

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

RICARDO AUGUSTO LENGLER FRANCHINI

**DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDADE DAS DUNAS FRONTAIS DO MUNICÍPIO
DE ARROIO DO SAL – CONTRIBUIÇÃO PARA O PLANO DE MANEJO DE
DUNAS**

Porto Alegre

2010

RICARDO AUGUSTO LENGLER FRANCHINI

**DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDADE DAS DUNAS FRONTAIS DO MUNICÍPIO
DE ARROIO DO SAL – CONTRIBUIÇÃO PARA O PLANO DE MANEJO DE
DUNAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Co-orientadora: Msc Luana Carla Portz

Porto Alegre

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

RICARDO AUGUSTO LENGLER FRANCHINI

**DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDADE DAS DUNAS FRONTAIS DO MUNICÍPIO
DE ARROIO DO SAL – CONTRIBUIÇÃO PARA PLANO DE MANEJO DE DUNAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Aprovado em 20 de Dezembro de 2010.

Banca Examinadora

Prof. Dr. **Luis Alberto Basso**

Profª Dra. **Eliana Lima da Fonseca**

AGRADECIMENTOS

Considero a conclusão deste curso uma grande vitória na minha vida e mais um sonho realizado, mas não conseguiria sem ajuda de várias pessoas. Por isso meus mais sinceros agradecimentos:

A toda minha família pelo apoio, e alegria de quando passei no vestibular e em especial ao meu tio Fernando pelo incentivo e companheirismo e a Ana Lúcia e Jean por terem me ajudado muito nos tempos do cursinho pré-vestibular e terem me incentivado também;

A minha madrinha Vera Maria e a minha tia Anna Maria por me apoiarem e pelo interesse constante de como eu estava no curso, assim como minhas primas Deise e Carla;

A minha prima Ana Cristina pela amizade e quem sabe parceira de trabalho no futuro e ao meu primo Rafael pelos conselhos e amizade que sempre tivemos;

Ao meu orientador Nelson Luiz S. Gruber pelo apoio, amizade e por acreditar em mim me dando a oportunidade de entrar no CECO;

A minha co-orientadora Luana Portz pela amizade, ajuda e paciência com meu TG e ao Rogério pela amizade e grande ajuda no campo;

Aos colegas do LABGERCO e do CECO pela troca de conhecimentos e apoio;

Aos colegas e amigos que sempre estiveram juntos comigo, em especial ao Ramiro, Filipe, Rafael, Douglas, Mariana, Felipe, Cole, Branco, Rafael Frota, Yuri, Glaucus e ao João pela grande ajuda com o TG.

Ao CNPq pela bolsa de estudos;

E por fim, o meu maior agradecimento aos meus pais, Darlan e Tânia por terem sempre me apoiado e me dado suporte para realização desse curso e ao meu irmão Guilherme que sempre me perguntava como estava a faculdade e demonstrava uma alegria muito grande ao ver que eu estava indo bem.

Já perdoei erros quase imperdoáveis, tentei substituir pessoas insubstituíveis e esquecer pessoas inesquecíveis. Já fiz coisas por impulso, já me decepcionei com pessoas quando nunca pensei me decepcionar, mas, também decepcionei. Já abracei pra proteger, já dei risada quando não podia. Fiz amigos eternos, amei e fui amado, mas, também já fui rejeitado, fui amado e não amei. Já gritei e pulei de tanta felicidade, já vivi de amor e fiz juras eternas, "quebrei a cara" muitas vezes! Já chorei ouvindo música e vendo fotos, já liguei só pra escutar uma voz, me apaixonei por um sorriso, já pensei que fosse morrer de tanta saudade e tive medo de perder alguém especial (e acabei perdendo)! Mas vivi! E ainda vivo! Não passo pela vida... Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida e viver com paixão, perder com classe e vencer com ousadia. Porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante.

(Charles Chaplin)

RESUMO

A orla do município de Arroio do Sal, Litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul, possui cerca de 25 km de extensão intercalando áreas urbanizadas com áreas não urbanizadas que preservam suas características naturais. Os sistemas de dunas frontais representam sistemas naturais bastante delicados e vulneráveis à pressão de uso e aos efeitos físicos naturais. Neste trabalho, buscou-se analisar o índice de vulnerabilidade das dunas frontais, a partir de levantamentos de campo ao longo da orla do município, sendo esta dividida em 85 perfis realizados em outubro de 2010 (inverno), utilizando-se uma lista de controle de vulnerabilidade. A partir da taxaço de parâmetros, atribuiu-se um índice de vulnerabilidade (IV) para cada perfil, e a média entre eles para enquadrá-los em um nível de vulnerabilidade. Os valores mais altos encontrados coincidiram com as áreas mais urbanizadas do município, no Arroio do Sal Sede, Rondinha e outros perfis mais esparsos, devido à posição das construções, que muitas vezes reduz a largura dos cordões de dunas frontais. Os fatores que mais contribuíram para a degradação das dunas frontais foram: a condição de praia e as características dos 200 metros adjacentes ao mar. A partir dos resultados gerados construiu-se, através de um sistema de informações geográfico, um banco de dados que resultou em mapas temáticos para melhor visualização dos conflitos da orla do município de Arroio do Sal.

Palavras-chave: dunas frontais, índice de vulnerabilidade, SIG

ABSTRACT

The shoreline of Arroio do Sal, Rio Grande do Sul State north coast, stretches for 25 km, alternating urban areas with non urban areas, empty spaces that still have their natural features preserved. The foredunes systems represent a very delicate and vulnerable environment to anthropic pressure and natural effects. This paperwork aimed to evaluate the foredunes' vulnerability, by field evaluation of 85 profiles along Arroio do Sal shoreline in october 2010 (wintertime) using a field *checklist*. After rating some parameters, a Vulnerability Index was established for each profile, and their average was calculated to give them a vulnerability level. The highest values matched the most densely populated areas in that municipality, mainly downtown and in the districts of Arroio do Sal sede, Rondinha and others sparcies profiles, due to the position of the urban area that often shortens the width of the foredune ridges. The major factors contributing to foredune degradation were: beach condition and the characteristics of the 200 meters adjacent to the sea. With the results obtained was generated through of geographic information system a database that resulted in thematic maps for better visualization of conflicts from the edge of the Arroio do Sal.

Keywords: foredunes, vulnerability index, GIS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delimitação da Zona Costeira segundo critérios jurídicos e físicos (Extraído de BID, 1998).	3
Figura 2: Delimitação da Zona Costeira Brasileira (Brasil. Projeto Orla, 2002).....	4
Figura 3: Ilustração da orla segundo o grau de exposição baseado em suas características físicas (Brasil. Projeto Orla, 2002).....	13
Figura 4: Ocupação da Orla de acordo com o seu nível de urbanização (Brasil. Projeto Orla, 2002).	14
Figura 5: Limites da Orla Marítima (Brasil. Projeto Orla, 2002).	15
Figura 6: Área de Abrangência do GERCO-RS, disponível em http://www.fepam.rs.gov.br/programas/gerco.asp (FEPAM, 2010).	16
Figura 7: Município de Arroio do Sal/RS - Imagem Landsat 5 de 12/08/2009 (RGB 453)...	19
Figura 8: Perfil longitudinal representativo dos distintos perfis morfodinâmicos praias. (TOLDO Jr. 1993).	22
Figura 9: Rosa-dos-ventos, vetores de frequência anual (RIO GRANDE DO SUL. Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, 2010).	24
Figura 10: Sistemas de circulação atmosférica que atuam sobre o clima do Rio Grande do Sul. Extraído de: Vieira (1988).	25
Figura 11: Perfil transversal dos sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira no Rio Grande do Sul (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1999).	26
Figura 12: Variabilidade dos depósitos presentes nos setores da barreira holocênica que compõem a costa do RS (modificado de Dillenburg <i>et al.</i> , 2000; 2009).	27
Figura 13: Compartimentação das subdivisões do prisma praial, modificado de Short (1999) por Toldo Jr. (2010).	29
Figura 14: Influência da Rosa de Ventos de Torres sobre os campos de dunas de Arroio do Sal, na figura representado por Rondinha (MARTINHO, 2008).	30
Figura 15: Dunas incipiente com presença de <i>Blutaparon portulacoides</i> , fonte: arquivo pessoal.	31
Figura 16: Dinâmica de interação praia-duna (modificado de HESP 2000).	33
Figura 17: Dinâmica de interação praia-duna com a intervenção humana sobre a duna frontal (PORTZ, 2008).	34
Figura 18: Esteira colocadas em Xangri-lá para acesso de pedestre à praia (fonte: arquivo pessoal).	36
Figura 19: Acumulação de sedimento considerável junto à vegetação plantada após 11 meses de plantio (fonte: arquivo pessoal).	37

Figura 20: Aplicação de cobertura morta sobre as dunas para melhor fixação e estabilização da areia (fonte: arquivo pessoal).....	38
Figura 21: Representação gráfica da planilha do <i>checklist</i> adaptada de WILLIAMS <i>et. al.</i> (2001).....	40
Figura 22: Gráfico correspondente ao perfil 1 analisado na orla de Arroio do Sal, com parâmetros A: Morfologia da Duna; B: Condições da praia; C: Características dos 200 metros adjacentes ao mar; D: Pressão de Uso.....	43
Figura 23: a) blowouts do tipo prato raso (saucer) e do tipo b) alongados (through). Extraído de PORTZ (2008), modificado de HESP (2000).....	45
Figura 24: Representação gráfica da correlação dos perfis.....	49
Figura 25: Gráficos 16, 43, 44, 47 e 48 referentes aos índices de vulnerabilidade mostrados através das áreas dos polígonos. A, B, C.....	51
Figura 26: Duna Frontal escarpada devido aos efeitos das ressacas, fonte: arquivo pessoal.....	52
Figura 27: Dunas embrionárias de Arroio do Sal, fonte: arquivo pessoal.....	52
Figura 28: Média de influência das seções para o nível 1 de vulnerabilidade.....	53
Figura 29: Gráficos 1, 2, 3, 5, 6, 14, 17, 18, 19, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 41, 42, 51, 53, 54, 56, 57, 58, 62, 64, 65, 77, 78, 79, 80 e 81 referentes aos índices de vulnerabilidade mostrados.....	58
Figura 30: Gráficos 15, 37, 45, 46, 49, 50, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 82, 83, 84 e 85 referentes aos índices de vulnerabilidade mostrados.....	62
Figura 31: Sangradouro de Arroio do Sal, fonte: arquivo pessoal.....	62
Figura 32: Presença de vegetação exótica sobre as dunas frontais, fonte: arquivo pessoal.....	63
Figura 33: Blowout demarcado por tracejado em preto na imagem, fonte: arquivo pessoal.....	63
Figura 34: Média de influência das seções para o nível 2 de vulnerabilidade.....	64
Figura 35: Gráficos 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 40, 52, 55, 59, 60, 61, 66, 73, 74, 75 e 76 referentes aos índices de vulnerabilidade mostrados.....	70
Figura 36: Acesso para veículos na orla de Arroio do Sal, fonte: arquivo pessoal.....	71
Figura 37: Acesso de pedestres sobre as dunas, fonte: arquivo pessoal.....	71
Figura 38: Média de influência das seções para o nível 3 de vulnerabilidade.....	72
Figura 39: Índices médios de vulnerabilidade por seção para perfis do Distrito Sede de Capão da Canoa (JARDIM, 2010).....	73

Figura 40: Índices de Vulnerabilidade por perfil para o Município de Capão da Canoa realizado no período de inverno de 2008 (JARDIM, 2010).....	73
Figura 41: Índice final dos níveis de vulnerabilidade para cada perfil.	75
Figura 42: Índices de vulnerabilidade final por seção em cada perfil.....	75
Figura 43: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários Pérola à Sereia do Mar.....	79
Figura 44: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de Sereia do Mar à Figueirinha.....	80
Figura 45: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de Vista Alegre à Malinsky.	81
Figura 46: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de São Jorge à Alfa.....	82
Figura 47: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de Jardim Olívia do Norte à Rondinha.....	83
Figura 48: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de Tupancy à Praia Azul.....	84
Figura 49: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de Praia Azul à Caxias.	85
Figura 50: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de Caxias à Menina.....	86
Figura 51: Hotel D'Itália à beira-mar de Arroio do Sal, localizado em Arroio do Sal Sede, fonte: arquivo pessoal.....	88
Figura 52: Praça para recreação à beira-mar localizada em Arroio do Sal Sede próximo ao sul do farol, fonte: arquivo pessoal.....	88
Figura 53: Estrutura para construção de quiosque no pós-praia, localizado em Arroio do Sal Sede em frente ao Hotel D'Itália, fonte: arquivo pessoal.	89
Figura 54: Farol de Arroio do Sal, atrativo turístico do município localizado em Arroio do Sal Sede, fonte: arquivo pessoal.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição dos municípios da Zona Costeira por Estados e os novos municípios criados a partir de 1980. Fonte: Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil, MMA (2009).....	7
Tabela 2: Lista de taxação de valores de 0-4 para os parâmetros das seções de A,B,C e D e seus respectivos escores (E) para o perfil 1 de Arroio do Sal.	42
Tabela 3: Níveis de vulnerabilidade e suas características, modificado de Laranjeira (1997).	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 ZONA COSTEIRA	2
1.1.1 DEFINIÇÕES DE ZONA COSTEIRA	2
1.1.2 IMPORTÂNCIA DA ZONA COSTEIRA.....	4
1.1.3 A OCUPAÇÃO DA ZONA COSTEIRA NO BRASIL.....	5
1.2. GERENCIAMENTO COSTEIRO	7
1.2.1 GERENCIAMENTO COSTEIRO INTEGRADO (GCI)	8
1.2.2 PLANO NACIONAL DE GERENCIAMENTO COSTEIRO (PNGC)	9
1.2.3 PROJETO ORLA	12
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2.3 JUSTIFICATIVA	18
3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
3.1 DADOS POPULACIONAIS E DOMICILIARES DO MUNICÍPIO	19
3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO	20
3.2.1 DINÂMICA COSTEIRA	20
3.2.2 CLIMA.....	24
3.2.3 SISTEMAS DEPOSICIONAIS DO TIPO LAGUNA-BARREIRA	26
3.3 DUNAS COSTEIRAS	28
3.3.1 DUNAS FRONTAIS	30
3.3.2 DUNAS FRONTAIS INCIPIENTES	31
3.3.3 DUNAS FRONTAIS ESTABILIZADAS.....	32
3.3.4 INTERAÇÃO PRAIA-DUNA FRONTAL	32
3.4 PLANO DE MANEJO DE DUNAS	34
3.4.1 ALGUMAS ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA DUNAS FRONTAIS.....	35

4. METODOLOGIA.....	39
4.1 ESTUDO DE VULNERABILIDADE DE DUNAS	39
4.1.1 PARÂMETROS DO <i>CHECKLIST</i>	43
4.1.2 ETAPA DE CAMPO.....	45
4.1.3 ETAPA DE LABORATÓRIO	46
4.1.4 AGRUPAMENTO DOS PERFIS.....	47
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
5.1 A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) EM DIAGNÓSTICOS E PLANOS DE MANEJO DE DUNAS	76
5.2 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA UM PLANO DE MANEJO DE DUNAS FRONTAIS	87
5.2.1 AÇÕES DE MANEJO PARA AS ÁREAS PRIORITÁRIAS	90
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

1. INTRODUÇÃO

Atualmente no mundo, as zonas costeiras são as áreas que sofrem maior pressão tanto dos efeitos relacionados às mudanças climáticas, quanto pela pressão exercida pelo homem. Além disso, contribui para essa pressão a falta de planejamento, gestão, e a ocupação desordenada, que substitui as dunas frontais por projetos urbanísticos, afetando o balanço de sedimentos do sistema praia-duna e contribuindo para os processos erosivos de costa.

