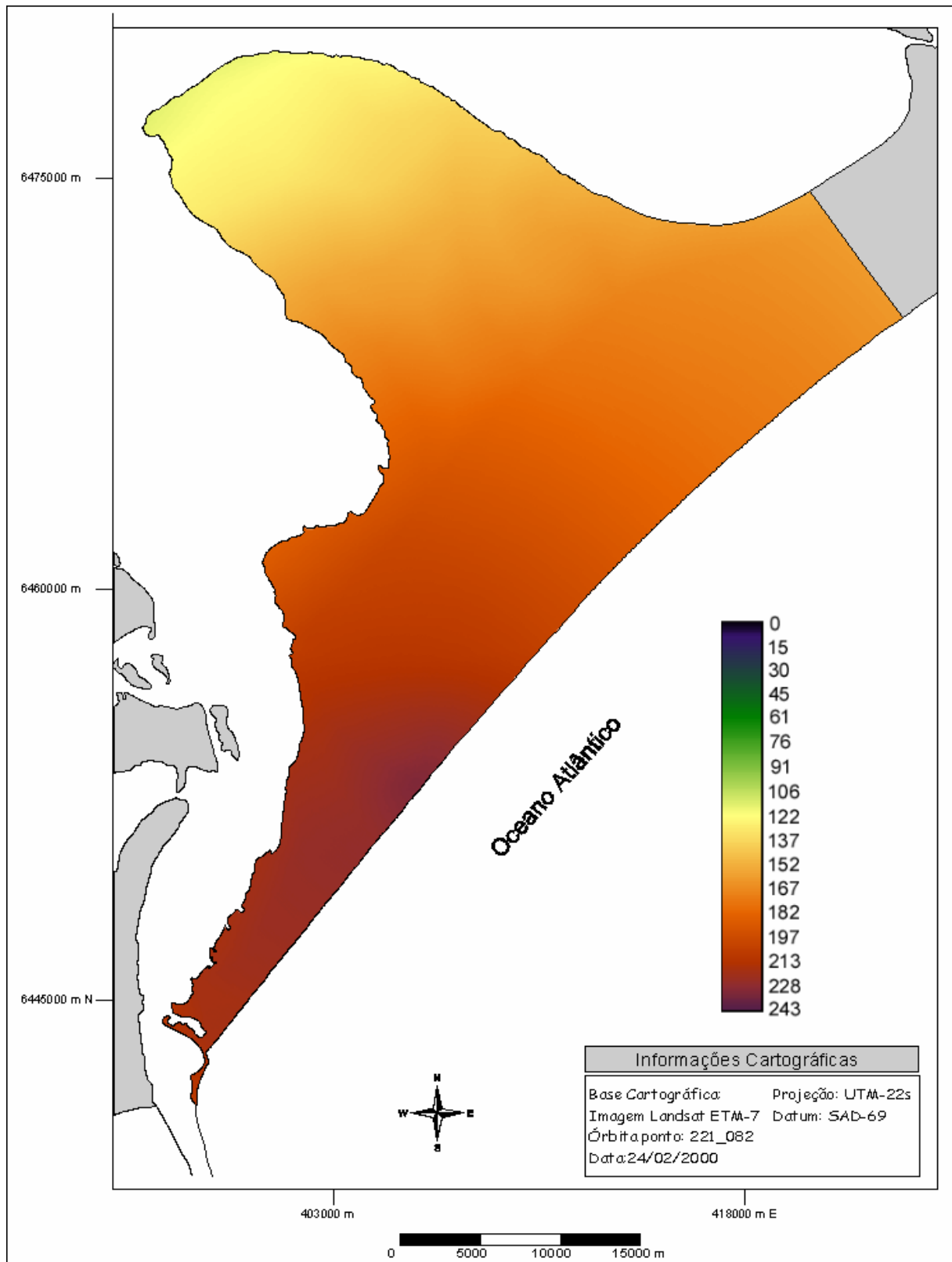
Segundo o autor a localização concreta (pontual) de projetos deve considerar características específicas do sítio e os impactos associados à atividade em escala local. Eventualmente uma recomendação de uso intensivo pode ser inadequada à escala natural em face dessas peculiaridades.

A produção urbana caracteriza-se por modificar muitas vezes a dinâmica de ecossistemas, o que demonstra a necessidade de monitoramento e de outras pesquisas para fundamentar melhor os projetos de expansão urbana.

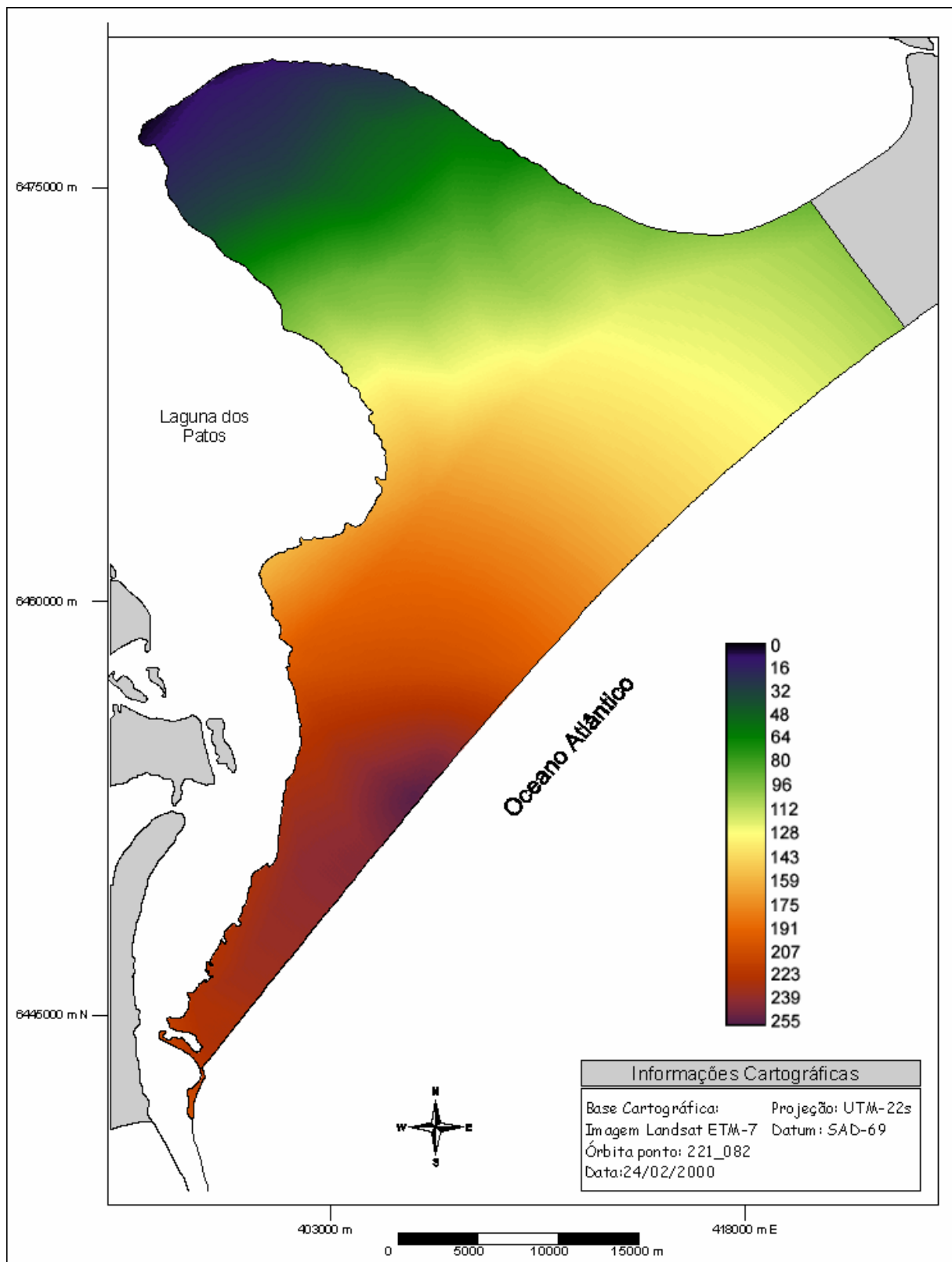
A utilização de técnicas computacionais permitiu analisar diversas informações consideradas pertinentes quanto ao planejamento de municípios. A diversidade de informações e a espacialização destas em arquivos com projeções cartográficas iguais foi decisivo para a criação do SIG realizado neste trabalho.