No Brasil a ocupação da zona costeira vem se intensificando principalmente devido a três fatores: a urbanização, a industrialização e a exploração turística (MORAES, 1999). O Litoral Norte do Rio Grande do Sul é uma das áreas onde houve um aumento significativo da população nos últimos anos, resultado de uma super valorização de loteamentos para segunda residência e uso dessas áreas para recreação, lazer e turismo. Essa urbanização intensa, condicionada pela valorização dos espaços litorâneos, comprometeu a qualidade paisagística e ambiental de seus diversos ambientes característicos.

Um exemplo de interesse, devido a essa super valorização na zona costeira, é a pressão de uso e ocupação do solo através da construção de condomínios horizontais, prática comum atualmente. Esta atividade necessita da liberação para suas obras, através de licenças ambientais concedidas pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental). Quando estas obras são realizadas a beira mar, um dos itens que constam nos contratos é o Plano de Manejo de Dunas Frontais, visando à preservação de no mínimo 60 metros adjacentes ao mar.

A implantação destes planos visa conciliar o desenvolvimento do turismo e do veraneio com a preservação das suas características naturais, melhoria nos serviços (segurança, saneamento, educação) e facilidades de acesso à praia podendo contribuir para o crescimento econômico e avançar nos projetos de planejamento do litoral.

A Gestão de uso e ocupação do solo, bem como planos de manejo de dunas é atribuição municipal, no entanto, a maioria dos municípios não dispõe de suporte técnico para diagnosticar as causas de erosão e tão pouco selecionar as técnicas de manejo mais adequadas. Desta maneira, na busca de contribuir para o Diagnóstico

e Plano de Manejo de Dunas Frontais para o Município de Arroio do Sal/RS, este trabalho visa diagnosticar a vulnerabilidade das dunas frontais de Arroio do Sal, por meio da aplicação de uma lista de controle de vulnerabilidade (*checklist*) capaz de identificar os principais impactos de ordem antrópica e natural da orla deste município com intuito de auxiliar o poder público na elaboração destes tipos de planos de gestão sócio-ambientais.

1.1 ZONA COSTEIRA

1.1.1 DEFINIÇÕES DE ZONA COSTEIRA

As dificuldades em se estabelecer critério para a definição da zona costeira (ZC) advêm da grande diversidade de ambientes que se encontram dentro desta região (Kuerten, 2008). Além da grande extensão da faixa litorânea brasileira (cerca de 8.698 km com mais de 400 municípios litorâneos e aproximadamente 388.000 km² de área), onde segundo o último censo abrange uma população no em torno de 32 milhões de habitantes, este ambiente está constantemente em processo de alteração e evolução, por fatores naturais ou antrópicos.

Em uma tentativa bastante genérica de conceituação de zonas costeiras, pode-se dizer que estas são áreas de interação entre fenômenos atmosféricos, oceânicos e terrestres. Tais áreas apresentam largura variável e bordejam os continentes, os mares interiores e os lagos. Funcionalmente, é a grande interface entre a terra e a água onde os processos de produção, consumo e intercâmbio ocorrem em altas taxas de intensidade (Villwock & Tomazelli, 1995).

Para a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), a ZC é definida como o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre. Rodriguez & Windevoxhel (1998) dizem que Zona Costeira pode ser definida como o espaço delimitado pela interface entre o oceano e a terra, ou seja, a faixa terrestre que recebe influência marítima e a faixa marítima que recebe influência terrestre.

Outras definições, como a adotada pelos norte-americanos, apontam a zona costeira como uma unidade territorial que se estende desde os limites da Zona Econômica Exclusiva até o limite terrestre de influência climática marinha (Figura 1).

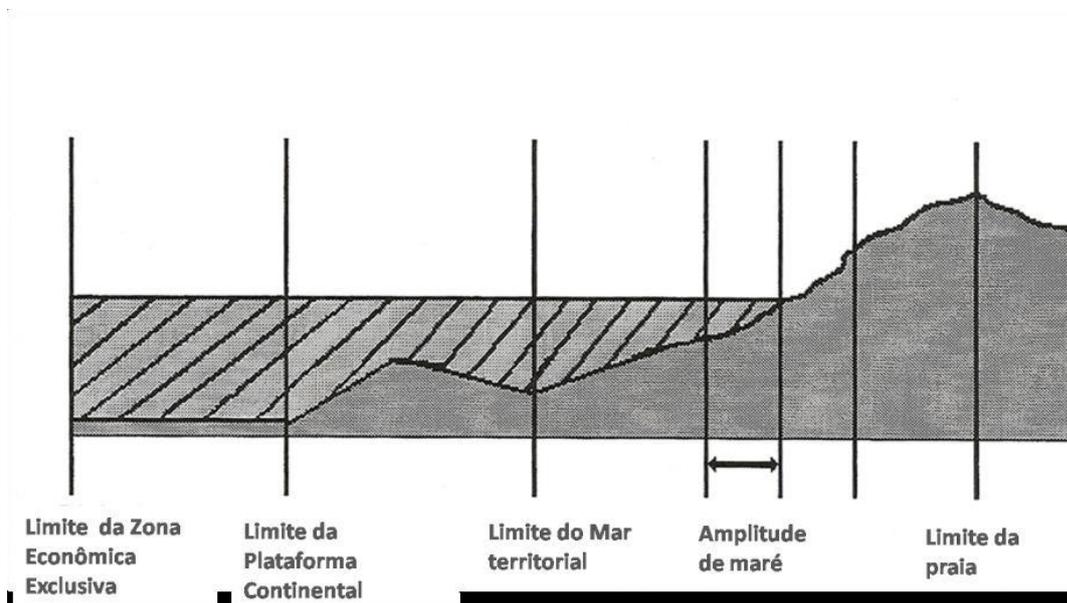


Figura 1: Delimitação da Zona Costeira segundo critérios jurídicos e físicos (Extraído de BID, 1998).

Apesar da grande quantidade de conceitos e definições encontrados sobre a zona costeira, o que mais se aplica a este trabalho proposto é a definição consolidada pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) (Lei 7.661 de maio de 1988), utilizada no Projeto Orla (Brasil. Projeto Orla, 2002), como sendo “o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre”. Trata-se, portanto, da borda oceânica das massas continentais e das grandes ilhas, que se apresenta como área de influência conjunta de processos marinhos e terrestres, gerando ambientes com características específicas e identidade própria (Brasil. Projeto Orla, 2002).

Em certas porções da costa, um determinado tipo de formação vegetal ou a presença de algum ecossistema específico pode fornecer um limite preciso (a ocorrência de manguezais ou a existência de campos dunares ou lagoas e lagunas costeiras); contudo, tais critérios não são generalizáveis para todo o litoral do país. Em função disso, na revisão metodológica que originou o PNGC II (BRASIL, 2001),

assumir os limites político-administrativos como critério de delimitação da zona costeira, chegando-se à seguinte definição (atualmente em vigor) (Figura 2):

- Na faixa marítima, considera-se todo o mar territorial como inserido na zona costeira, sendo o limite deste determinado pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar nas 12 milhas náuticas contadas da linha de base da costa. De acordo com esse documento, trata-se da área prioritária para a pesca artesanal;
- Na faixa terrestre, considera-se todo o território dos municípios qualificados como costeiros segundo critérios estabelecidos no Plano. Assim, as fronteiras internas municipais fornecem a delimitação da zona costeira em terra.

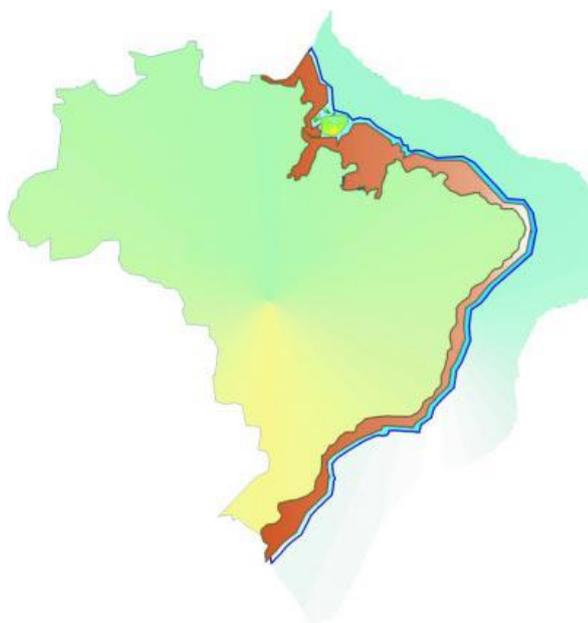


Figura 2: Delimitação da Zona Costeira Brasileira (Brasil. Projeto Orla, 2002).

1.1.2 IMPORTÂNCIA DA ZONA COSTEIRA

A zona costeira é considerada um ambiente de transição ecológica, a qual desempenha importante função de ligação e de trocas entre os ecossistemas terrestres e marinhos (PORTZ, 2008). É formado por diversos ecossistemas como florestas tropicais, manguezais, recifes de corais, sistemas de dunas, matas de restingas, sítios arqueológicos, entre outros, proporcionando diversos habitats para

muitas espécies e servindo como defesas contra efeitos físicos, como marés meteorológicas.

A preocupação com a manutenção do equilíbrio na zona costeira decorre do fato de cerca de 40% da população do planeta habitar uma área, dentro de um raio de 60 km de costa. No Brasil, a densidade demográfica na região costeira é 5 vezes superior à média nacional (87 habitantes por km², 17 habitantes por km² respectivamente). Essa população exerce uma forte pressão que gera impactos sobre os ecossistemas costeiros podendo estes serem relacionados com a extração excessiva de recursos, contaminação industrial, degradação da qualidade da água, lançamentos de esgotos, introdução de contaminantes e descaracterização dos ambientes naturais (MARRONI & ASMUS, 2003).

1.1.3 A OCUPAÇÃO DA ZONA COSTEIRA NO BRASIL

O Brasil vem sendo ocupado desde a época de colonização. Esta ocupação desenrolou-se através da dispersão de pequenos postos comerciais ao longo do litoral Brasileiro.

A lógica da formação territorial dos primeiros assentamentos coloniais estava subordinada à exploração mercantilista européia. Todos os centros de difusão para a ocupação do território estavam assentados na costa, que articulavam os espaços produtivos interiores com o comércio marítimo, pois o eixo principal para o escoamento da produção desembocava nos portos marítimos. A configuração territorial das Capitânicas Hereditárias, que compreendiam estreitas faixas litorâneas e territórios bastante alongados continente a dentro, juntamente com as dificuldades relativas à ocupação do interior, favoreceu o surgimento do pontilhado de assentamentos coloniais ao longo da costa. (VIDIGAL *et al.*, 2006).

Os processos de ocupação da ZC brasileira tiveram maior impulso a partir da metade do Século XX, mesmo assim as consequências dessa ocupação são consideradas caóticas e predatórias. A ZC por ser um dos habitats mais produtivos e valiosos da terra e, ao mesmo tempo, um setor prioritário para diversas atividades humanas, vem suportando grandes modificações e deteriorações através de aterros,

de dragagens, e da poluição causada pelas indústrias à ocupação humana e pela agricultura (GRUBER, 2003).

Segundo Moraes *et al.* (1999), esse processo de ocupação da ZC se intensificou devido ao aumento da urbanização, do turismo e da industrialização. Além disso, a partir da consolidação da economia nacional como de modelo urbano-industrial em meados da década de 1950, houve também a concentração espacial das atividades produtivas e de logística nesses espaços, gerando um aporte maior de recursos energéticos, humanos, financeiros e de infra-estrutura. Tal fato acarretou no aumento significativo das taxas de crescimento demográfico das cidades litorâneas. A urbanização, por sua vez, encontra na valorização cultural desses espaços o principal vetor de ocupação nas décadas recentes. Nesse sentido, a urbanização dá-se a partir da implantação de loteamentos, condomínios, hotéis, resorts e infra-estrutura, sendo os últimos criados para atender às demandas do turismo.

Outro fator importante na questão da ocupação e do crescimento demográfico na ZC é de ordem política. Trata-se do aumento do número de emancipações municipais nas duas últimas décadas, principalmente nas regiões Nordeste e Sul, com destaque para os estados do Rio Grande do Sul, Ceará, Maranhão, Santa Catarina e Pernambuco, conforme a Tabela 1, elaborada pelo Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Ministério do Meio Ambiente (2009). No período entre 1980 e 2000, houve um incremento de 23,54% no número de municípios na Zona Costeira Brasileira, sendo que a macrorregião do Nordeste respondeu por 43,01% dessa taxa e a região Sul, por 29,03%.

Tabela 1: Distribuição dos municípios da Zona Costeira por Estados e os novos municípios criados a partir de 1980. Fonte: Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil, MMA (2009).

Macroregiões e Unidades da Federação	Nº de municípios na Zona Costeira	Novos municípios na Zona Costeira 1980-2000
Norte	38	9
Rondônia	—	—
Acre	—	—
Amazonas	—	—
Roraima	—	—
Pará	30	6
Amapá	8	3
Tocantins	—	—
Nordeste	215	40
Maranhão	34	9
Piauí	34	2
Ceará	5	14
Rio Grande do Norte	30	4
Paraíba	28	1
Pernambuco	20	5
Alagoas	20	1
Sergipe	18	—
Bahia	46	4
Sudeste	67	17
Minas Gerais	—	—
Espírito Santo	18	3
Rio de Janeiro	34	12
São Paulo	15	2
Sul	75	27
Paraná	7	1
Santa Catarina	35	7
Rio Grande do Sul	33	19
Total	395	93

1.2. GERENCIAMENTO COSTEIRO

Os programas de gerenciamento costeiro tiveram seu início por volta da década de 1970, como uma resposta à ameaça de esgotamento dos recursos não-renováveis da zona costeira, em virtude das ocupações desordenadas e da falta de planejamentos.

O primeiro, destes programas, foi lançado pelo governo dos Estados Unidos em 1972, denominado de *The Coastal Zone Management Act*. Este foi disseminado por cerca de uma década por diversos países, como sendo a base para um

Gerenciamento Integrado da Zona Costeira (GIZC). Mas devido às diferenças de ambientes presentes, nos diversos países que tentaram adotar o programa, sua metodologia se tornou restrita, isto é, ela não era aplicável a todos os países devido à variedade de cenários, estruturas, tipos de costa, regimes climáticos, etc. Assim verificou-se que cada país deveria criar seu próprio programa de gerenciamento costeiro adaptando seus programas as demandas locais, regionais e até mesmo continentais em alguns casos.

O conceito de gerenciamento costeiro numa concepção básica refere-se a todos os planos, programas e medidas governamentais orientados a disciplinar os usos dos recursos costeiros e/ou sua conservação. Esses planos têm como princípio fundamental promover a atenuação dos conflitos envolvendo os diversos atores que participam da produção do espaço na Zona Costeira.