Anexos do capítulo 4

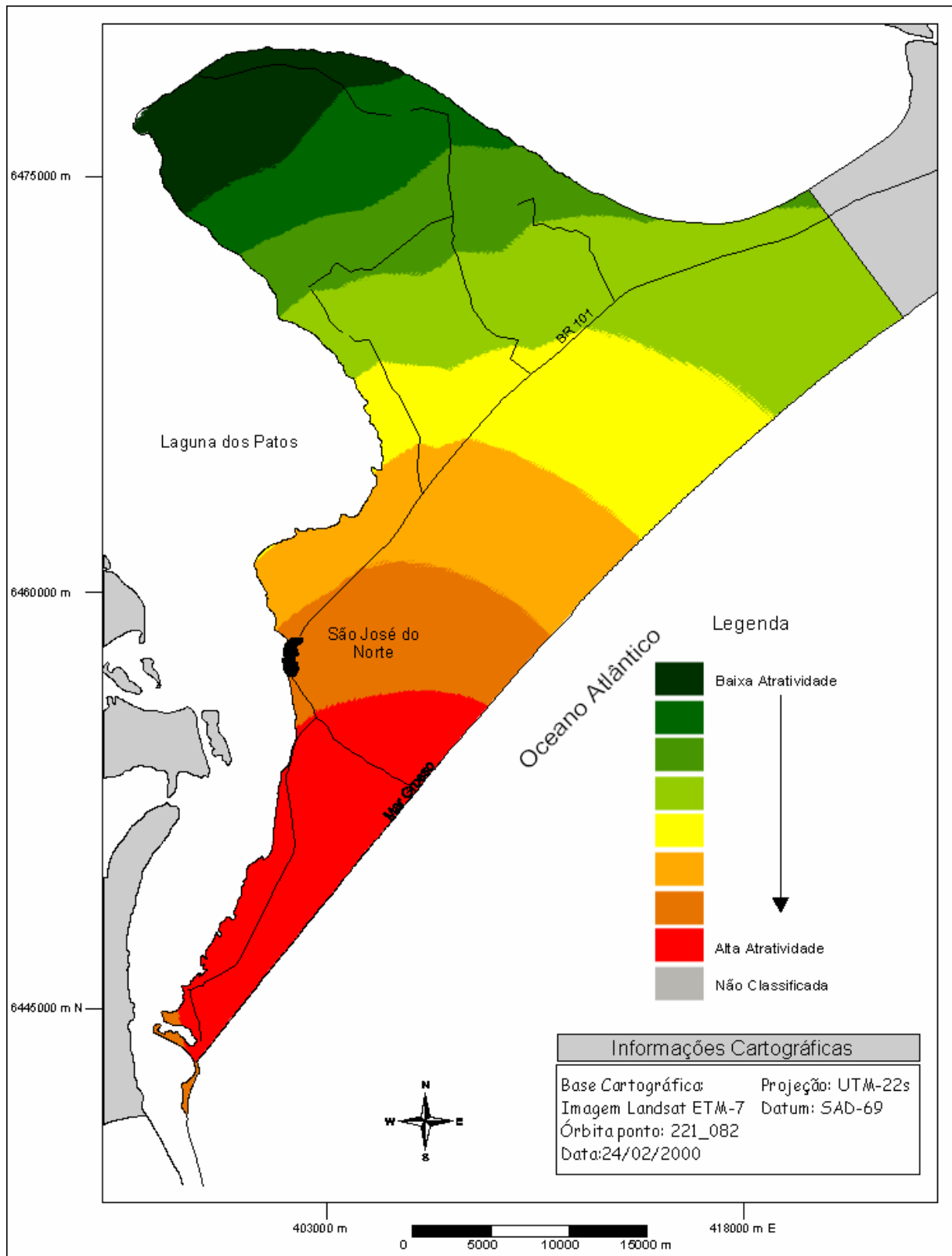
Anexo 4.1 – Imagem bruta de atratividade à expansão do Mar Grosso.



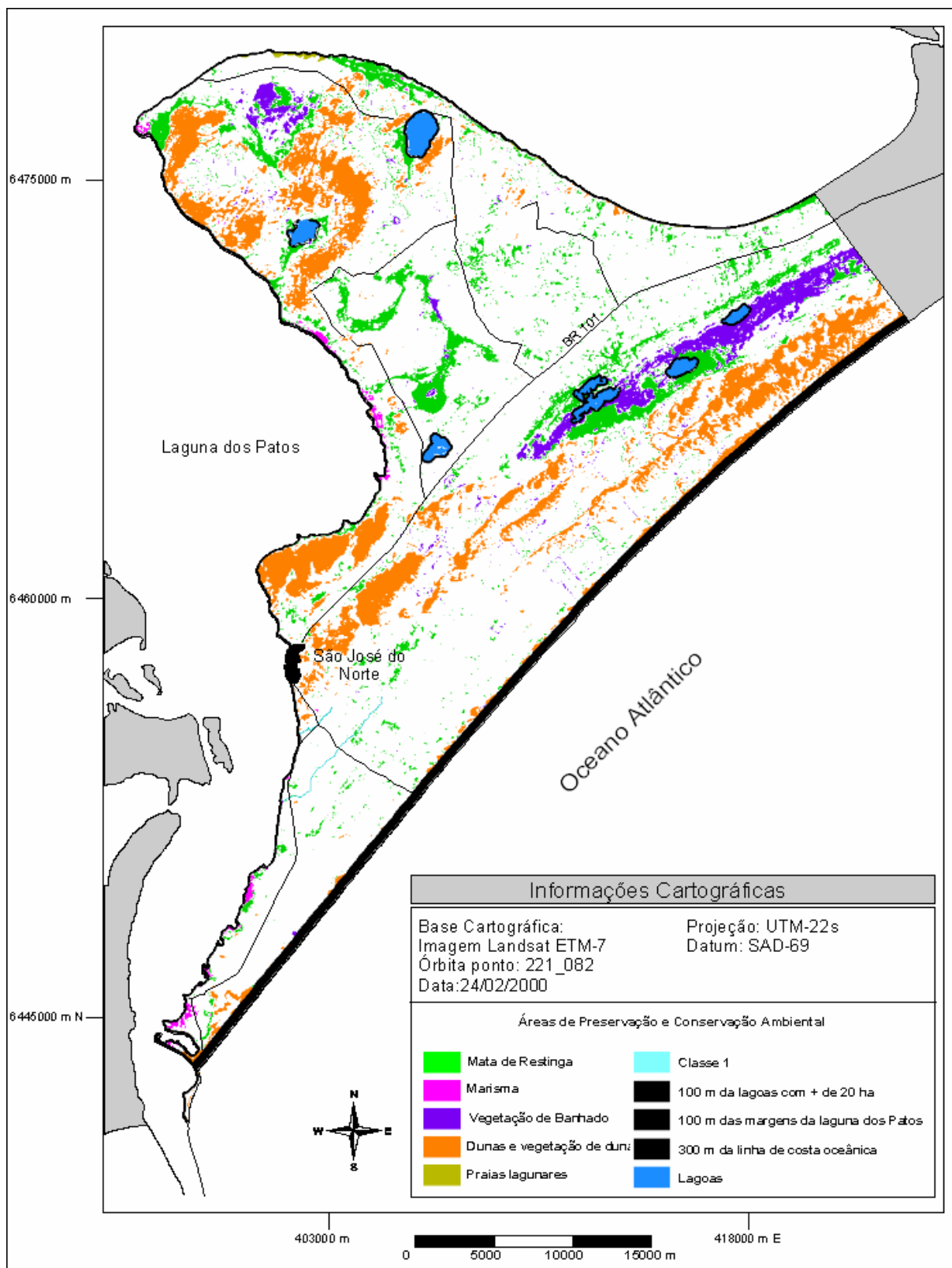
Anexo 4.2 – Aplicação de *Stretch* para a imagem de atratividade à expansão do Mar Grosso.