1.2.1 GERENCIAMENTO COSTEIRO INTEGRADO (GCI)

Com uma variação de diversos agentes que atuam na ZC e devido à dificuldade de relação entre os mesmos e os interesses que existem, como por exemplo, os interesses econômicos ligados ao turismo, a pesca e ao lazer, alguns países adotam programas de gerenciamento costeiro integrado.

O GCI é um processo contínuo e dinâmico no qual as decisões são tomadas para um uso racional dos recursos situados na zona costeira, no qual a proteção de áreas vulneráveis e o controle na extração dos recursos marinhos pode gerar um desenvolvimento sustentável (CICIN-SAIN E KNECHT, 1998). Visa superar a fragmentação tradicional de abordagem setorial no manejo, seja em relação aos usos (pesca, turismo, mineração, qualidade da água, etc) seja em relação às jurisdições governamentais para assegurar quais as decisões sejam organizadas e consistentes com as políticas costeiras da nação dentro de um arranjo institucional equilibrado (PORTZ, 2008).

O GCI leva em consideração as características gerais e peculiares de cada setor costeiro, em termos de recursos naturais, processos e feições de morfodinâmica, as relações com as atividades humanas e que essas características e funcionem harmoniosamente. Em suma, a definição mais aceita para

Gerenciamento Costeiro Integrado (GCI) é: um processo dinâmico, mediante o qual se desenvolvem e executam estratégias coordenadas de distribuição dos recursos ambientais, socioculturais e institucionais com o fim de alcançar a conservação e o manejo múltiplo da Zona Costeira.

Essa modalidade de gestão se dá quando as ações são programadas por dois ou mais setores. Esse planejamento precisa ter seus objetivos programáticos equilibrados por meio de: a) otimização do desenvolvimento econômico; b) uso público dos recursos; c) proteção ambiental mediante a coordenação inter setorial. Esse equilíbrio se efetiva fazendo uso de instrumentos de planejamento tais como o ordenamento territorial, as avaliações de impactos ambientais, análises da relação de custo-benefício, os planos de manejo e a participação da sociedade civil (RODRIGUEZ & WINDEVOXHEL, 1998).

1.2.2 PLANO NACIONAL DE GERENCIAMENTO COSTEIRO (PNGC)

Com a finalidade de se ter um uso sustentável dos recursos costeiros o Governo Brasileiro tem dado uma atenção especial a ZC, criando alguns mecanismos e leis de controle. Com o objetivo de se fazer um programa governamental com planejamento integrado da utilização de tais recursos, visando ordenamento da ocupação dos espaços litorâneos, o Governo criou o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC).

O PNGC foi instituído pela Lei 7.661, de 16/05/88, cujos detalhamentos e operacionalização foram objeto da Resolução nº 01/90 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), de 21/11/90, aprovada após audiência do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2001). Assim o PNGC institui a Zona Costeira do país como patrimônio nacional. A constituição Federal de 1988, por meio de seu Título VIII, Capítulo VI, Artigo 225, parágrafo 4º determina que:

A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio

ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.
(BRASIL, 1988).

1.2.2.1 OBJETIVOS DO PNGC

O PNGC tem como função ampliar e reforçar os dispositivos legais, transformando algumas áreas costeiras em especialmente protegidas, através de leis estaduais e em alguns Municípios criando dispositivos específicos em suas leis orgânicas. Para tanto, busca os seguintes objetivos:

- A promoção do ordenamento do uso dos recursos naturais e da ocupação do solo;
- O estabelecimento do processo de gestão, de forma integrada, descentralizada e participativa, das atividades sócio-econômicas na Zona Costeira, de modo a contribuir para elevar a qualidade de vida de sua população e a proteção de seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural;
- O desenvolvimento sistemático do diagnóstico da qualidade ambiental da Zona Costeira, identificando suas potencialidades, vulnerabilidades e tendências predominantes, como elemento essencial para o processo de gestão;
- A incorporação da dimensão ambiental nas políticas setoriais voltadas à gestão integrada dos ambientes costeiros e marinhos, compatibilizando-as com o PNGC;
- O efetivo controle sobre os agentes causadores de poluição ou degradação ambiental sob todas as formas, que ameaçam a qualidade de vida na Zona Costeira;
- A produção e difusão do conhecimento necessário ao desenvolvimento e aprimoramento das ações de Gerenciamento Costeiro (CIRM, 2001, pg. 14).

O plano dispõe de ações programadas, que preveem compatibilizar suas ações com as políticas públicas que incidam sobre a Zona Costeira, de modo que todas as estratégias de implantação de indústrias, infra-estrutura de transportes, turísticas,

ações sobre pesca e utilizações dos terrenos de marinha se dêem por meio de parcerias.

1.2.2.2. SEGUNDO PLANO NACIONAL DE GERENCIAMENTO COSTEIRO (PNGC II)

Após alguns anos a Resolução nº 05, de Dezembro de 1997, instituiu o Segundo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC II), buscando adequar o PNGC as novas demandas da sociedade e assim adequando a práticas mais atuais. O PNGC II mudou de uma abordagem mais técnico metodológica para uma abordagem mais política. As competências quanto à execução das ações previstas no PNGC são as mesmas para o PNGC II e são distribuídas nos três níveis de divisão nacional:

Nível Federal: O Ministério Do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), como órgão central do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), deve coordenar a implementação do PNGC e deve ser assessorado pelo Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GI-GERCO).

Nível Estadual: Os estados devem planejar suas atividades de Gerenciamento Costeiro em articulação intergovernamental com os municípios e com a sociedade. Os estados devem coordenar seus planos estaduais, seus sistemas de informação, estruturar e executar os planos de monitoramento e promover a estruturação de um colegiado estadual.

Nível Municipal: Devem implantar o Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro, em concordância com o PNGC e do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro, estruturar seus sistemas de informação e planos de monitoramento, bem como seu colegiado municipal.

Desta forma o PNGC II institui diversos organismos para a descentralização da gestão dos ambientes costeiros, entendendo que os estados e municípios podem melhor gerenciar suas demandas, ou como afirma STROHAECKER, 2007 “A delimitação da ZC varia conforme os próprios objetivos voltados aos planos de gestão e, portanto, é necessária a consideração dos limites político-administrativos

nesse conceito, reforçando o papel dos municípios como o local de ocorrência dos problemas e o também onde os mesmos devem ser resolvidos”.

1.2.3 PROJETO ORLA

Em 2002 foi lançado o Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima – Projeto Orla, numa parceria entre o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e a Secretaria do Patrimônio da União (SPU).

O projeto avança na complexidade da Zona Costeira apresentando subsídios para o disciplinamento da Orla Marítima, pois entende que este espaço constitui a sua sustentação natural e econômica (KUERTEN, 2008).

Este projeto tem como diretrizes:

- Fortalecer a capacidade de atuação e a articulação de diferentes atores do setor público e privado na gestão integrada da orla, aperfeiçoando o arcabouço normativo para o ordenamento de uso e ocupação desse espaço;
- Desenvolver mecanismos institucionais de mobilização social para sua gestão integrada;
- Estimular atividades socioeconômicas compatíveis com o desenvolvimento sustentável da orla.

O Projeto Orla é constituído por 6 capítulos, entre fundamentos e manuais, sendo eles:

- Fundamentos para Gestão Integrada;
- Manual de Gestão;
- Subsídios para um Projeto de Gestão;
- Guia de Implementação do Projeto Orla;
- Implementação em território com Urbanização Consolidada;
- Manual de Regularização em Terras da União.

Assim, nesses seis livros, o Projeto Orla apresenta o guia completo de abordagens litorâneas, permitindo aos gestores municipais em conjunto com a sociedade civil a realização de um planejamento e ordenamento litorâneo de forma descentralizada, obtendo grande desenvolvimento e aceitação.

O Projeto Orla utiliza uma proposta metodológica que estabelece duas tipologias para caracterização da orla: uma que observa as características fisiográficas e outra os níveis de ocupação e adensamento populacional. Na primeira tipologia observa-se a forma da orla, sua posição e suas características físicas. Esta característica é entendida como fundamental na definição da sensibilidade natural de cada trecho da orla, informando sobre seus níveis de vulnerabilidade. Desse modo, podemos distinguir as orlas como sendo: orla abrigada, orla exposta ou semi-abrigada (Figura 3).

A segunda tipologia enfoca os níveis de ocupação e de adensamento populacional na orla sendo importante referência para a implantação de ações e definição das estratégias de gestão a serem implementadas em um estudo de diagnóstico, pois identifica as situações que requerem ações mais preventivas ou mais corretivas. São classificadas como: orla não urbanizada, orla em processo de urbanização e orla com urbanização consolidada (Figura 4).

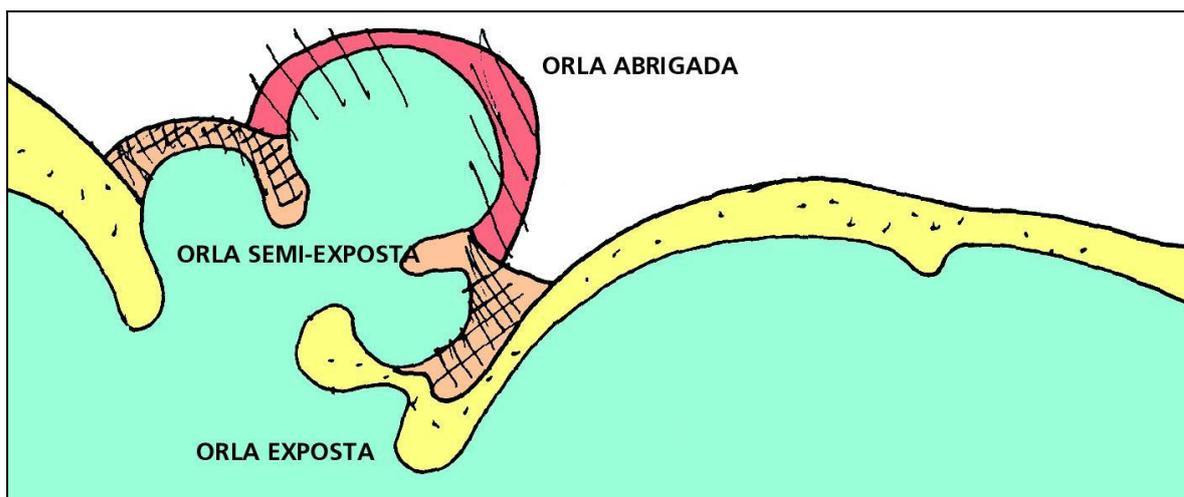


Figura 3: Ilustração da orla segundo o grau de exposição baseado em suas características físicas (Brasil. Projeto Orla, 2002).

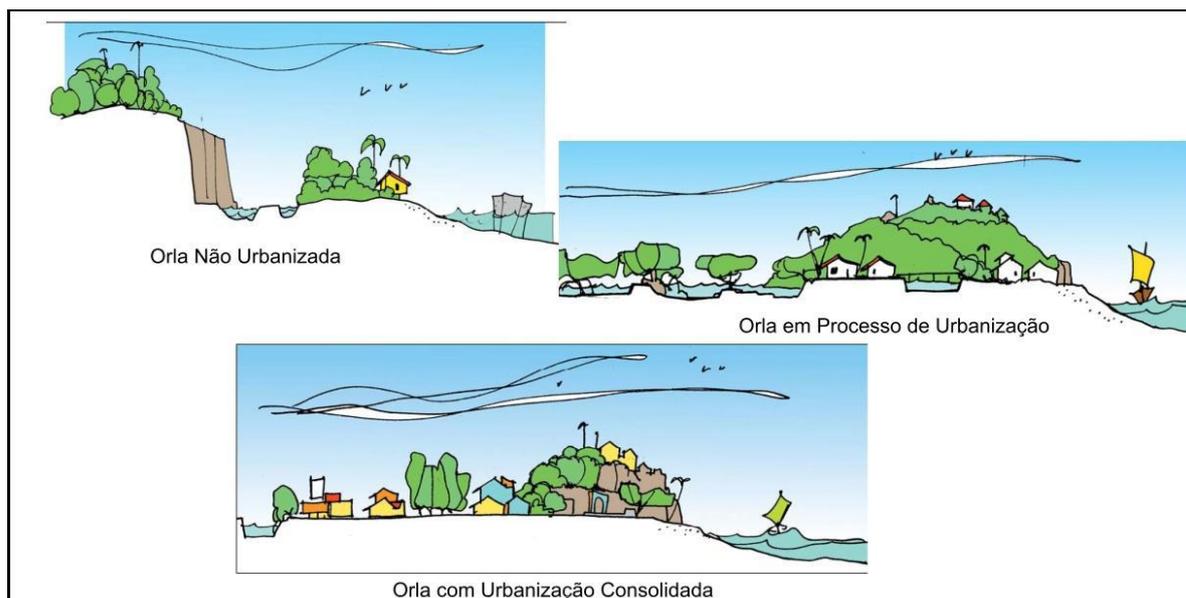


Figura 4: Ocupação da Orla de acordo com o seu nível de urbanização (Brasil. Projeto Orla, 2002).

1.2.3.1 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DE ORLA MARÍTIMA

A Orla Marítima, inclusa na zona costeira, é delimitada pela faixa de interface entre a terra firme e o mar (Projeto Orla MMA/SPU, 2002). Esse ambiente caracteriza-se pelo equilíbrio morfodinâmico, no qual interagem fenômenos terrestres e marinhos, sendo os processos geológicos e oceanográficos os elementos básicos de conformação dos principais tipos de orla. Assim, os limites genéricos estabelecidos para a orla marítima são os seguintes (Figura 5):

- Na zona marinha, a isóbata de 10 metros (assinalada em todas cartas náuticas), profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos. Essa referência poderá ser alterada desde que, no caso da redução da cota, haja um estudo comprovando a localização do limite de fechamento do perfil em profundidades inferiores;
- Na área terrestre, 50 metros em áreas urbanizadas ou 200 (duzentos) metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas, tais como as caracterizadas por feições de praias, dunas, áreas de escarpas, falésias,

costões rochosos, restingas, manguezais, marismas, lagunas, estuários, canais ou braços de mar, quando existentes, onde estão situados os terrenos de marinha e seus acrescidos.

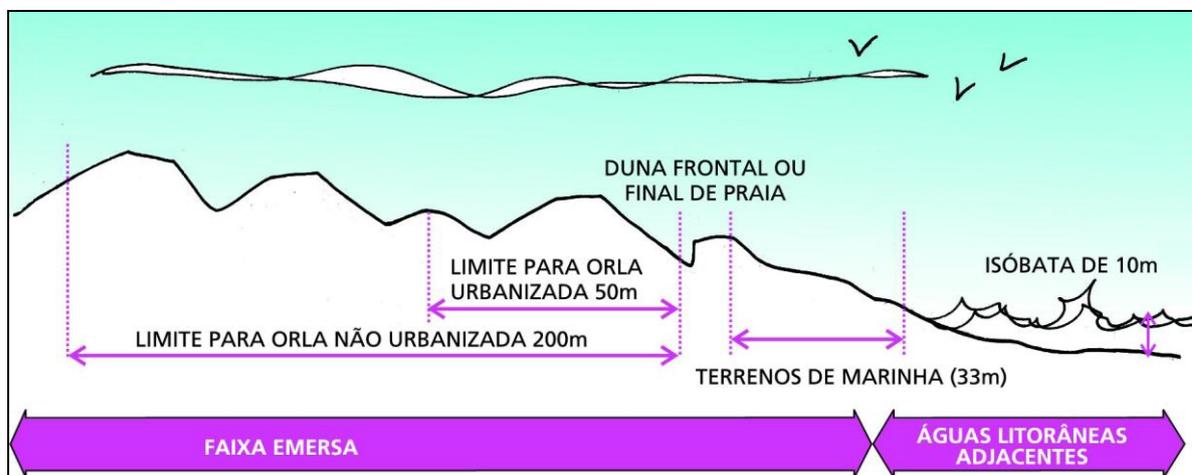


Figura 5: Limites da Orla Marítima (Brasil. Projeto Orla, 2002).

1.2.3.2 GERENCIAMENTO COSTEIRO NO RIO GRANDE DO SUL

O Programa de Gerenciamento Costeiro do Rio Grande do Sul (GERCO-RS) teve início em 1988 e em 1999 ficou sob competência da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). O programa tem como visão a administração costeira apoiada em instrumentos de planejamento e gerenciamento como o zoneamento ecológico - econômico (ZEE), sistema de informações para enquadramento dos recursos hídricos, planos de ação e gestão, monitoramento costeiro, licenciamento e fiscalização, visando melhorar a qualidade de vida das populações locais, promovendo a proteção adequada de seus ecossistemas. Esse programa se insere no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC.

A região costeira do Rio Grande do Sul é delimitada pela relação dos seguintes fatores: formação geológica, relevo e bacia de drenagem. Possui 620 km de extensão no sentido norte-sul, com uma área de 43.000 km² envolvendo 46 municípios. Foi dividida em 4 setores: **Litoral Norte**: do município de Torres até o município de Cidreira; **Litoral Médio Leste**: do município de Palmares do Sul até São José do Norte, a leste da Laguna dos Patos; **Litoral Médio Oeste**: do município

de Barra do Ribeiro até o de Pelotas, a oeste da Laguna dos Patos; **Litoral Sul:** do município de Rio Grande até o de Santa Vitória do Palmar, conforme a figura 6.



Figura 6: Área de Abrangência do GERCO-RS, disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/programas/gerco.asp> (FEPAM, 2010).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é avaliar os índices de vulnerabilidade do sistema de dunas frontais do município de Arroio do Sal, identificando as áreas prioritárias para um Plano de Manejo de Dunas Frontais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o uso e a ocupação do solo do Município de Arroio do Sal, com base nos dados populacionais e domiciliares do Censo de 2010 em comparação com dados de 2007;
- Caracterizar a Orla do Município quanto aos aspectos físicos da Zona Costeira;
- Calcular o índice de vulnerabilidade dos sistemas de dunas frontais, com base nos levantamentos de perfis realizados durante saída de campo em Outubro de 2010;
- Agrupar os setores de dunas por similaridade, quanto aos seus índices de vulnerabilidade.
- Analisar processos incidentes sobre as dunas frontais e relacioná-los ao comportamento dos índices de vulnerabilidade;
- Apontar a importância do Sistema de Informações Geográficas (SIG) para realização deste trabalho;
- Apontar os setores prioritários ao manejo e as estratégias para cada setor.

2.3 JUSTIFICATIVA

A motivação para realização deste trabalho começa pela difusão de uma metodologia adotada em trabalhos realizados em outros municípios costeiros, como em Capão da Canoa e Xangri-lá.

Notando o baixo nível de consciência da população e de alguns administradores litorâneos em relação à função das dunas frontais, alguns centros de estudos costeiros, como o NEMA e CECO/IG/UFRGS (através de seu programa de pós-graduação e do Laboratório de Gerenciamento Costeiro) vem desenvolvendo os Planos de Manejo de Dunas exigidos pelos órgãos fiscalizadores para alguns municípios litorâneos.

Entretanto, a principal razão para realização deste trabalho é a contribuição de uma etapa dentro da metodologia do Diagnóstico para Plano de Manejo das Dunas Frontais, já consolidada no Plano de Capão da Canoa.

A busca da qualidade no planejamento do litoral gaúcho está em conciliar o desenvolvimento do turismo e do veraneio com a preservação das suas características naturais, melhorias nos serviços, e facilidades de acesso à praia. O sucesso do programa de manejo, necessariamente, deve incluir planos de metas multi-institucionais e programas de sensibilização pública.

Para se alcançar a etapa de implementação de um plano de manejo é necessário a realização do levantamento de dados para um inventário sobre o Município, e isso passa pelo levantamento de dados como: uso e ocupação do solo, morfodinâmica de costa; diagnóstico de vulnerabilidade da orla apontando para áreas prioritárias ao manejo.

Em virtude da necessidade de se elaborar um Diagnóstico para o Plano de Manejo das Dunas Frontais do Município de Arroio do Sal, partimos para elaboração desse projeto, que tem como finalidade diagnosticar a vulnerabilidade das dunas frontais deste município.

3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Arroio do Sal localiza-se no Litoral Norte do Rio Grande do Sul segundo a classificação do programa de Gerenciamento Costeiro do Rio Grande do Sul (GERCO-RS). O município abrange uma área de 121 km² e cerca de 25 km de extensão de orla, sendo delimitado pela lagoa Itapeva a noroeste, pelo município de Torres a nordeste, município de Terra de Areia a sudoeste e Oceano Atlântico a leste (Figura 7).

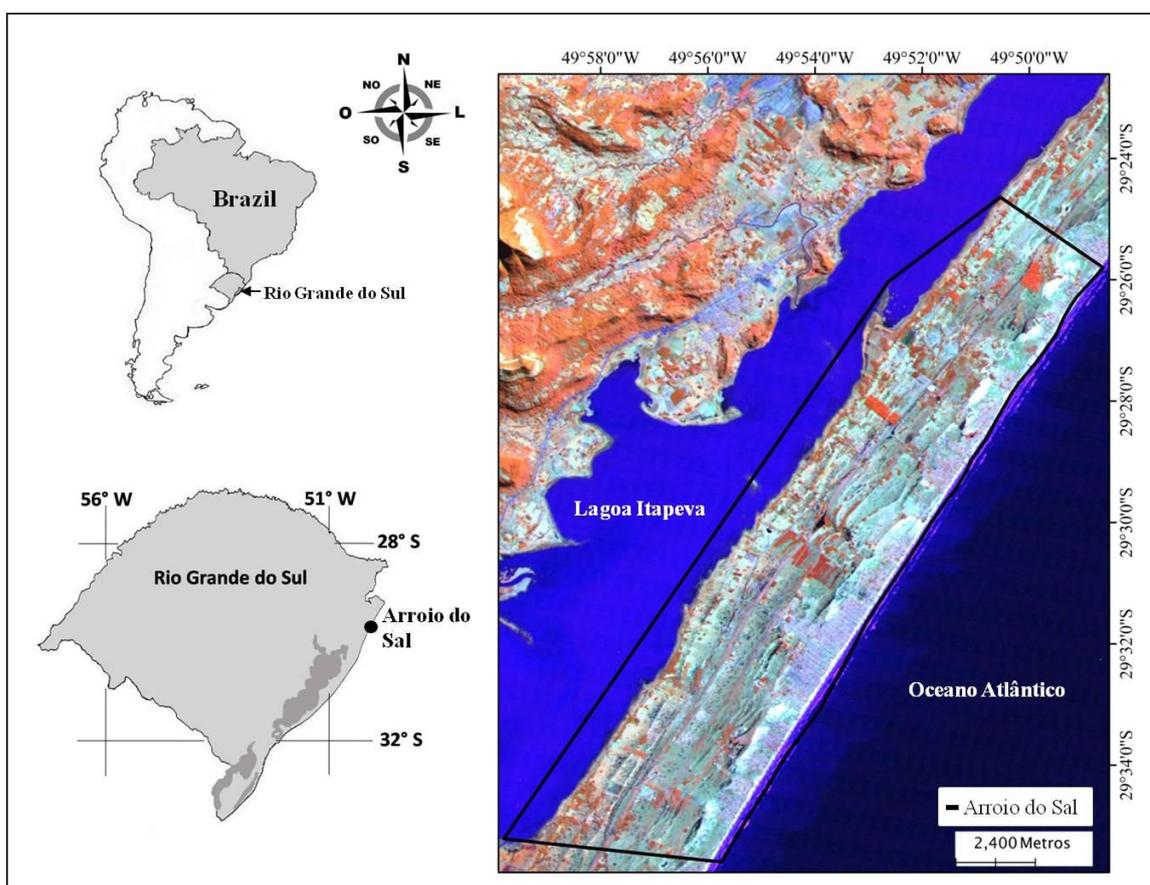


Figura 7: Município de Arroio do Sal/RS - Imagem Landsat 5 de 12/08/2009 (RGB 453).

3.1 DADOS POPULACIONAIS E DOMICILIARES DO MUNICÍPIO

O Município de Arroio do Sal tem despertado os interesses do mercado imobiliário, sendo o foco principal do Litoral Norte para novos loteamentos, com a

finalidade de construções, como condomínios horizontais, para fins de segunda residência.

No ano de 2007 o município possuía uma população de 6.635 habitantes permanentes, com 6.402 habitantes na zona urbana e 233 na zona rural. Segundo os primeiros resultados do censo de 2010, feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Arroio do Sal atualmente apresenta uma população total de 7.744 habitantes, sendo 7.513 o número de habitantes na zona urbana e 231 o número de habitantes na zona rural.

Em 2007 o número de domicílios no município era de 10.828 (maior que o número de habitantes) sendo o número de domicílios particulares ocupados igual a 2.325 e de particulares não ocupados 8.450. Atualmente, segundo o censo de 2010, Arroio do Sal apresenta um total de 12.316 domicílios com 2.744 domicílios particulares ocupados e 8.776 domicílios particulares não ocupados. Podemos notar que houve um aumento no número de habitantes e no número de residências, permanecendo a proporção entre os domicílios ocupados e não ocupados.

Arroio do Sal é prioritariamente um município com uso para veranismo e de segunda residência (demonstrados pelos números de domicílios não ocupados). Podemos inferir que esse aumento populacional e de residências em Arroio do Sal deve-se ao fato do município possuir um elevado grau de preservação ambiental da orla (incluindo remanescente da mata atlântica) sendo usado pelos agentes imobiliários como propaganda para vendas com a idéia de melhorar a qualidade de vida. Como atrativos, ainda existe a facilidade de acesso ao município pela Rota do Sol, favorecendo os veranistas oriundos da Serra Geral.

3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

3.2.1 DINÂMICA COSTEIRA

A dinâmica costeira é a principal responsável pelo desenvolvimento das praias arenosas e pelos processos erosivos e deposicionais que as mantêm em constante alteração (Villwock & Tomazelli,1995), sendo o seu conhecimento

fundamental para a implementação de qualquer projeto de gerenciamento costeiro. Os principais processos envolvidos nesta dinâmica são: ondas, marés, correntes litorâneas e vento.

3.2.1.1. ONDAS, MARÉS E CORRENTES

A costa do Litoral Norte do Rio Grande do Sul pode ser classificada como uma costa dominada pela ação de ondas, sendo caracterizada pela ocorrência de uma ondulação de longo período proveniente do SE e por vagas (resultante da ação de ventos locais) provenientes principalmente do E-NE. Com uma configuração de costa praticamente retilínea, sem reentrâncias lhe é atribuído um caráter aberto, exposto diretamente à ação das ondas.

Segundo o esquema morfodinâmico proposto por Wrigth & Short em 1983 e mais tarde adaptado por TOLDO Jr. (1993) o setor praia do litoral gaúcho é classificado como uma praia dissipativa. As características que levam a esta classificação são: costa aberta, juntamente com a predominância do grão de areia no tamanho fino em abundância e a amplitude de maré insignificante, (Figura 8). A altura média significativa das ondas é de 1,5 m, principalmente durante os meses de outono e inverno. O regime normal de ondas é episodicamente perturbado pela ocorrência de ondas de tempestade associadas à passagem de frentes frias provenientes do sul (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1992).

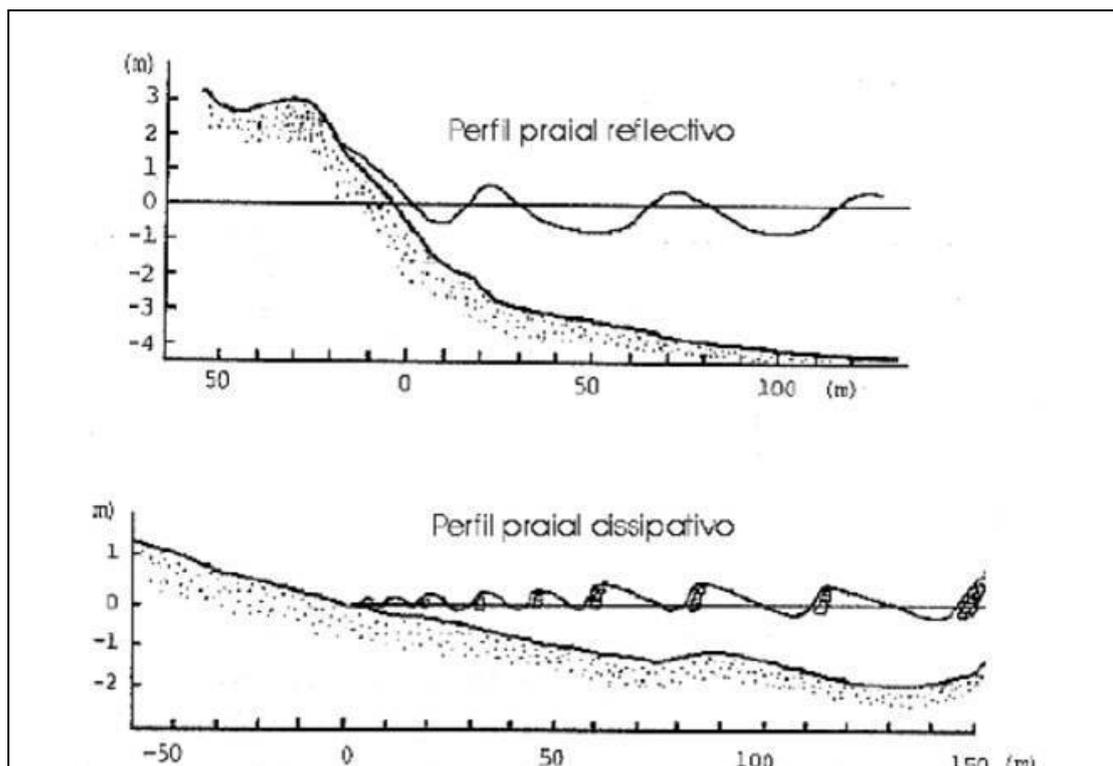


Figura 8: Perfil longitudinal representativo dos distintos perfis morfodinâmicos praias. (TOLDO Jr. 1993).

As marés são classificadas segundo sua amplitude (variação entre o nível da maré baixa e maré alta) em 3 regimes: regime de micromaré, com amplitude de 0 à 2 m; regime de mesomaré, com amplitude de 2 à 4 m; e regime de macromaré, com amplitudes maiores que 4 m (DAVIES, 1980). Na costa do Rio Grande do sul os marégrafos apontam para marés com amplitude inferior a 50 cm, ou seja, de acordo com a classificação descrita o litoral gaúcho apresenta um regime de micromaré.

A Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas são as grandes correntes de circulação oceânica da costa brasileira. Mas não exercem uma influência direta na dinâmica costeira. Assim, a ação morfogênica na área de estudo, relacionada com a atividade de correntes é controlada basicamente pelas correntes litorâneas. Estas são resultantes das ondulações incidentes na linha de costa do litoral do estado, logo a deriva litorânea que promove o transporte longitudinal de sedimentos ao longo da zona de surfe obedece ao mesmo sentido da direção dos ventos de sul, com predominância do sentido SW (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995).

3.2.1.2. VENTOS

Os ventos são grandes responsáveis pela dinâmica costeira, entretanto sua função não é apenas dar origem as ondas e correntes litorâneas. Após a ação das ondas e corretes, a areia depositada na praia é exposta ao ar e ao sol, assim ela seca e é submetida aos ventos, que a move por meio de dois tipos de transporte: saltação ou arraste. Quando os ventos sopram do mar em direção ao continente, eles levam a areia depositada na fase de praia, construindo grandes campos de dunas, cujo sentido de deposição desse sedimento retrata a direção dos ventos dominantes.

No escoamento atmosférico sobre o Rio Grande do Sul prevalecem os efeitos ditados pela dinâmica do anticiclone subtropical Atlântico. O anticiclone subtropical Atlântico é um centro de altas pressões cuja posição média anual é próxima a 30°S, 25°W. Sua circulação atmosférica é no sentido anti-horário, o que resulta no predomínio de ventos de leste-nordeste sobre toda a área do Brasil situada abaixo da latitude 10°S (Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, 2010). O vento dominante no litoral gaúcho provém do NE e, embora sopra ao longo de todo ano, é mais ativo nos meses de primavera e verão (Figura 9). O vento que provém de W-SW é mais eficaz nos meses de inverno e é gerado pelo anticiclone Polar do Atlântico Sul.

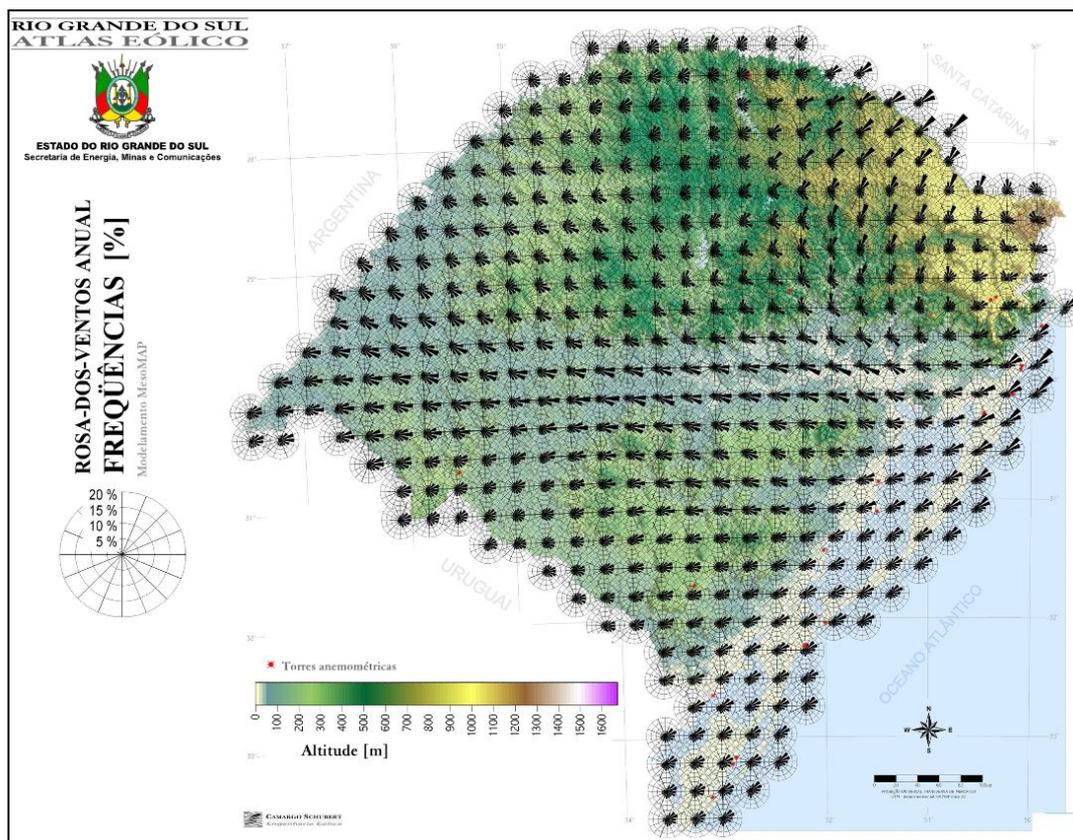


Figura 9: Rosa-dos-ventos, vetores de frequência anual (RIO GRANDE DO SUL. Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, 2010).

3.2.2 CLIMA

Segundo a classificação de Köppen (1918) citado por Strahler (1978) o clima do litoral gaúcho é do tipo Cfa ou subtropical úmido.

O clima da planície costeira do Rio Grande do Sul é influenciado por fatores estáticos e dinâmicos. Dentre os fatores estáticos, cita-se a posição relativa à latitude (média latitude, 30°), a maritimidade e a topografia da planície costeira que, sem a influência de desníveis altimétricos, permite aos fatores eólicos e oceânicos atuar sem grandes interferências.

Os fatores dinâmicos são condicionados pelos principais centros de ação atmosférica, a saber: o anticiclone Polar do Atlântico Sul e o anticiclone móvel polar, ilustrados na figura 10. Os dois sistemas caracterizam a circulação atmosférica regional, bem como em todo o sul do continente, drenando massas de ar por efeito de variações termodinâmicas (VIEIRA & RANGEL, 1988).

Durante a primavera e o verão, o anticiclone móvel polar enfraquece, devido ao maior grau de insolação incidente sobre o hemisfério sul, logo o estado fica sob a influência das massas de ar tropicais marítimas dos ventos de quadrante E-NE. Durante o inverno, o anticiclone polar móvel ganha força e promove o deslocamento de massas de ar frio, promovendo a frontogênese resultante do encontro das massas tropicais marítimas e polares marítimas, fator que responde pela grande precipitação pluviométrica no período.

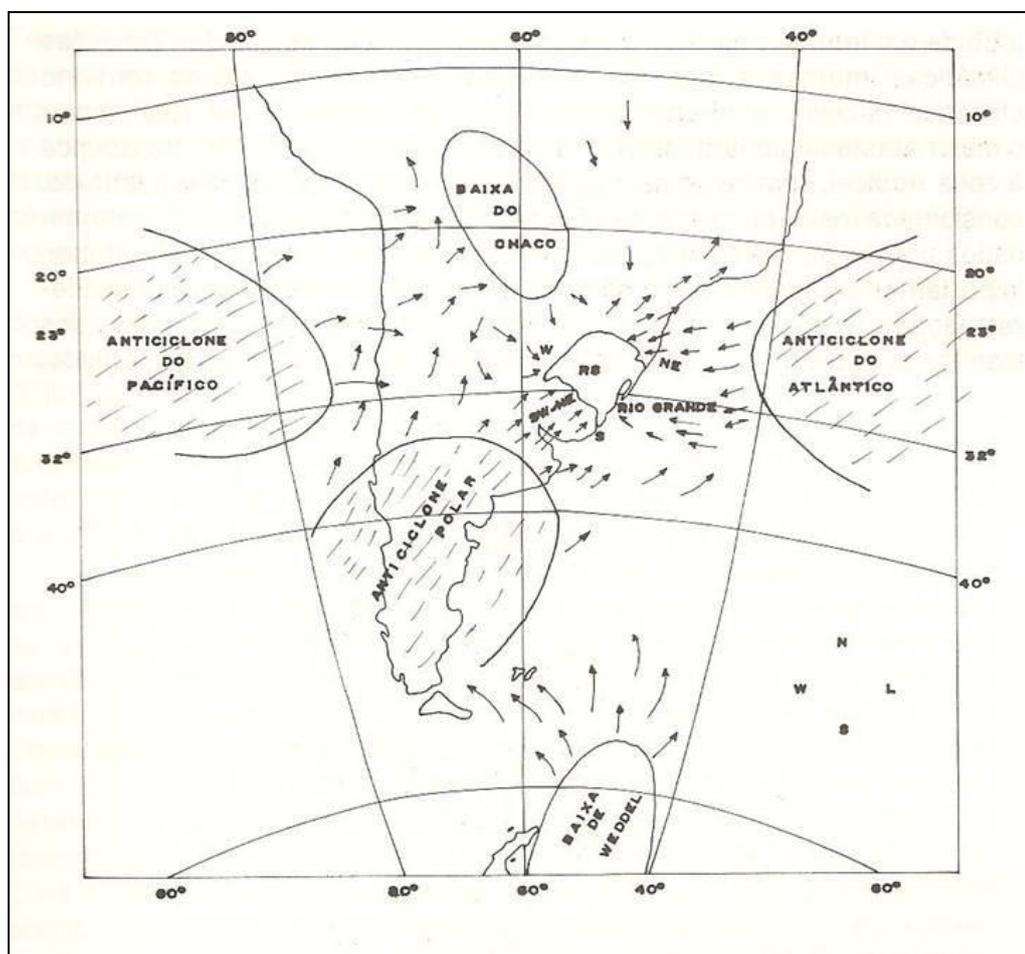


Figura 10: Sistemas de circulação atmosférica que atuam sobre o clima do Rio Grande do Sul. Extraído de: Vieira (1988).

3.2.3 SISTEMAS DEPOSICIONAIS DO TIPO LAGUNA-BARREIRA

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul evoluiu para leste através da coalescência lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo “laguna-barreira” (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995). Cada um destes sistemas registra o pico de uma transgressão, seguida de uma regressão marinha. Os picos de transgressão do nível do mar são correlacionáveis com os picos da curva de conteúdo isotópico de oxigênio analisado em testemunhos sedimentares, para o Pleistoceno, conforme ilustrado na figura 11.

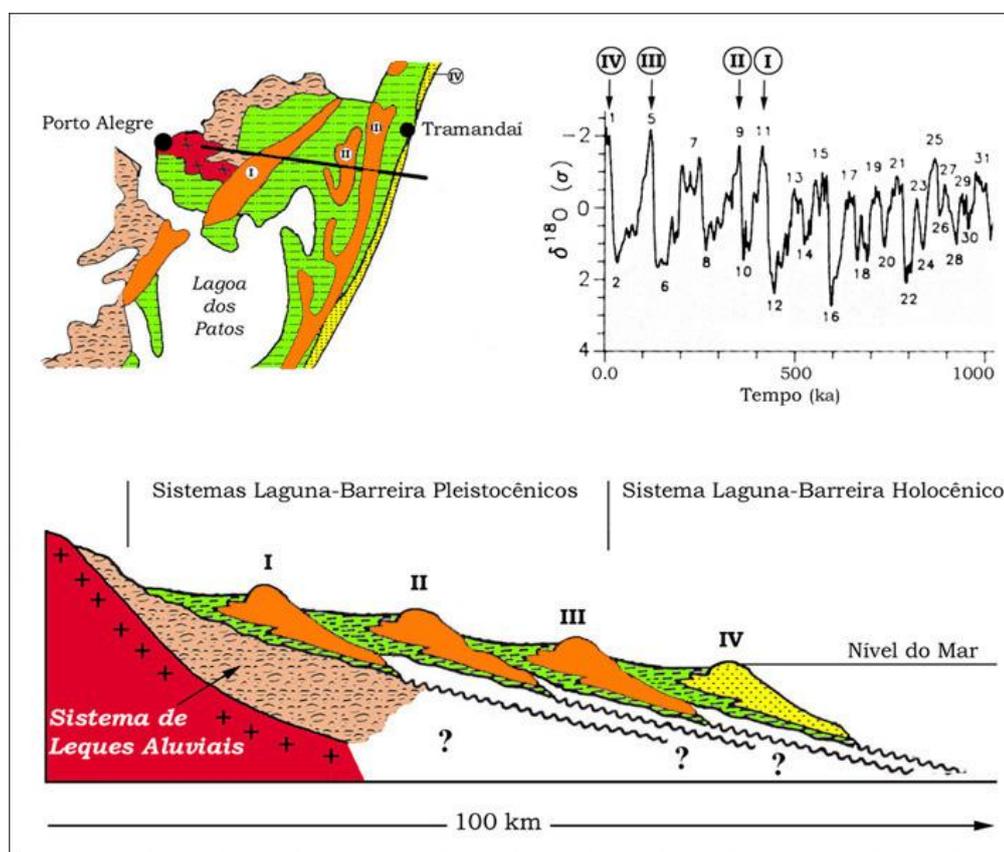


Figura 11: Perfil transversal dos sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira no Rio Grande do Sul (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1999).

As idades relativas dos sistemas deposicionais podem ser analisadas, também, devido suas disposições espaciais. O sistema mais antigo é o Sistema Laguna-Barreira I, mais interiorizado, em seguida os Sistemas Laguna-Barreira II e III

e por último, mais recente o Sistema Laguna barreira IV. A idade das barreiras decresce no sentido oeste-leste, e de acordo com as correlações das curvas isotópicas de oxigênio, esses sistemas têm-se formado nos últimos 400.000 anos (Villwock & Tomazelli, 1995). Os três primeiros sistemas são datados como sendo pleistocênicos e o último é datado como sendo holocênico.

Segundo o estudo de variabilidade dos depósitos presentes nos setores da barreira holocênica que compõem a costa do RS (modificado de Dillenburg *et al.*, 2000; 2009), Arroio do Sal apresenta uma área de progradação de costa, ou seja uma área de transgressão ativa dos campos de dunas como demonstrado na figura 12, representado pela seta em direção a lagoa Itapeva.