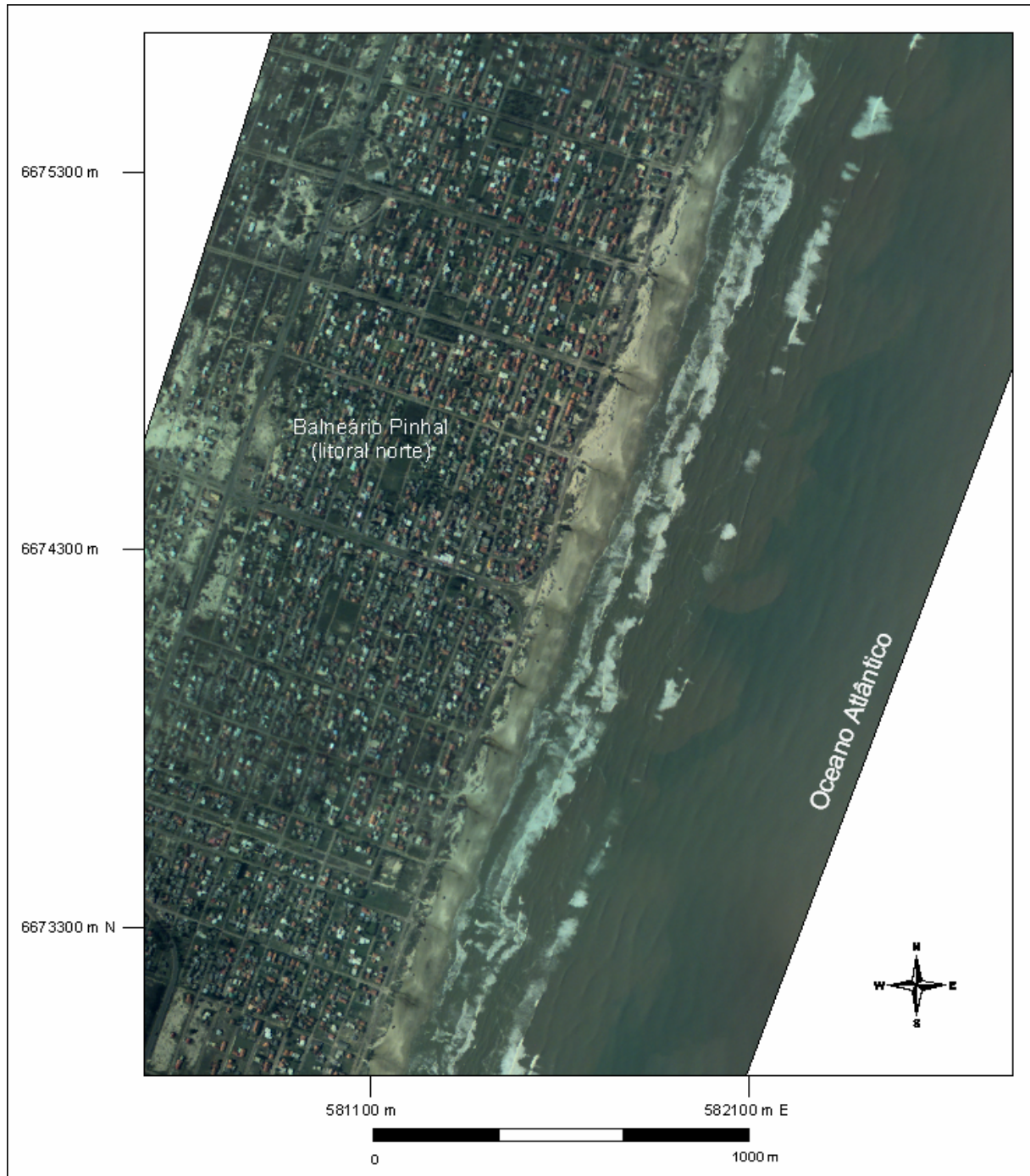
Anexo 4.3 – Reclassificação da imagem em 8 setores com maior e menor atratividade.



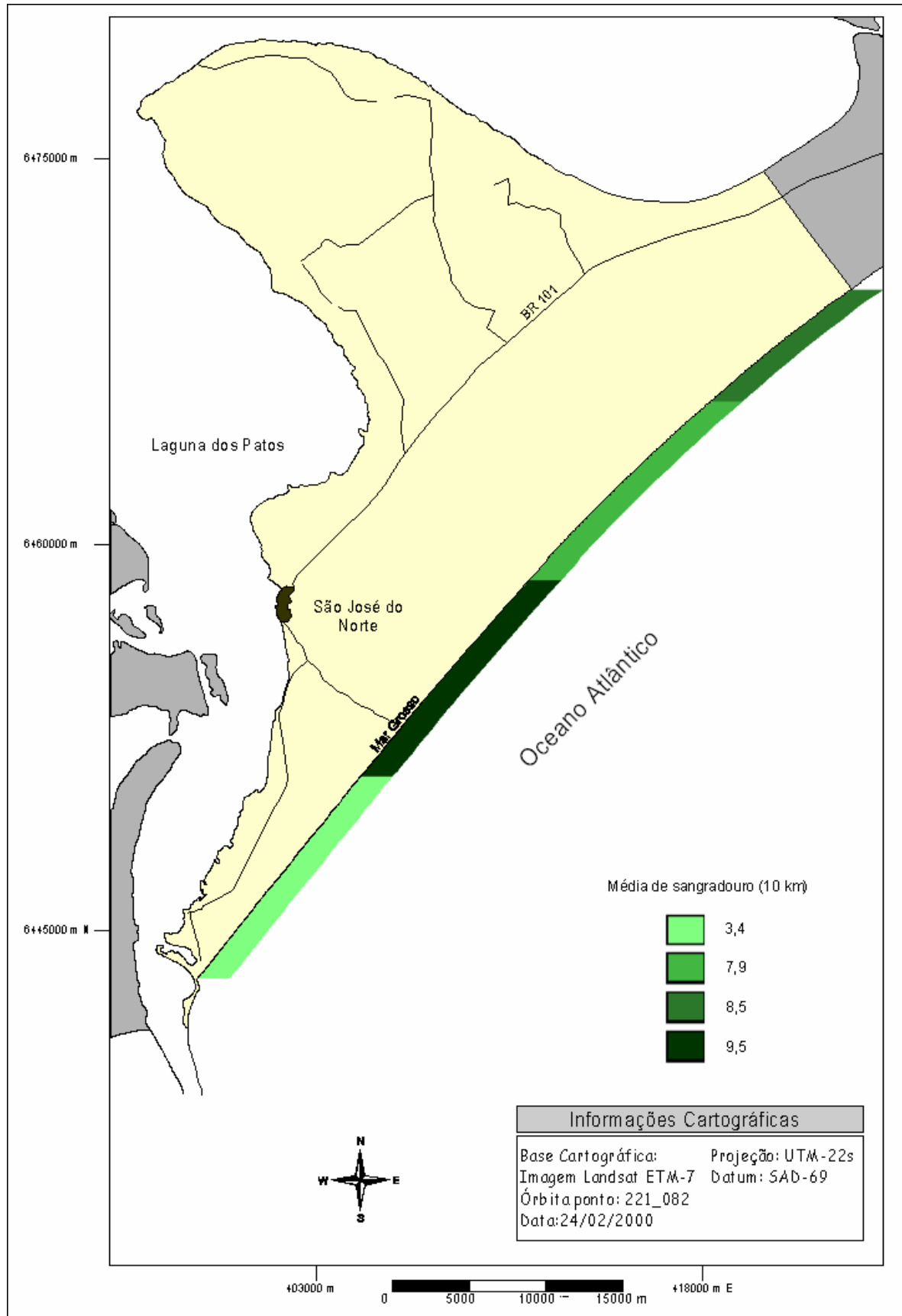
Anexo 4.4 - Áreas de Preservação e conservação ambiental.



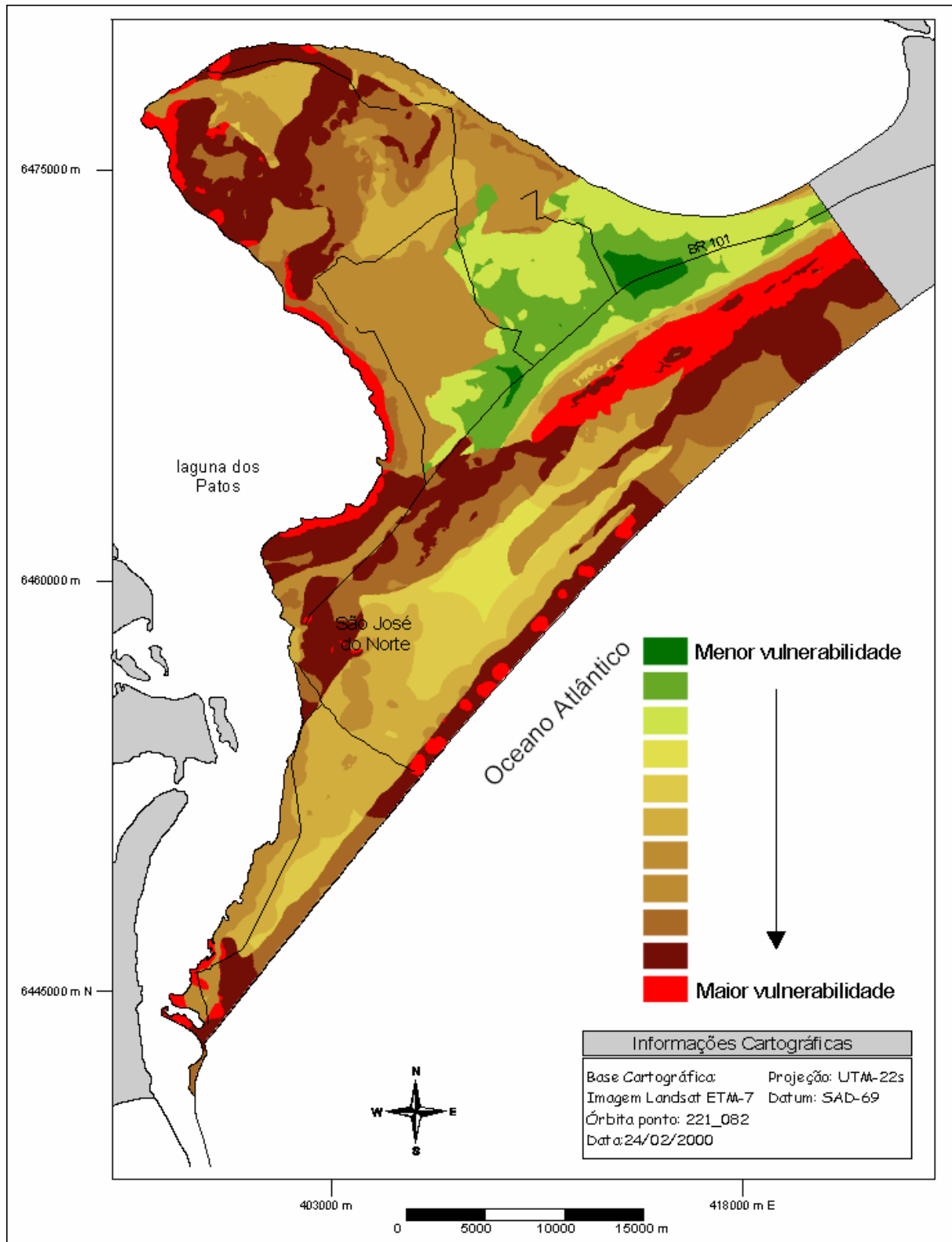
**Anexo 4.5 – Mosaico georreferenciado de Balneário Pinhal, no litoral norte
(LOG/DGEO/Sistema ADAR 1000).**