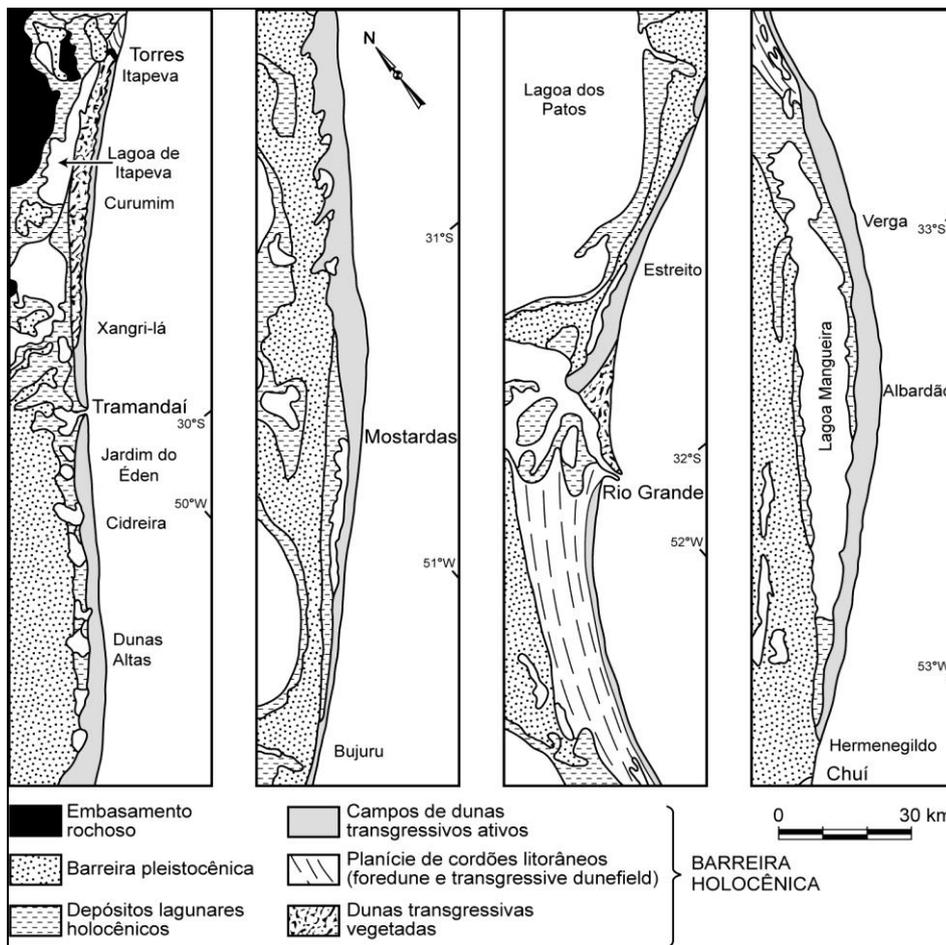


Figura 12: Variabilidade dos depósitos presentes nos setores da barreira holocênica que compõem a costa do RS (modificado de Dillenburg *et al.*, 2000; 2009).

3.3 DUNAS COSTEIRAS

As dunas costeiras são feições naturais encontradas em praias arenosas e sua formação é devido à interação de três elementos: vento, areia e vegetação (CORDAZZO & SEELIGER, 1988). Podem ser classificadas por sua forma e estrutura interna. As formas mais comuns são dunas transversais, barcanas, parabólicas, estrela e longitudinais. Quanto a sua estrutura interna, as dunas podem ser classificadas como estacionárias e migratórias. Por fatores de umidade, obstáculos ou desenvolvimento de vegetação as dunas estacionárias são imóveis, já as dunas migratórias estão em constante movimentação devido as suas características físicas, antrópicas e ambientais.

Segundo PORTZ (2008) o estágio inicial da duna costeira depende principalmente das marés astronômicas ou meteorológicas, as quais permitem o estabelecimento de uma linha de deposição de material orgânico, como restos de algas, vegetação e organismos marinhos mortos, na zona de pós-praia. O mar deposita a areia fina na zona do estirâncio ou espraiamento (Figura 13), e esta areia, após secar, é transportada pelo vento em direção ao continente, até que seja depositada junto à linha de deposição ou junto a uma vegetação pioneira.

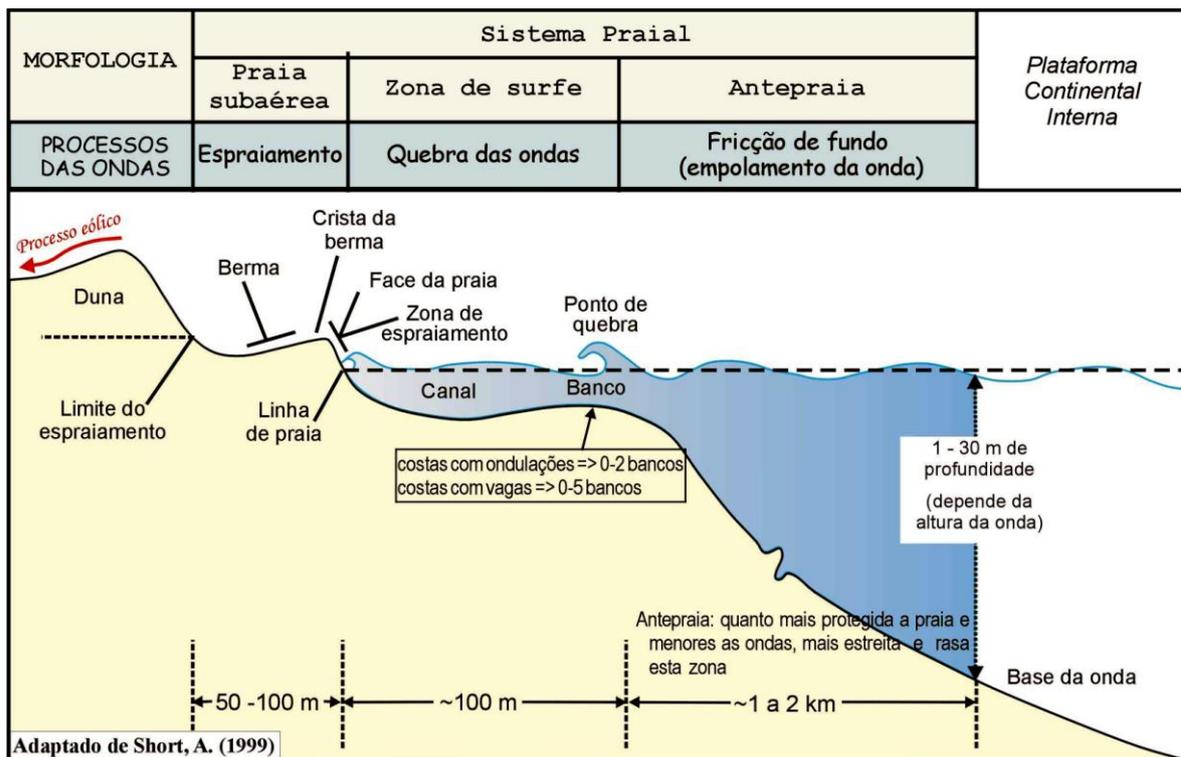


Figura 13: Compartimentação das subdivisões do prisma praial, modificado de Short (1999) por Toldo Jr. (2010).

No Município de Arroio do Sal, segundo Hesp *et al.* (2007) e Martinho (2008) os campos de dunas tem seu movimento classificados em duas escalas: escala dos campos das dunas móveis e na escala da duna. As areias das dunas migram acompanhando a linha de costa, com uma leve diferença de angulação entre os ventos predominantes, ventos de NE, e a linha de costa deslocando as areias das dunas dois graus para SW devido à influência da rosa de ventos de Torres. (figura 14).

A repetição deste processo ao longo do tempo separou as gerações de dunas móveis que migraram para o interior da barreira sobre a planície de deflação de sistemas anteriores. A sobreposição de diferentes fases de ativação dos campos de dunas criou uma morfologia de sucessivas cristas, formando cordões de dunas progradantes praticamente paralelas à linha de costa com retrabalhamentos do campo de dunas transgressivo e pelo sangradouro gerando rebaixamentos do solo, áreas de banhado e áreas de braços mortos. Na porção mais distal do campo de dunas, as areias se espalham sobre terrenos úmidos vegetados, formando as cristas de precipitação (Hesp *et al.* 2005, 2007).

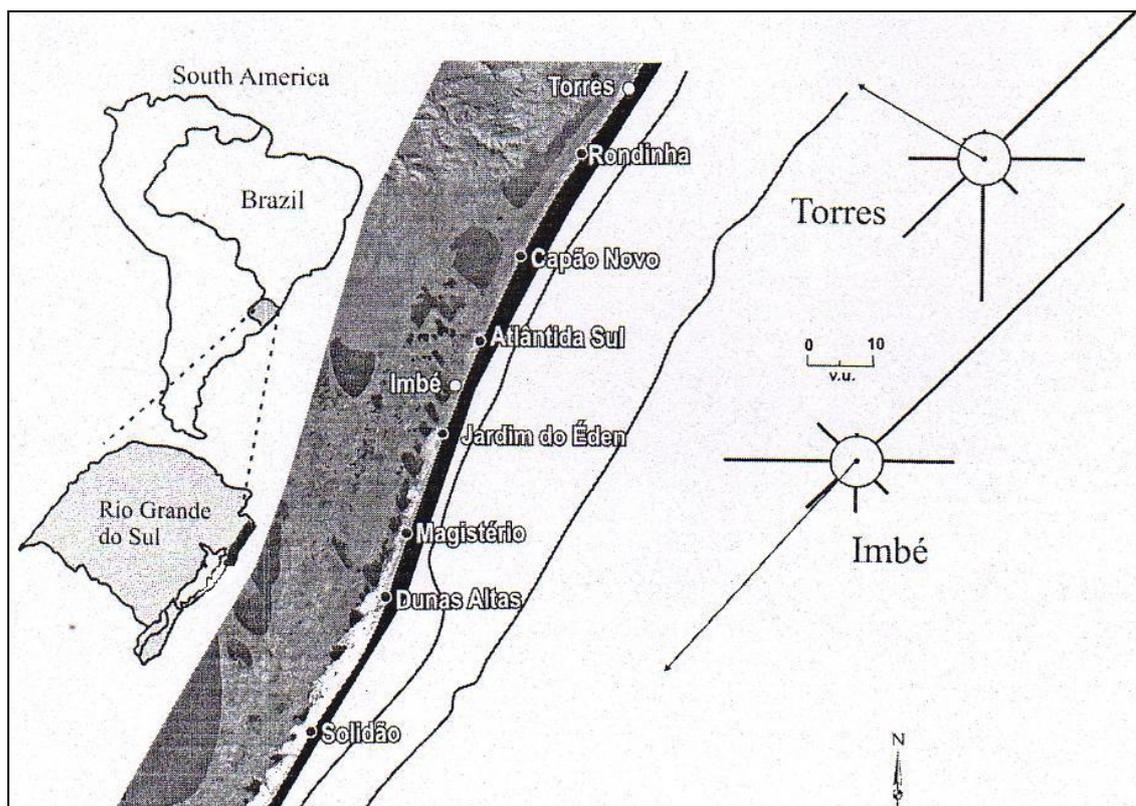


Figura 14: Influência da Rosa de Ventos de Torres sobre os campos de dunas de Arroio do Sal, na figura representado por Rondinha (MARTINHO, 2008).

3.3.1 DUNAS FRONTAISIS

As dunas frontais configuram o objeto de estudo desse trabalho, pois são muitas vezes os únicos remanescentes de campos de dunas que em outros momentos ocuparam grandes extensões, o que aumenta ainda mais seu grau de importância e a preocupação com sua preservação. As dunas frontais ocupam a porção superior do pós-praia, portanto interagem diretamente com a dinâmica praiar. Compõem cristas de dunas que se estendem paralelamente à linha de costa, são convexas, simétricas ou assimétricas e dividem-se em duas categorias básicas, dunas frontais estabilizadas e dunas incipientes/embrionárias (HESP, 2000).

3.3.2 DUNAS FRONTAIS INCIPIENTES

As dunas incipientes, mais conhecidas como dunas embrionárias, são acúmulos de areia que se desenvolvem através de um anteparo, normalmente uma planta. Representam o estágio inicial de formação de dunas frontais ou de recuperação natural após um período de tempestades onde as dunas frontais são erodidas pelas ondas.

Elas podem ser formadas pela posição de areia em agrupamentos vegetais ou plantas individuais. No litoral do Rio Grande do Sul as espécies vegetais pioneiras capazes de colonizar o pós-praia são o *Blutaparon portulacoides* (Figura 15).



Figura 15: Dunas incipiente com presença de *Blutaparon portulacoides*, fonte: arquivo pessoal.

3.3.3 DUNAS FRONTAIS ESTABILIZADAS

As dunas frontais estabilizadas desenvolvem-se a partir de dunas incipientes, sendo comum conterem uma grande complexidade morfológica, tanto em altura como na largura, em função da variação na densidade ou distribuição das plantas e suprimento de areia (CARTER & WILSON, 1990).

No Litoral Norte do Rio Grande do Sul, as espécies vegetais predominantes na colonização das dunas frontais estabilizadas são o capim de praia (*Panicum racemosum*), gramínea de talos altos que gera dunas mais altas e com uniformidade lateral; e a margarida de praia (*Senecio crassiflorus*), espécie que dá origem a dunas arredondadas e com picos elevados (PORTZ, 2008).

Além da vegetação, o desenvolvimento morfológico e a evolução subsequente das dunas estabilizadas dependem ainda de fatores secundários, tais como taxas de acreção e de erosão eólica, frequência e magnitude das ondas de tempestade, processos de escarpamento e transposição, erosão pluvial dos sangradouros, somando-se o nível de interferência e uso humano (HESP, 1999).

3.3.4 INTERAÇÃO PRAIA-DUNA FRONTAL

A praia é alimentada pela remobilização dos sedimentos na zona de surfe, que são depositados como cristas de berma. O ciclo de erosão e recomposição da duna (Figura 16) garante o equilíbrio dinâmico que protege as costas da incursão da água do mar em eventos de ressaca, mas esse mesmo ciclo pode ser rompido quando a atividade antrópica modifica as características do ambiente (HESP, 2000).

Esse ciclo tem um funcionamento sazonal, pois a alta energia das ondas, nos eventos de marés meteorológicas (inverno), pode elevar o nível do mar e dependendo de sua intensidade e duração pode provocar uma significativa erosão na face marinha das dunas frontais. Com um regime de ondas de baixa energia (verão), a areia retorna ao sistema-praia duna havendo um acúmulo de sedimentos no pós-praia e subsequentemente isso vai recompondo a escarpa erodida da duna

frontal, permitindo à vegetação retomar seu crescimento fortalecendo a estabilidade da duna.

Quando se coloca uma casa ou um calçadão sobre as dunas, este equilíbrio é rompido e o aporte de sedimentos para a recomposição das dunas é comprometido, além do impacto parecer maior sobre a óptica humana (Figura 17).