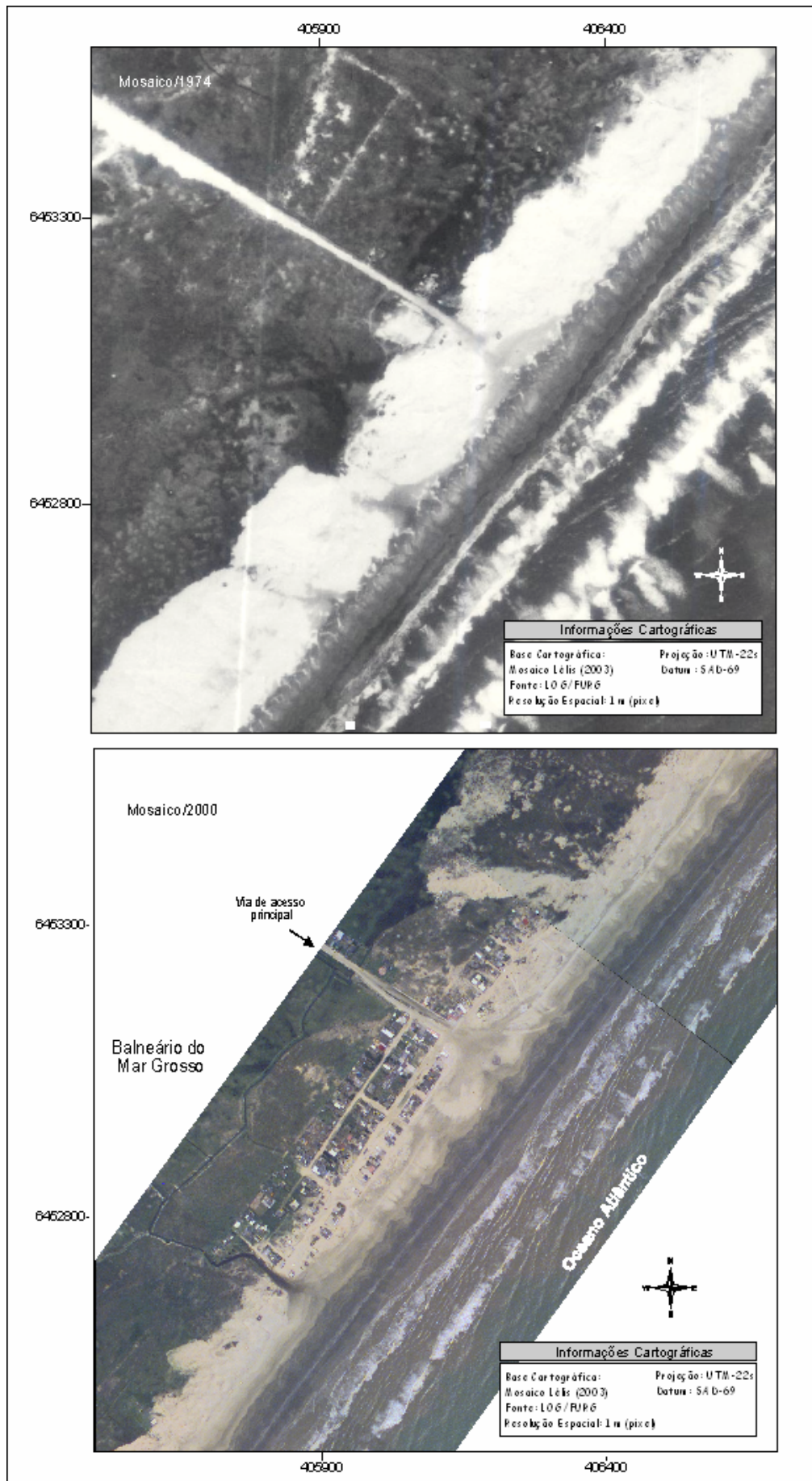
Anexo 4.6 – Média de sangradouros a cada 10 km para o período de 1991 a 2001 (Figueiredo, 2002)



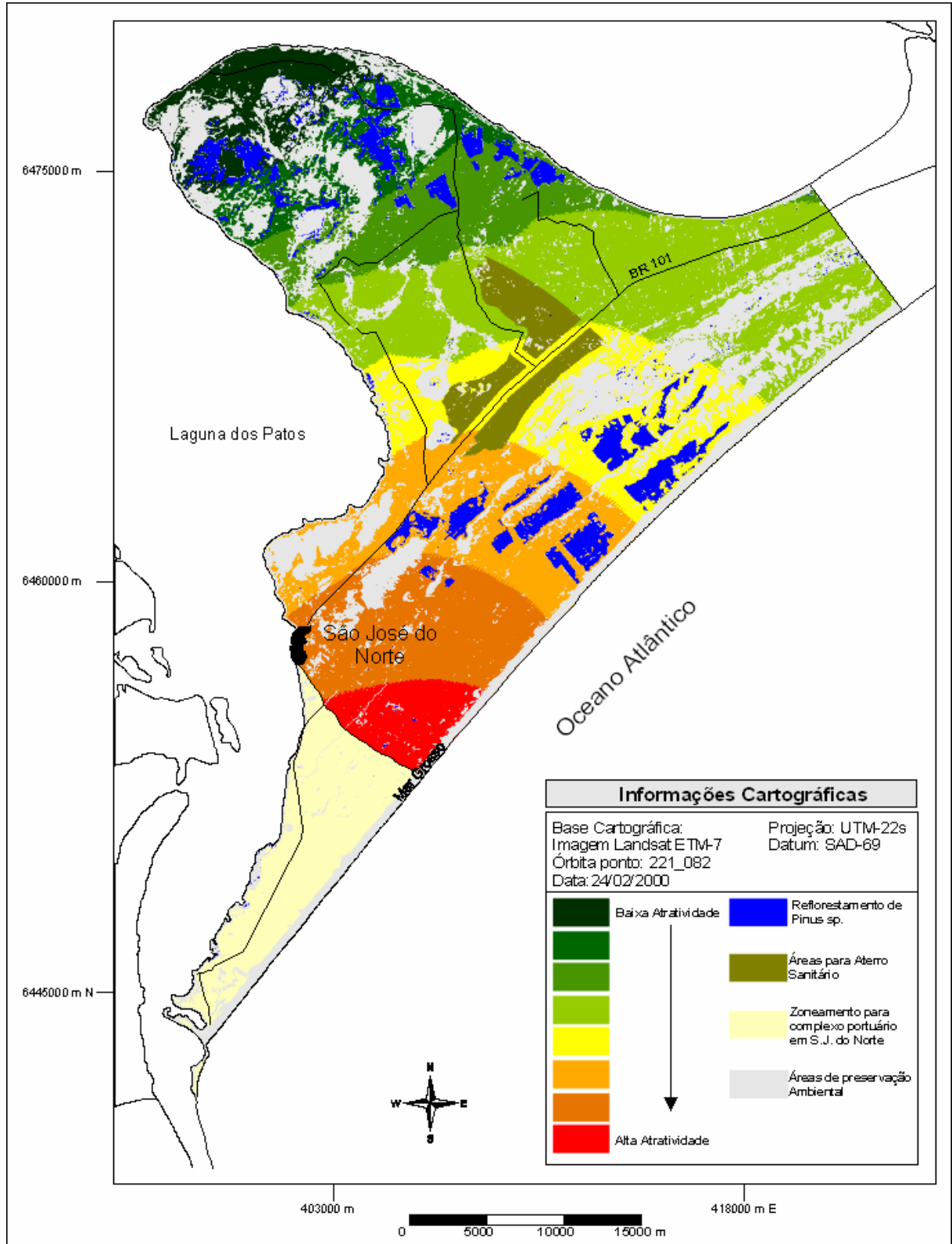
Anexo 4.7 – Mapa de vulnerabilidade ambiental relativa (modificado de Tagliani, 2002).