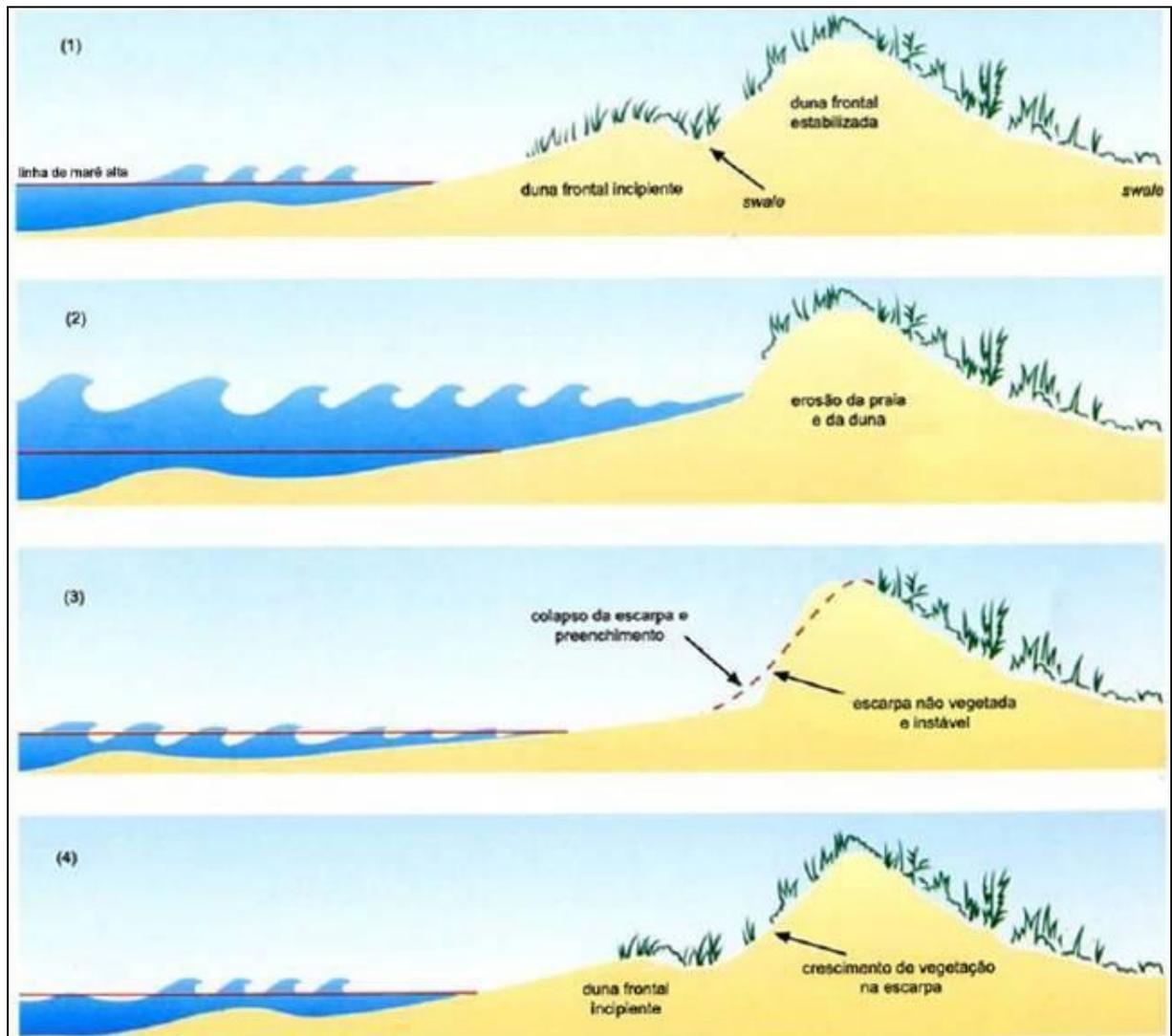


Figura 16: Dinâmica de interação praia-duna (modificado de HESP 2000).

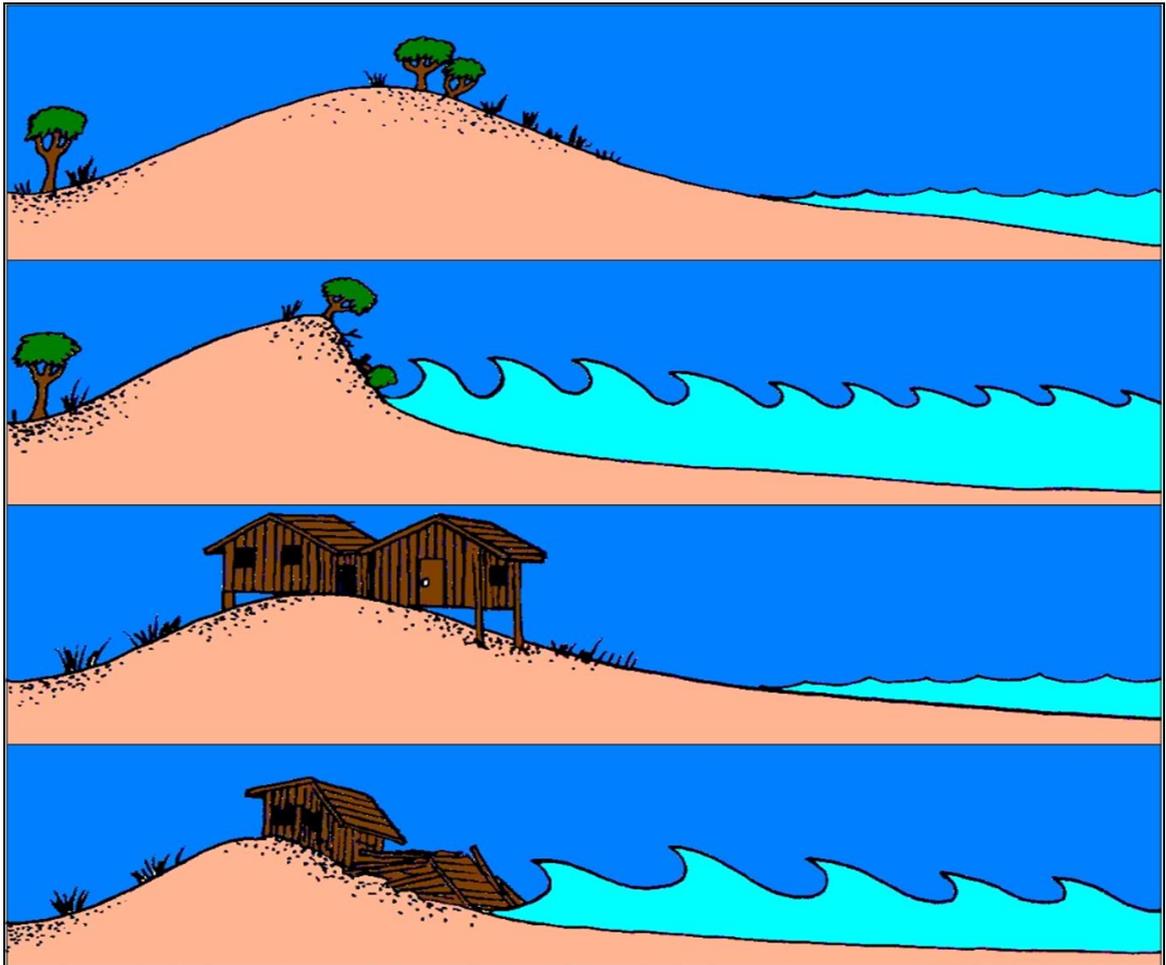


Figura 17: Dinâmica de interação praia-duna com a intervenção humana sobre a duna frontal (PORTZ, 2008).

3.4 PLANO DE MANEJO DE DUNAS

Qualquer programa de manejo antes da implementação deve estar alicerçado em um bom diagnóstico das formas e processos eólicos atuantes, a fim da escolha das técnicas possíveis de resolver os problemas existentes em toda a área de duna (SOIL CONSERVATIONS SERVICE, 1990).

Esta investigação e planificação devem responder algumas questões; tais como, quais são as causas da erosão, qual o uso desejado da terra, suporte financeiro disponível, disponibilidade e quantidade de mão de obra e maquinaria necessária para execução dos trabalhos, manutenção, nível de consciência e envolvimento da comunidade.

São apontados como principais fatores erosivos das dunas frontais as pressões de uso antrópica como construção de casas sobre as dunas, em áreas de preservação permanente – APP, construções próximas aos sangradouros (à menos de 30 metros adjacentes), uso de veículos sobre as dunas, retirada da vegetação nativa, plantio de vegetação exótica, poluição gerada por resíduos sólidos jogados na areia da praia, etc. Como fatores erosivos físicos naturais os principais contribuintes são os efeitos das marés e ressacas em períodos de tempestade.

A implantação de planos de manejo de dunas concilia o desenvolvimento do turismo e do veraneio com a preservação das suas características naturais, melhoria nos serviços (segurança, saneamento, educação) e facilidades de acesso à praia podendo contribuir para o crescimento econômico e avançar nos projetos de planejamento do litoral gaúcho. Isso porque o plano de manejo aponta para os principais problemas e apresenta soluções e técnicas de como pode ser gerida a orla.

Para preservar as dunas frontais temos como exemplo de técnicas de manejo a aplicação de cobertura morta sobre as dunas, plantio de vegetação nativa, instalação de esteiras e passarelas, manutenção dos sangradouros, retirada de resíduos sólidos da praia, manutenção do viário (entradas de carro, pedestres, acessos funcionais).

3.4.1 ALGUMAS ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA DUNAS FRONTAIS

3.4.1.1 *INSTALAÇÃO DE ESTEIRAS*

As esteiras possuem a importante função de aprisionar areia no sistema de dunas e promover o ordenamento do espaço, restringindo às passagens de pedestres que conduzem à praia, e controle dos corredores de escape de areia (Figura 18). As dunas construídas por esteiras devem ser estabilizadas com vegetação. As esteiras devem ser sobrepostas por novas à medida que vão sendo soterradas ou mantidas até o estabelecimento da vegetação.

Em razão do sentido do transporte eólico predominar de NE para SW, as esteiras transversais ao vento dominante podem ser instaladas no lado à barlavento da duna (PORTZ, 2008).

Enquanto as esteiras são efetivas na retenção das areias, a vegetação exige preparo do terreno, estação para a colheita e o plantio, e tempo para iniciar o acúmulo das areias.



Figura 18: Esteira colocadas em Xangri-lá para acesso de pedestre à praia (fonte: arquivo pessoal).

3.4.1.2 PLANTIO DE VEGETAÇÃO NATIVA

A formação de perfis vegetais sobre as dunas é capaz de estabelecer a fixação definitiva das areias (Soil Conservation Service, 1986), com eventual otimização das condições para o desenvolvimento das espécies, podendo eventualmente estabilizar o terreno de maneira mais expressiva (Figura 19).

Espécies primárias como *Panicum racemosum* (capim de praia), *Senecio crassiflorus* (margarida de praia) e *Spartina ciliata* (capim salgado) podem ser retirados de locais já estabilizados e tratados com substâncias enraizadoras, para mais tarde serem transplantadas para o terreno, onde são regadas e pulverizadas com fertilizantes químicos (TABAJARA & FERREIRA, 2000).



Figura 19: Acumulação de sedimento considerável junto à vegetação plantada após 11 meses de plantio (fonte: arquivo pessoal).

3.4.1.3 APLICAÇÃO DE COBERTURA MORTA

A aplicação de cobertura morta (Figura 20) é uma alternativa à utilização de cercados e obedece ao mesmo princípio das demais técnicas, formar uma barreira à mobilização de sedimentos e, para tanto, deve ser posicionada transversalmente à direção do vento predominante.

A obtenção de vegetação morta pode ser feita através de podas realizadas pelas prefeituras municipais (PORTZ, 2008).



Figura 20: Aplicação de cobertura morta sobre as dunas para melhor fixação e estabilização da areia (fonte: arquivo pessoal).

4. METODOLOGIA

4.1 ESTUDO DE VULNERABILIDADE DE DUNAS

O diagnóstico e o monitoramento das formas e processos praias são imprescindíveis à obtenção de subsídios necessários ao estabelecimento dos programas de gestão (TABAJARA, 2009). Para este trabalho empregou-se o método de “*checklist*” (lista de controle de vulnerabilidade – Figura 21) proposto por WILLIAMS *et al.* (2001) e adaptada às condições locais, no sentido de identificar os principais setores degradados do sistema de dunas frontais de Arroio do Sal. Os *checklists* de vulnerabilidade foram adaptados dos métodos estabelecidos pelo programa ELOISE/DUNES da União Européia para regiões costeiras do Atlântico Sul.

Seção A – Morfologia da duna					
	0	1	2	3	4
1 Área superficial (m ²)	>10000 []	>7500 []	>5000 []	>2500 []	<2500 []
2 Largura da duna (m)	> 50 []	> 40 []	> 30 []	>20 []	> 10 []
3 Altura máxima da duna (m)	> 5 []	> 4 []	> 3 []	> 2 []	< 1 []
4 Processo de escarpamento	baixo []		moderado []		alto []
5 Declividade na face frontal marinha	suave []		moderada []		acentuada []
ESCORE TOTAL/ Percentagem					
Seção B – Condições da praia					
	0	1	2	3	4
1 Largura do pós praia (m)	> 100 []	> 80 []	> 60 []	> 40 []	£ 40 []
2 Suprimento de areia	alto []		moderado []		baixo []
3 Brechas na face de praia	nenhuma []		algumas []		muitas []
4 Largura das brechas na face de praia	< 2 []		2 - 10 []		> 10 []
5 Dunas embrionárias	muitas []		algumas []		pouca []
ESCORE TOTAL/ Percentagem					
Seção C- Características dos 200m adjacentes ao mar					
	0	1	2	3	4
1 % de área de blowouts dentro do sistema	< 5 []	> 5 []	> 10 []	> 20 []	> 40 []
2 Fuga de areia do sistema p/ continente	pouca []		alguma []		muita []
3 % de brechas no sistema de dunas	> 0 []	> 5 []	> 25 []	> 50 []	> 70 []
4 % do lado marinho da duna vegetada	> 90 []	> 60 []	> 30 []	> 10 []	< 10 []
5 Se as recentes areias depositadas foram	muitas []		algumas []		nenhuma []
6 % de cobertura impenetrável	poucas []		algumas []		muitas []
7 Existência de vegetação exótica	nenhuma []		alguma []		muita []
8 Sangradouros	0 []		1 []		2 ou + []
ESCORE TOTAL/ Percentagem					
Seção D – Pressão de uso					
	0	1	2	3	4
1 Nº de acessos de veículos	0 []	1 []	2 []	3 []	4 []
2 Densidade de caminhos de pedestre	baixa []		média []		alta []
3 Estágio de urbanização	nenhum []	orla rústica []	horiz. padrão []	mista []	vertical []
4 Nível de urbanização (%)	<10 []	>10 []	30 a 50 []	>50 []	>70 []
5 Posição da urbanização	sem []	terço final []	pós-duna []	duna frontal []	pós-praia []
6 Nº de quiosque na praia	0 []	1 a 2 []	3 a 5 []	6 a 8 []	9 a 10 []
7 Nº de proprietários	um []		alguns []		muitos []
ESCORE TOTAL/ Percentagem					

Figura 21: Representação gráfica da planilha do *checklist* adaptada de WILLIAMS *et. al.* (2001).

Este método é utilizado para traçar o “delineamento do problema”, no qual as principais características são listadas e avaliadas com respeito à vulnerabilidade e a proteção das dunas. Consiste em atribuir pontuação de 0 a 4 para cada variável dentro de um perfil de 250 metros, no qual a primeira nota representa uma condição boa de equilíbrio e a última um estágio avançado de degradação. Os parâmetros são dispostos em quatro seções distintas:

A - morfologia das dunas (5);

B - condição do pós-praia (5);

C - características dos 200 m adjacentes ao mar (8);

D - pressão de uso (7).

As variáveis são utilizadas para gerar um índice de vulnerabilidade (IV), que é proporcional a fragilidade do sistema. O índice de vulnerabilidade (IV) resultante é obtido pelo simples algoritmo:

$$IV = \sum (A,B,C,D) \times (100) / (\text{máximo valor possível})$$

Cada seção possui um valor máximo possível (caso todos os parâmetros apresentem nota máxima em cada seção nota 4): A (5x4)=20; B (5x4)=20; C (8x4)=32; D(7x4)=28. O máximo valor possível do sistema (denominador) é igual ao somatório dos máximos valores possíveis das seções, logo:

$$IV = \frac{\sum(20+20+32+28) \times 100}{\text{Máximo valor possível}}$$

$$IV = \frac{\sum(100) \times 100}{\text{Máximo valor possível}}$$

$$IV = \frac{\sum(100) \times 100}{100} = \mathbf{100\%}$$

A equação acima representa, nesse caso, a situação hipotética em que um perfil de duna frontal apresentasse um Índice de Vulnerabilidade de 100%.