Anexo 4.8 – Mosaicos georreferenciados do balneário do Mar Grosso (Lélis, 2003).



Anexo 4.9 – Mapa final com áreas de atratividade a expansão do balneário, áreas de preservação e conservação ambiental, reflorestamento de *Pinus sp.*, áreas aptas à instalação de um aterro sanitário e áreas para zoneamento do complexo portuário em São José do Norte.



Capítulo 5

Conclusões e sugestões futuras

O estudo realizado neste trabalho foi baseado na utilização de técnicas específicas de morfodinâmica costeira que possibilitaram a caracterização de um trecho de costa do município de São José do Norte, e uma análise de fatores ambientais através de SIG's visando à localização de áreas aptas a instalação de um aterro sanitário e, ao mesmo tempo, espacializar as atratividades e restrições ambientais para a expansão do balneário do Mar Grosso em São José do Norte, no RS.

Os aspectos morfológicos da praia do Mar Grosso no período de monitoramento foram típicos de sistemas dissipativos, com pequenas variações e relativamente estáveis. Algumas peculiaridades ao longo da costa mostraram estar relacionadas aos molhes da barra de São José do Norte, que modifica o padrão de ondas e a dispersão diferenciada de sedimentos possibilitando uma maior mobilidade para trechos mais próximos ao molhe.

As variações no sistema de dunas foram pequenas nas seções "A", "B" e "C", locais onde as condições ambientais ainda estão relativamente preservadas, sem a interferência de construções residenciais como na seção "D", onde a modificação no transporte de areia e da formação das dunas cria uma descaracterização do sistema como foi comprovado através de perfis praias, sendo estas alterações observadas em pequena escala temporal.

Além da construção de residências sobre as dunas e dentro da faixa de proteção de 300 m, a deposição de RSU no sistema também é mais um agravante na modificação do sistema dunar. A recuperação das dunas próximas ao molhe leste, onde ainda está depositado o lixo, é fundamental, entretanto para que outras resoluções a cerca da deposição de lixo municipal não sejam realizadas sem estudo prévio, optou-se por avaliar quais seriam as áreas aptas à instalação de um aterro sanitário em São José do Norte, a forma atualmente mais correta para o destino final dos RSU.

A espacialização das informações pertinentes à escolha destes locais e a agregação das informações no SIG IDRISI Kilimanjaro® foi fundamental para tomada de decisão, e foram encontradas três áreas para instalação do aterro sanitário. A análise em macroescala foi realizada, entretanto faz-se necessário que estudos em microescala nestes locais sejam

realizados, para escolher os com maior aptidão, estudo este que a prefeitura de São José do Norte deve solicitar.

Da mesma forma que a prefeitura deve escolher um local com melhores condições para a instalação de um aterro sanitário, também é necessário que a administração conheça o seu território, principalmente quando duas atividades possuem grande potencial de produção: o veraneio e atividade portuária. A partir destes dois pontos foi realizada uma análise quanto às atratividades e restrições para a expansão do balneário do Mar Grosso e São José do Norte.

As áreas com maior atratividade para expansão do balneário do Mar Grosso estão localizadas em locais com menor vulnerabilidade ambiental relativa e baixa criticidade de gestão. Entretanto próximos a estas áreas existem ecossistemas que devem ser gerenciados, a fim de minimizar os efeitos causados por uma produção urbana sem planejamento. Entre estes ecossistemas as dunas devem ser preservadas uma vez que são barreiras naturais de proteção contra possíveis efeitos erosivos, como tempestades, mas que já tendem a ser alteradas pela construção de residências, como já observado na sede do balneário.

A análise em SIG do IDRISI Kilimanjaro[®] através do suporte à decisão (rotinas *fuzzy* e MCE) mostrou ser decisiva quanto na análise dos fatores atrativos e restritivos, entretanto é necessário lembrar que a padronização e os valores estipulados para cada fator parte da análise do planejador, como já mencionado no capítulo 4, sendo possível além de inserir novos fatores também reorganizar os pesos utilizados neste trabalho. A utilização de técnicas computacionais permitiu analisar diversas informações consideradas pertinentes quanto ao planejamento de municípios. A diversidade de informações e a espacialização destas em arquivos com projeções cartográficas iguais foi decisivo para a criação do SIG realizado neste trabalho.

Capítulo 6

Referencial bibliográfico

- ALONSO, I., ALCÁNTARA-CARRIÓ, J. e CABRERA, L. 2002. Tourist Resorts and their impact on beach erosion at Sotavento Beaches, Fuerteventura, Spain. *Journal of Coastal Research*. **SI (36)**: 1-7 p.
- ALVES, A., SOUZA, F.J. e MARQUES, M. 2005. Avaliação do potencial à erosão dos solos: uma análise comparativa entre Lógica *Fuzzy* e o Método USLE. Anais...XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto., Goiânia, Brasil, INPE, p. 2011-2018.
- ANTIQUERA, J.A.F. 2003. Evolução geomorfológica de um pontal arenoso na extremidade sul da laguna dos Patos. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica. FURG. Rio Grande/RS.: 150 p.
- ARENS, S. M. e WIERSMA., J. 1994. The Dutch foredunes: inventory and classification. *Journal of Coastal Research*. **10**: 189-202.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 1992. Rio de Janeiro, NBR 10.004/87.
- BARLETTA, R. C. 1997. Aspectos morfodinâmicos das praias situadas ao norte da desembocadura da Laguna dos Patos - Farol da Conceição e praias adjacentes, RS. Monografia de graduação em Oceanologia. Rio Grande, RS, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- BARLETTA, R. C. 2000. Efeito da interação oceano-atmosfera sobre a morfodinâmica das praias do litoral central do Rio Grande do Sul, Brasil. Departamento de Geociências. Rio Grande, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- BIRKEMEIER, W.A., 1981. Fats Accurate Two-person beach survey. *Coastal Engineering Technical Aid 81-11*. U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Mississippi, 22p.
- BUIJSMAN, M. C., KAMINSKY, G.M. e GELFENBAUM. 2003. Shoreline change associated with jetty construction, deterioration, and rehabilitation at Grays Harbor, Washington. *Shore and Beach*. **71**, v.1: 15-22.
- CALDASSO, A.L.S., RODRIGUES. T.L.N., BACHI, F.A., VILLWOCK, J.A., TOMAZELLI, L.J. e DEHNHARDT, B.A. 2000. Carta Geológica 1: 250.000 da Folha de Jaguarão, RS (SI.22-V-

- A). Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Cooperação CPRM/UFRGS/CECO. Dezembro de 2000.
- CALLIARI, L.J. e KLEIN, A.H.F. 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. *Pesquisas*, **20**(1), 48-56.
- CALLIARI, L. J. e KLEIN, A. H. F. 1995. Variabilidade das praias oceânicas entre Cassino e Chuí, RS. *Publ. Esp. IO/USP* 11:55-63. São Paulo, SP.
- CALLIARI, L.J, PEREIRA, P.S., DE OLIVEIRA, A.O. e FIGUEIREDO, S.A. 2005. Variabilidade das dunas frontais no litoral norte e médio do Rio Grande do Sul, Brasil. Artigo em CD. Revista Digital GRAVEL/ UFRGS. Nº 3: 15-30 p.
- CALLIARI, L.J., TOLDO JR., E. E NICOLODI, J.L. 2002. Classificação Geomorfológica da Linha de Costa do Rio Grande do Sul. In: Martins, L.R.S.; Toldo Jr., E.E. e Dillenburg, S.R. (ed.). 2002. Erosão costeira: causas, análise de risco e sua relação com a gênese de depósitos minerais. UFRGS, Porto Alegre. CD-ROM.
- CALLIARI, L. J., TOZZI, H. A. M. e KLEIN, A. H. F. 1998. Beach morphology and coastline erosion associated with storm surges in southern Brazil - Rio Grande to Chuí. In: Land and Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ) Meeting. Anais da Academia Brasileira de Ciências **70**(2): 231-247.
- CAMARGO, O. A., SILVA, F. J. L., CUSTODIO, R.S. e GRAVINO, N. 2002. Atlas Eólico do Rio Grande do Sul. Secretaria de Energia, Minas e Comunicações, Porto Alegre/RS. 70p.
- CARTER, R. W. G. 1988. Coastal Environments. Londres, 617p.
- CARTER, R. W. G., NORDSTROM, K. F. e PSUTY, N. P. 1990. The study of coastal dunes. In: NORDSTROM, K. F., PSUTY, N. P. e CARTER, R. W. G. Coastal dunes – Form and Process. Chichester: J. Wiley. Cap. 1, p. 1 -16.
- CASTRO, A.F., SOUZA, C.F., AMARO, V.E. e VITAL, H. 2005. Automação de cartas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo utilizando técnicas de geoprocessamento em áreas costeiras da porção setentrional do estado do Rio Grande do Norte. Anais...XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto., Goiânia, Brasil, INPE, p. 2109-2111.

- CICIN-SAIN, B e KNECHT, R. 1998. Integrated coastal and ocean management: concepts and practices. Washington D.C: Island Press, 517 p.
- CONSELHO EM REVISTA. 2005. Revista mensal do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Rio Grande do Sul. Ano I, nº 6.
- CORDAZZO, C. V. e SEELIGER, U. 1987. Composição e distribuição da vegetação nas dunas costeiras ao sul de Rio Grande (RS). *Ciência e Cultura*, **39**(3): 321-324.
- CORDAZZO, C.V. e SEELIGER, U. 1988. Guia Ilustrado da Vegetação Costeira do Extremo Sul do Brasil. Rio Grande : Editora da FURG, 275 p.
- CORDAZZO, C. V. e SEELIGER, U., 2003. Reproduction and Vegetative Regeneration in *Blutaparon portulacoides* (Amaranthaceae) on Backshores in Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, **SI 35**: 481-485.
- COSTA, C. S. B., SEELIGER, U. e CORDAZZO, C.V. 1984. Aspectos da ecologia populacional do *Panicum racemosum* Speng. Nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul. Brasil. In: LACERDA, L.D., ARAUJO, D.S.D., CERQUEIA, R. e TURQC, B. (Eds). *Restingas: origem, estrutura e processos*. Niterói, CEUFF: 395-411.
- COSTA, C. S. B., SEELIGER, U. e CORDAZZO, C.V. 1991. Leaf demography and decline of *Panicum racemosum* populations in coastal foredunes of southern Brazil. *Canadian Journal Botany*. **69**: 1593-1599.
- COSTA, C.S.B; SEELIGER, U; OLIVEIRA, C.P.L. e MAZO, A.M.M. 1997. Distribuição, funções e valores das marismas e pradarias submersas no Estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). **Revista Atlântica**. Rio Grande, RS, V. 19: 67-85.
- COSTA, K.V. 2001. Classificação de áreas favoráveis à disposição de resíduos sólidos utilizando geoprocessamento. Monografia de Especialização. Departamento de Cartografia/UFMG. Belo Horizonte, MG: 33p.
- CUNHA, N.G., 1994. Caracterização dos solos de São José do Norte, Tavares e Mostardas – RS. Pelotas, RS: EMBRAPA/CPACT. Documentos 7/94. 77p.
- DAVIES, J.L. 1980. Geographical variation in coastal development. 2ª edição. Londres: Longman, 212p.

DE OLIVEIRA, A.O. e CALLIARI, L.J. 2005. Mobilidade das praias do Mar Grosso, São José do Norte, RS. In: X Congresso do ABEQUA, 2005. Guaraparí, ES.

DE OLIVEIRA, A.O., PEREIRA, P.S. e CALLIARI, L.J. 2004. O efeito de sangradouros e ciclones extratropicais no Balneário do Mar Grosso, São José do Norte, RS. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2004, Itajaí. Livro de Resumos, 2004. v. 1. p. 212.

DOLAN, R. e DAVIS, R.E. 1992. An Intensity for Atlantic Coast Northeast Storms. *Journal of Coastal Research*, **8**(3): 840-853.

DULAC, E.B.F. e ROSADO, R.M. 1999. Educação ambiental no currículo escolar. Anais...XIX Encontro Estadual de Geografia e VI Encontro Riograndense de estudantes de Geografia., Santo Ângelo, RS, p. 66-70.

ESTEVES, L. S. 2004. Variabilidade espaço-temporal dos deslocamentos da linha de costa no Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS. UFRGS. Tese de Doutorado. 139 p.

ESTEVES, L. S., PIVEL, M. A. G., VRANJAC, M. P., AREJANO, T. B., E SILVA, A. R. P. 2000. Estado de alteração das praias do litoral gaúcho. *Anais da XIII Semana Nacional de Oceanografia*, p. 51 – 53.

ESTEVES, L.S.; SILVA, A.R.P.; AREJANO, T.B.; PIVEL, M.A.G. e VRANJAC, M.P. 2003. Coastal development and human impacts along the Rio Grande do Sul beaches, Brazil. *Journal of Coastal Research*, **SI 35**, 548-556.

EASTMAN, J.R. 2003. IDRISI Kilimanjaro Guide to GIS and Image Processing. Worcester, Clark University, 328p.

FARION, S. R. L. e STROHAECKER, T.M. 2005. Subsídios para o planejamento da faixa praial de Tramandaí-RS: alternativas de manejo e preservação. X Congresso da ABEQUA, Guaraparí, ES. CD-ROM: 0016_abequa2005sonia.pdf.

FEE – Fundação de Economia e Estatística/Secretaria da Coordenação e Planejamento. 2001. Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul. V.31. CD-ROM.

FEPAM. Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento do Litoral Norte. Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental nº 1. Porto Alegre, RS. 2000.

- FERRARO, LW., ANELE, L. P., ROXO, M., HASENACK, H., SIQUEIRA, O.W. e FLORES, C. A. 2003. Método para a seleção de áreas para a disposição de resíduos sólidos urbanos – Estudo de caso para o município de Pelotas, RS. Porto Alegre: FEPAM. Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental, 3.
- FIGUEIREDO, S.A. 2002. Distribuição espaço – temporal dos sangradouros da Costa Gaúcha no trecho São José do Norte – Farol de Mostardas. Monografia em Oceanologia. Fundação Universidade Federal do Rio Grande/FURG. 43 p.
- FIGUEIREDO, S.A. 2005. Sedimentologia e suas implicações na morfodinâmica das praias adjacentes às desembocaduras lagunares e fluviais da costa do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica, FURG. Rio Grande, RS. 178 p.
- FIGUEIREDO, S.A. e CALLIARI, L.J. 2004. Washouts in the central and northern littoral of Rio Grande do Sul state, Brazil: distribution and implications. *Journal of Coastal Research*. **SI (39)**: In press.
- FISCHER, A. 2005. Morfodinâmica do "Saco do Laranjal": costa noroeste do estuário da laguna dos Patos-RS. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Engenharia Oceânica. Rio Grande/RS, FURG: 163 p.
- FRYBERGER, S. G. 1979. Dune forms and wind regime. In: McKee, E.D. (ed) *A Study of Global Sand Seas*. Geological Survey Professional, Paper 1052: 137-169.
- GODOLPHIM, M.F. 1976. Geologia do Holoceno Costeiro do Município de Rio Grande, RS. Porto Alegre, IG/UFRGS. Dissertação de Mestrado, 146p.
- GÓMEZ-PINA, G., MUÑOZ-PÉREZ, J.J., RAMÍREZ, J.L. e LEY, C. 2002. Sand dune management problems and techniques, Spain. *Journal of Coastal Reserch*. **SI (36)**: 325-332p.
- GRIEP, G., CARDOSO, L., GRIEP, M.F., DE OLIVEIRA, A. O., SODRÉ, S. B., CALLIARI, L.J., TAGLIANI, C.R.A., PEREIRA, P.S., BARBOSA, L.H.C., BAISCH, P.R., GANDRA, M., ANGONESI, L., OSINALDI, G., BUGONI, L., FERREIRA, W.S., GARCIA, M.R.D.,

- MARANGONI, J. 2004. Relatório de avaliação ambiental para a instalação de Duto Marítimo Sul 28, do Terminal Marítimo Almirante Soares Dutra - TEDUT.
- GUERRA, A.T. e GUERRA., A.J.T. 1997. Novo dicionário Geológico-Geomorfológico. Rio de Janeiro, RJ. Bertrand Brasil, 652 p.
- HARTMANN, C. 1996. Dinâmica, distribuição e composição do material em suspensão na região sul da Laguna dos Patos, RS. Instituto de Geociências. UFRGS. Porto Alegre, RS. Tese de Doutorado. 363 p.
- HARTMANN, C., NETO, F.M.M. e NOGUEZ, C. 2005. Uso de sensoriamento remoto no estudo da geomorfologia costeira: exemplo do Pontal do DEPREC, RG, RS. X Congresso da ABEQUA. Guarapará, ES. CD-ROM: 138.pdf.
- HASENACK, H., WEBER, E. e VALDAMERI, R. 1998. Análise da Vulnerabilidade de um Parque através de módulos de apoio a decisão em Sistemas de Informação Geográfica. 1998. **Fator GIS** 04/98. Disponível em: <http://www.fatorgis.com.br>
- HESP, P. A. 1988. Morphology, Dynamics and Internal Stratification of some established foredunes in southeast Australia. *Sedimentary Geology*. **55**: 17-41.
- HESP, P. A. 2000. Coastal Sand Dunes: form and function. CDVN Technical Bulletin, Nº 4. Massey University, New Zealand, 28p.
- HESP, P. A. 2002. Foredunes and Blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*. **48**: 245-268.
- HOLMAN, R.A. e SALLENGER, A.H. 1993. Sand bar generation: a discussion of the Duck experiment series. *Journal of Coastal Research*, SI15,
- IBGE. Levantamento dos Recursos Naturais: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim. Volume 33. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.
- JUCÁ, J.F.T. 2003. Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. V REGEO - Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, Porto Alegre, RS, p. 1-32.
- JUNIOR, V.O., AFFONSO, A.G. e STECH, J.L. 2005. Análise da dinâmica do lixão clandestino no município de Barueri, no estado de São Paulo através de imagens do

- Landsat 5 TM nos anos de 1992, 1993, 1996, 2001 e 2004. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto., Goiânia, Brasil, INPE, p. 3879-3885.
- KAY, R. e ALDER, J. 1999. Coastal planning and management. Londres, E & FN SPON, 375 p.
- KOMAR, P. D. 1976. Beach processes and Sedimentation. New Jersey, Prentice Hall, Englewood Cliff, First edition.
- KOMAR, P. D. 1998. Beach Processes and Sedimentation. New Jersey, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliff, First edition.
- KRUSCHE, N., SARAIVA, J.M.B. e REBOITA, M.S. 2002. Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS. 104p.
- LEATHERMAN, S. P., DEAN, R.G., KANA, T. e ANDERS, F.J. 1997. Goldsmith Inlet and adjacent areas, north shore of Long Island, New York: Erosion problems and suggested modifications. Shore and Beach, **n.3**: 13-16.
- LÉLIS, R.J.F. 2003. Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul, Brasil. Monografia. Curso de Oceanologia. FURG, Rio Grande, RS. 117p.
- LIMA, F.R.N. 2005. Localização de aterros sanitários utilizando lógica nebulosa - Caso Petrópolis. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ: 98p.
- LUZ, A.P., FRANCÉS, A., FERNANDES, J. e DILL, A.C. 2001. Aplicação de um SIG na selecção de locais para implementação de aterros sanitários em áreas vulneráveis à contaminação de aquíferos. Seminário sobre a Hidroinformática em Portugal, LNEC. Lisboa, Portugal. 13p.
- MAGOSSI, L. e BONACELLA, P. 1991. Poluição das águas. 2ª ed. São Paulo, Editora Moderna.
- MARONE, E. e CAMARGO, R. 1994. Marés meteorológicas no litoral do estado do Paraná: O evento de 18 de agosto de 1993. Revista Nerítica, Editora da UFPR, **v.8**, n.1, p. 73-85.

- MORAES, A.C.R. 1995. Os Impactos da Política Urbana Sobre a Zona Costeira. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente, MMA, Brasília, 33p.
- MORAES, A.C.R. 1999. Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil - Elementos para uma Geografia do litoral Brasileiro. São Paulo, SP. Editora Hucitec, 229 p.
- MOTTA, V.F. 1967. Estudo em modelo reduzido para a regularização da embocadura Lagunar de Tramandaí, RS. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (Inédito).
- MOTTA, V.F. 1969. Relatório-diagnóstico sobre a melhoria e o aprofundamento do acesso pela Barra do Rio Grande. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas.
- MUEHE, D. 2000. O litoral brasileiro e sua compartimentação. In: CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. Geomorfologia do Brasil. Bertrand Brasil. Cap. 7, p. 273 – 337.
- MUEHE, D. 2001. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. Revista Brasileira de Geomorfologia. **V. 2**, nº 1: 35-44 p.
- NORDSTROM, K. F. 1992. Estuarine Beaches: an introduction to the physical and human factors effecting use and management of beaches in estuaries, lagoons, bays and fjords. New York: Elsevier Science Publishers Ltd: 225 p.
- NORDSTROM, K. F. e JACKSON, N.L. 1993. the role of wind direction in eolian transport on a narrow sandy beach. *Earth of Surface Processes and Landforms*. **18**: 675-685.
- PAJAK, M. J. e LEATHERMAN, S. 2001. The high water line as shoreline indicator. *Journal of Coastal Research*. **18 (2)**: 329-337.
- PENIDO, L. R., KUX, H.J.H. e MATTOS, J.T. 1998. Aplicação de Técnicas de Sensoriamento Remoto e GIS como subsídio ao planejamento rodoviário. Estudo de Caso: Trecho Oeste do Rodoanel Metropolitano de São Paulo, Brasil. IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto., Santos, Brasil, INPE, p. 661-673.

- PEREIRA, P.S. 2003. A morfodinâmica praial como ferramenta para a segurança dos banhistas da praia do Cassino: Estudo de caso da temporada 2002. Monografia. Curso de Oceanografia. FURG, Rio Grande, RS. 77p.
- PEREIRA, P.S. 2005. Variabilidade da orla oceânica do Rio Grande do Sul e suas implicações na elaboração de planos de contingência: aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e geomorfológicos. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica, FURG. Rio Grande, RS. 160 p.
- PEREIRA, P.S., CALLIARI, L.J. e BARLETTA, R.C. 2005. Heterogeneidade e Homogeneidade das Praias Oceânicas do Rio Grande do Sul: um Enfoque Estatístico. In: X Congresso do ABEQUA, 2005. Guaraparí, ES.
- PEREIRA DA SILVA, R. 1998. Ocorrência, distribuição e características morfodinâmicas dos sangradouros na zona costeira do Rio Grande do Sul: trecho Rio Grande-Chuí, RS. Curso de Pós-graduação em Geociências, UFRGS. *Dissertação de mestrado*. Porto Alegre, RS. 146p.
- PEREIRA DA SILVA, R. e CALLIARI, L.J. 1997. Erosão costeira causada por sangradouros ao longo do litoral Sul Rio-grandense: Trecho Rio Grande Chuí. VI Congresso da ABEQUA e Reunião Sobre o Quaternário da América do Sul, Curitiba, Brasil. Resumos expandidos. 420-423p.
- PEREIRA DA SILVA, R., CALLIARI, L.J. e TOZZI, H.A.M. 2003. The Influence of Washouts on the Erosive Susceptibility of Rio Grande do Sul between Cassino and Chuí Beaches, Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*. **SI (35)**: 332-338 p.
- PIVEL, M.A.G., 1997. Caracterização Morfodinâmica e Sedimentológica das Praias de Torres (RS). Monografia. Curso de Oceanologia. FURG, Rio Grande, RS. 72 p.
- PIVEL, M. A. G. e CALLIARI, L. J. 1998. Caracterização preliminar das praias de Torres (RS) sob um enfoque morfodinâmico. XI Semana Nacional de Oceanografia, Rio Grande, FURG.

- POLETTE, M. 1997. Gerenciamento Costeiro Integrado: proposta metodológica para a paisagem litorânea da microbacia de Mariscal município de Bombinhas (SC) - Brasil. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. UFSCar. Tese de Doutorado. São Carlos, SP. 499 p.
- POLETTE, M. e RAUCCI, G.D. 2003. Methodological proposal for carrying capacity analysis in sandy beaches: a case study at the Central Beach os Balneário Camboriú (Santa Catarina, Brazil). *Journal of Coastal Research*. **SI 35**: 94-106.
- REBOITA, M.S. 2001. Normais Climatológicas Provisórias de Rio Grande, no período de 1991 a 2000. Departamento de Geociências. Monografia do curso de Geografia Bacharelado. Rio Grande, RS, FURG.
- REIS, E. G. ; ASMUS, M. ; CASTELLO, J. e CALLIARI, L. J. 1999. Building Human capacity on coastal and Ocean Management- Implementing de Train-Sea-coast Programme in Brazil. *Ocean Coastal Management*.
- RODRIGUEZ, J.M.M., CABO, A.R. e BRESCANSIN, R.B. 1997. Laudos periciais e pareceres técnicos em áreas litorâneas. In: MAURO, C. A. Laudos periciais em depredações ambientais. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Regional, DPR, IGCE, Unesp, p. 177 – 215.
- RODRIGUES. T.L.N., BACHI, F.A., VILLWOCK, J.A., TOMAZELLI, L.J. e DEHNHARDT, B.A. 2000. Carta Geológica 1: 250.000 da Folha de Rio Grande, RS (SI.22-V-B). Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Cooperação CPRM/UFRGS/CECO. Dezembro de 2000.
- ROMERO, A. F. 2002. Aplicação de um modelo de desenvolvimento de balneários como ferramenta para o Gerenciamento Costeiro Integrado. Estudo de caso: Praia do Cassino, Rio Grande, RS. Departamento de Oceanologia, FURG. Monografia em Oceanologia. Rio Grande, RS. 57 p.
- ROSS, J. L. S. 1995. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. *Revista do Departamento de Geografia*. **V. 9**: 65-75 p.
- SALLENGER, A.H., HOLMAN, R.A. e BIRKEMEIER, W.A. 1995. Storm-induced response of a nearshore bar system. *Marine Geology*. **64**: 237-257.

- SANTOS, M. 1994. Técnica, Espaço e Tempo. São Paulo, Hucitec.
- SANTOS, I. R. e ESTEVES, L.S. 2001. Impacto da erosão costeira no mercado imobiliário do Hermenegildo, RS, Brasil. VIII Congresso da ABEQUA, Mariluz, Imbé, RS, p 513-515.
- SARAIVA, J.M.B., BEDRAN, C. e CARNEIRO, C. 2003. Monitoring of Storm Surges on Cassino Beach, RS, Brazil. *Journal of Coast Research*, **SI 35**: 323-331.
- SEABRA, L., 2003. Turismo sustentável: Planejamento e Gestão. In: CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. A questão ambiental: Diferentes abordagens. Bertrand Brasil. Cap. 5, p. 153 – 187.
- SEELIGER, U. 1992. Coastal Foredunes of Southern Brazil: physiography, habitats and vegetation. *Coastal Plant Communities of Latin America*. 367-380.
- SERRA, V., GROSSI, M. e PIMENTEL, V. Lixão, aterro controlado e aterro sanitário. Dept. de Química e Bioquímica. UNESP. Botucatu. SP., Brasil. Disponível em: www.laser.com.br/IBB/lixo/aterro/html. Acesso em:01/10/2004.
- SHERMAN, D. J. e BAUER, B.O. 1993. Coastal geomorphology through the looking glass. *Geomorphology*. **7**: 225-249.
- SHERMAN, D. J., JACKSON, D.W.T., NAMIKAS, S.L. e WANG, J. 1998. Wind-blown sand on beaches: an evaluation of models. *Geomorphology*, **22**: 113-133.
- SHIDELER, G. L. e S., K.P. 1984. Regional variability of beach and foredune characteristics along the Texas Gulf coast Barrier System. *Journal of Sedimentary Petrology*, **54**(2): 507-526.
- SHORT, A.D. 1979b. Three dimensional beach stage model. *Journal of Geology* **87**: 553-571.
- SHORT, A.D. 1980. Beach response to variations in breaker height. In: 17th International Coastal Engineering Conference. ASCE/ Austrália. Proceedings...Austrália: 1980, p. 1016-1035.
- SHORT, A. D. 1999. Wave-dominated beaches. In: SHORT, A.D. (Ed.), *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Chichester, John Wiley & Sons, p. 173-203.

- SHORT, A.D. e AAGAARD, T. 1993. Single and multi-bar beach change models. *Journal of Coastal Research*, **SI 15**: 141-157.
- SHORT, A.D. e HESP, P. 1982. Wave, Beach and Dune Interactions southeastern Australia. *Marine Geology*, **48**: 259-284.
- SHORT, A. D. & MASSELINK, G. 1999. Embayed and structurally controlled beaches. In: SHORT, A.D. (Ed.), *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Chichester, John Wiley & Sons, p. 230-250.
- SIEGLE, E. 1996. Distribuição dos sedimentos litorâneos entre o Farol da Conceição e Farol do Chuí, RS, e fatores condicionantes. Monografia. FURG, Rio Grande, RS. 88p.
- SILVA, A.R.P. e CALLIARI, L.J. 2001a. Erosão versus progradação da linha de costa de praias expostas e contíguas a grandes estruturas. VIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Mariluz, Imbé-RS, p. 55-57.
- SILVA, A.R.P. e CALLIARI, L.J. 2001b. Evolução geomorfológica do pontal arenoso localizado no extremo sul da Lagoa dos Patos. VIII Congresso do ABEQUA., Mariluz, Imbé, RS, p. 73-74.
- SILVA, C. S. 1999. Refração de ondas nas proximidades do molhe leste da Barra do Rio Grande-RS. Dissertação de Mestrado em Engenharia Oceânica. Rio Grande, FURG.
- SOUZA, S. JR. e POLETTE, M. 1996. Evolução e tendências de crescimento dos balneários no litoral Centro-norte catarinense. III Seminário Integrado de Iniciação Científica., Chapecó, SC.
- STRAUCH, J.C. e SCHIMIDT, R.M. 1998. Estudo do clima de ondulatório em Rio Grande. Laboratório de Física, FURG, 64p.
- STRECK, E.V., KÄMPF, N., DALMOLIN, R.S.D., KLAMT, E. NASCIMENTO, P.C. e SCHNEIDER, P. 2002. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. EMATER/RS, UFRGS. 107 pp.
- TABAJARA, L. L. C. A. 2003. Interações onda-praia-duna e manejo das dunas das praias de Atlântida Sul e Mariápolis - RS. Instituto de Geociências. Porto Alegre, UFRGS. Tese de Doutorado: 216p.

- TAGLIANI, C.R.A. 1997. Proposta para o manejo integrado da exploração de areia no município costeiro de Rio Grande, RS. Um enfoque sistêmico. Centro Tecnológico da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Dissertação de Mestrado em Geologia Sedimentar, São Leopoldo, RS. 158p.
- TAGLIANI, C.R.A. 2000. Utilização de um Sistema de Informações Geográficas para o planejamento ambiental em Rio Grande, RS – Brasil. Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, RS. *Pesquisas* 27. p. 3-13.
- TAGLIANI, C.R.A., 2002. A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado. Curso de Pós-graduação em Geociências, UFRGS. *Tese de Doutorado*. Porto Alegre, RS. 252p.
- TAGLIANI, C. R. A., ASMUS, M.L., REIS, E.G. e CALLIARI, L.J. 2001. Gerenciamento Costeiro Integrado: Trocas e inter-relações entre os sistemas continental e oceânico adjacente. XIII Curso do Programa Train-Sea-Coast Brasil, 6 a 12 de maio de 2001; Rio Grande-RS. FURG, CIRM, DOALOS/ONU. Pasta com 5 módulos e 4 sub-módulos.
- TOLDO JR., E.E., DILLENBURG, S.R., ALMEIDA, L.E.S.B., TABAJARA, L.L., MARTINS, R.R. e CUNHA, L.O.B.P. 1993. Parâmetros Morfodinâmicos da Praia de Imbé, RS. *Pesquisas* 20(1): 27-32.
- TOLMAN, H.L. 1997. User manual and system documentation of WAVEWATCH-III version 1.15. NOAA / NOS / NCEP / OMB. Technical Note 151, 97p.
- TOLMAN, H.L. 1999. User manual and system documentation of WAVEWATCH-III version 1.18. NOAA / NOS / OMB. Contribution nº 166, 110p.
- TOMAZELLI, L.J. 1990. Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da província costeira do Rio Grande do Sul - com ênfase no sistema eólico. Curso de Pós-graduação em Geociências, UFRGS. *Tese de Doutorado*. Porto Alegre, RS.
- TOMAZELLI, L. J. 1993. O regime dos ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas* 20(1): 18-26.

- TOMAZELLI, L.J. e VILLWOCK, J.A. 1992. Considerações sobre o ambiente praiial e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas* **19**(1): 3- 12.
- TOMAZELLI, L. J. e DILLENBURG, S.R. 2005. Fatores de controle na origem e evolução das lagoas costeiras holocênicas do litoral norte do Rio Grande do Sul. X Congresso da ABEQUA, Guarapará, ES. CD-ROM: resumo 71pdf.
- TOZZI, H.A.M. 1999. Influência das Tempestades Extratropicais sobre o estoque subaéreo das praias entre Rio Grande e Chuí, RS. Instituto de Geociências. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. UFRGS: 115 p.
- TOZZI, H.A.M. e CALLIARI, L.J. 2000. Morfodinâmica da praia do Cassino. *Pesquisas* **27**: 29-42.
- VILLWOCK, J.A. e TOMAZELLI, L.J. 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. CECO/IG/UFRGS, Notas Técnicas, **8**:1-45.
- WAINER, I.J. 1963. Análise e previsão das alturas de onda em Tramandaí. Instituto de Pesquisas Hidráulicas,. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Relatório, 30p. (Inédito).
- WATKINSON, A. R., HUISKES, A.H.L. e NOBLE, J.C. 1979. The demography of sand dune species with contrasting life cycles. In: JEFFERIES, R. L. e. DAVY, A.J. (Eds). *Ecological processes in coastal environments*, Blackwell Scientific Publications, Londres: 95-112.
- WEBER, E. e HASENACK, H. 2000. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. VI Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina. Salvador/BA.
- WEBER, E.J. e HASENACK, H. 1997. O geoprocessamento como ferramenta de avaliação. IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliação e Perícias. São Paulo, SP. *Anais...v.1*, p. 364-373.
- WESCHENFELDER, J.; AYUP-ZOUAIN, R.N.; ZOMER, S.L.C., e SOUTO, R.P. 1997. Caracterização Morfológica das Praias Oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS. *Notas Técnicas*, **10**, 35-48.

WRIGHT, L.D., CHAPPELL, J., THOM, B.G., BRADSHAW, M.P. e COWELL, P., 1979. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems, southeastern Australia. *Marine Geology*, **32**: 105-140.

WRIGHT, L.D. e SHORT, A.D. 1984. Morphodynamics variability of high energy *surf* zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, **56**: 93-118.

WRIGHT, L. D., SHORT, A.D. e GREEN, M.O. 1985. Short term changes in the morphodynamics states of beach and *surf* zones: an empirical predictive model. *Marine Geology*, **62**: 339-364.