É possível representar graficamente essa informação, através de um gráfico de polígonos, tornando a informação rápida e fácil de ser entendida visualmente. A área do polígono é diretamente proporcional à vulnerabilidade do trecho analisado.

Para a elaboração de tais polígonos, é necessário que se determine os índices de vulnerabilidade através das notas das variáveis de cada seção do *checklist*. Cada seção, individualmente gera um Índice Parcial (Tabela 2). Como já explicado pela fórmula acima, assim que somados os valores de cada seção e divididos por 100, termos o índice de vulnerabilidade final representado pela área do polígono (Figura 22).

Sendo assim, a informação gráfica permite ao pesquisador identificar qual seção responde pelo maior índice de vulnerabilidade parcial e, portanto, as principais fontes de alteração no equilíbrio do sistema.

Tabela 2: Lista de taxação de valores de 0-4 para os parâmetros das seções de A,B,C e D e seus respectivos escores (E) para o perfil 1 de Arroio do Sal.

Parâmetros Taxados para o Perfil 1 (0-250 m)							
A	E	B	E	C	E	D	E
A1	1	B1	3	C1	2	D1	1
A2	1	B2	2	C2	0	D2	0
A3	2	B3	2	C3	1	D3	1
A4	2	B4	2	C4	1	D4	0
A5	1	B5	2	C5	2	D5	1
				C6	0	D6	0
				C7	0	D7	1
				C8	2		
Σ	7		11		8		4
%	35		55		25		14
Σ de A até D: 30 IV 30%							

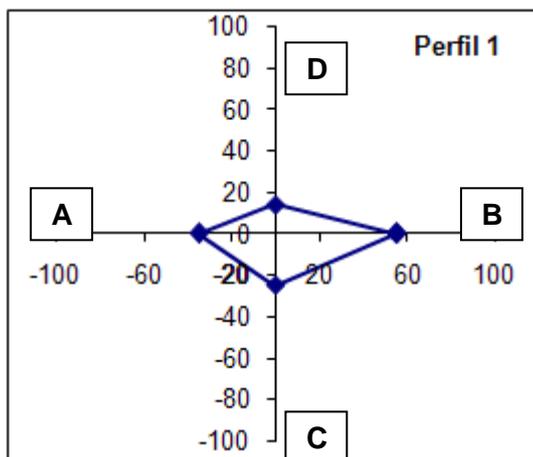


Figura 22: Gráfico correspondente ao perfil 1 analisado na orla de Arroio do Sal, com parâmetros A: Morfologia da Duna; B: Condições da praia; C: Características dos 200 metros adjacentes ao mar; D: Pressão de Uso.

4.1.1 PARÂMETROS DO CHECKLIST

- **Seção A (morfologia da duna):** A condição geomorfológica é um dos fatores determinantes da resiliência das dunas frontais, pois a capacidade de regeneração das dunas após eventos de estresse ambiental está relacionada à sua extensão e volume. Portanto, quanto maior o sistema e maior a disponibilidade de sedimentos, melhores serão as relações ecológicas e geomorfológicas juntamente com a proteção contra a ação erosiva eólica e marinha (WILLIAMS *et al.*, 2001). Os parâmetros para a seção A desse trabalho foram: Área superficial (m²), largura da duna (m), altura da duna (m), processo de escarpamento e declividade na face frontal marinha.
- **Seção B (condição de praia):** Essa classificação refere-se ao segmento do pós-praia, que está relacionado ao suprimento direto de sedimentos para as dunas frontais. A largura da praia é diretamente proporcional à disponibilidade de sedimentos, da mesma forma que um pós-praia mais estreito dissipa menos energia das ondas e do avanço da maré, afetando o desenvolvimento das dunas frontais na suas faces marinhas. Os parâmetros considerados para a seção B são: largura do pós praia (m); suprimento de areia; brechas na face de praia; largura das brechas na face de praia e dunas embrionárias.

- **Seção C (característica dos 200 m adjacentes ao mar):** A seção C contém parâmetros mais abrangentes que sintetizam o âmbito biofísico, bem como a influência dos sangradouros e áreas impermeabilizadas no sistema praia-duna. Tais parâmetros são: porcentagem da área de *blowouts* (%), fuga de areia do sistema para o continente; porcentagem de brechas no sistema de dunas (%); porcentagem da área vegetada no lado marinho da duna (%); colonização das areias recentemente depositadas por *Blutaparon portucaloides*; porcentagem de cobertura impermeável (%); presença de vegetação exótica e quantidade de sangradouros.

Blowouts, termo em inglês para bacias de deflação eólica, são feições comuns em sistemas de dunas costeiras, caracterizados pelo assoalho ou depressão, paredes erosionais laterais e pelo lóbulo de deposição, formado ao final do sentido do fluxo de areia, pelo aporte de areia erodida do assoalho e das paredes laterais da bacia. *Blowouts* podem apresentar variadas formas, mas podem ser enquadrados dentro de duas categorias principais: tipo prato raso (*saucer blowout*) e tipo cavidade alongada (*through blowout*). A diferença principal entre as duas formas é que a primeira forma-se sobre as cristas das dunas, em terrenos mais planos, ao passo que a segunda desenvolve-se na face inclinada da duna frontal (Figura 23). As bacias de deflação eólica formam-se em locais onde há uma redução da vegetação fixadora e fluxo constante de vento. As causas para o início do processo de erosão das bacias de deflação podem ser de ordem natural, como a partir da erosão das ondas na duna frontal, aceleração do fluxo de vento no interior do campo de dunas; ou então induzidas por atividades humanas, como o pastoreio e passagem de veículos e pedestres (HESP, 2000).

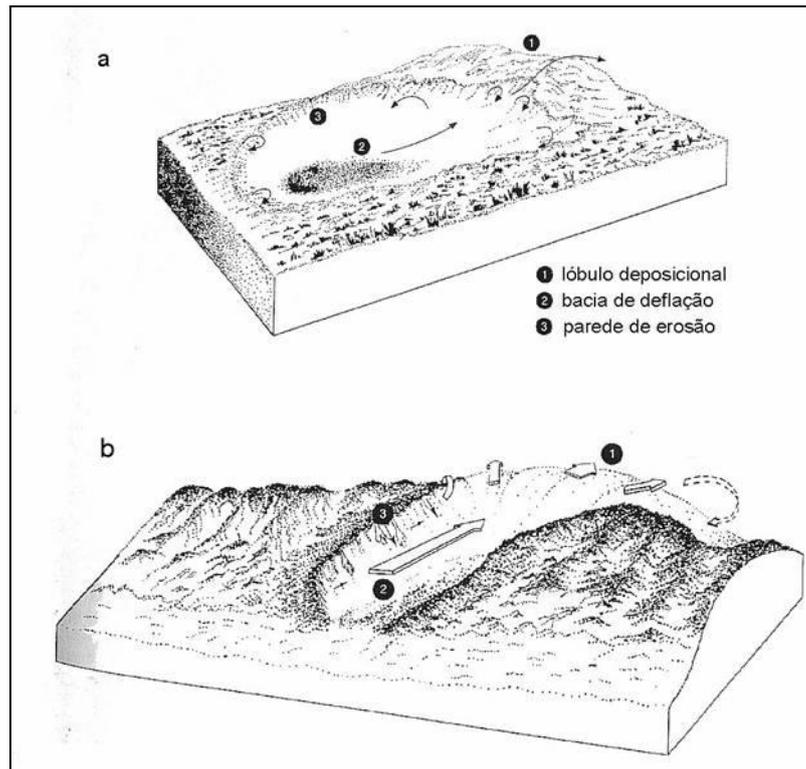


Figura 23: a) blowouts do tipo prato raso (saucer) e do tipo b) alongados (through). Extraído de PORTZ (2008), modificado de HESP (2000).

- **Seção D (pressão de uso):** Por fim, a seção D do *checklist* traz um inventário de elementos de natureza antrópica que afetam diretamente o equilíbrio das dunas frontais, tais como: número de acesso de veículos; densidade de caminho de pedestres; estágio de urbanização; nível de urbanização (%); posição da urbanização, número de quiosques e número de proprietários,

4.1.2 ETAPA DE CAMPO

A avaliação da vulnerabilidade das dunas frontais da orla de Arroio do Sal ocorreu em uma etapa, através de uma saída de campo realizada nos dias 25, 26 e 27 de Outubro de 2010.

Os aproximados 25 km de orla foram divididos em perfis de 250 m paralelos à linha de costa, totalizando 85 perfis taxados e analisados, perfazendo um percurso no sentido sul-norte, portanto, o perfil 1 encontra-se no Balneário de Pérola, na

divisa com o município de Terra de Areia, e o perfil 85 no Balneário de Menina, na divisa com o município de Torres.

Para a determinação dos trechos de 250 m primeiramente utilizou-se imagens de satélite do sitio do Google Earth® e uma ferramenta que avalia distâncias do próprio sitio. Em um segundo momento, em campo, utilizou-se um GPS Garmin 60C para apoio, com precisão aproximada de 5 m sendo realizado o caminhamento pela orla confirmando pontos marcados nas imagens como limites entre cada perfil.

Ainda em campo foram marcados e delineados os acessos de pedestres, carros, cursos de drenagem, vegetação exótica, ocupações irregulares e outras características que não são vistas com total clareza nas imagens em ambiente laboratorial.

4.1.3 ETAPA DE LABORATÓRIO

Em ambiente laboratorial, a imagem base foi obtida no software Google Earth Pro®, onde foram salvas 8 imagens da área de estudo a uma altitude do ponto de visão de 2000 m. Através destas imagens foi construído um mosaico, sendo este georreferenciado a partir do software de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) Arcgis®, utilizando-se coordenadas tiradas em campo com o GPS Garmin 60C no Datum WGS84 e projeção em UTM.

Em seguida foram vetorizadas as características da orla, vistas em campo, como: acessos de pedestres, carros, cursos de drenagem, vegetação exótica, ocupações irregulares, os índices de vulnerabilidade, dunas embrionárias, linha d'água, área de preservação permanente, limite pós-praia e escape de areia.

As planilhas com os dados de vulnerabilidade, coletados em campo foram analisados nesta mesma etapa, sendo utilizados para isso o software Microsoft Office Excel 2007® utilizado para gerar os índices dos perfis.

4.1.4 AGRUPAMENTO DOS PERFIS

A análise fatorial multivariada relaciona a correlação entre o caso e não entre as variáveis e, portanto, torna-se bastante utilizada em ciências naturais (DAL CIN & SIMIONI apud TABAJARA, 2005).

Segundo Laranjeira (1997) os graus de vulnerabilidade podem ser pré-estabelecidos em função do limiar de resiliência apresentado pelos sistemas de dunas, isto é, os índices de vulnerabilidade podem ser divididos em classes, aqui representados pelos níveis de vulnerabilidade (Tabela 3). A associação das notas a cada parâmetro se dá de acordo com todo o conhecimento que vêm sendo acumulado por pesquisadores e o consenso multidisciplinar a respeito das dinâmicas naturais em interação que controlam a formação e o equilíbrio das dunas costeiras.

Tabela 3: Níveis de vulnerabilidade e suas características, modificado de Laranjeira (1997).

<p>Nível 1 0-20%</p>	<p>Nível de vulnerabilidade em que o grau de transformação do sistema dunar não põe em risco a sua capacidade de auto-regeneração; o grau de vulnerabilidade está compreendido entre 0 a 20%; estado de degradação das feições não ultrapassa o limiar de resiliência; sensibilidade baixa.</p>
<p>Nível 2 20-40%</p>	<p>Nível de vulnerabilidade em que já se percebem sinais de mudanças no conjunto do sistema; a sensibilidade de baixa passa a se acentuar; o nível 2 compreende o intervalo de valores maiores que 20% até 40%.</p>
<p>Nível 3 40-60%</p>	<p>Percebem-se sinais de degradação significativa, já se faz necessária uma certa restrição a uma maior utilização. As feições dunares se posicionam sobre o limiar de resiliência. Considerável nível de degradação dos sistemas. Valores maiores que 40% até 60% estão compreendidos neste intervalo.</p>
<p>Nível 4 60-80%</p>	<p>Observam-se mecanismos de pressão muito significativa; as feições dunares não apresentam mecanismos de resistência aos efeitos negativos; a sensibilidade é elevada; são maiores que 60% e chegando a 80% os valores percentuais do nível 4.</p>
<p>Nível 5 80-100%</p>	<p>Evidenciam - se efeitos de degradação severa e generalizada. Nível de degradação extremamente elevado comprometendo o caráter das geoformas. Limiar de resiliência ultrapassado. Nível de maior caráter impactante que compreende o intervalo de valores maiores que 80% até 100% de vulnerabilidade.</p>

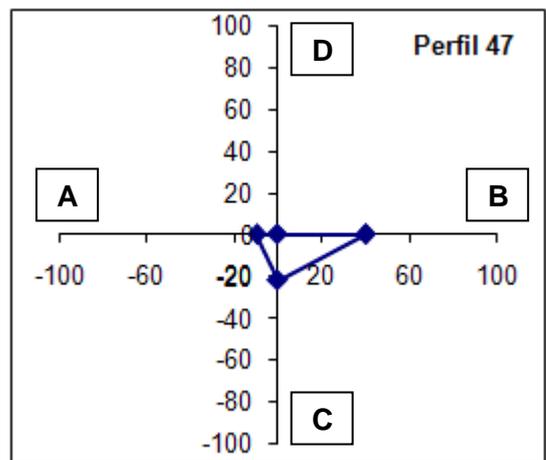
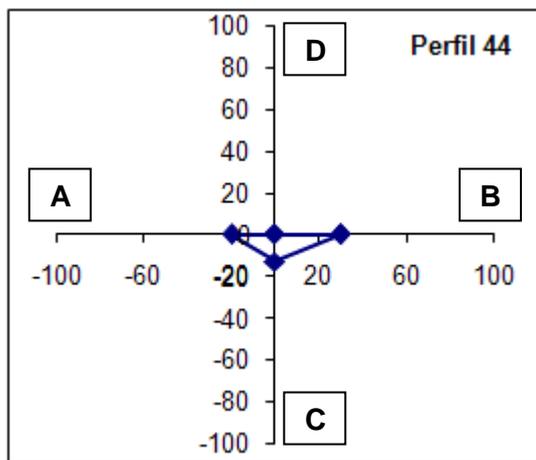
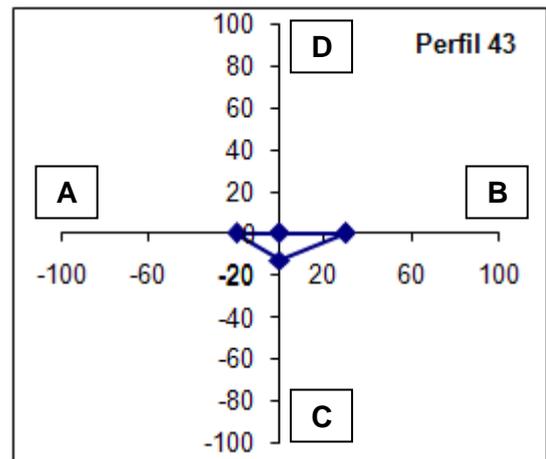
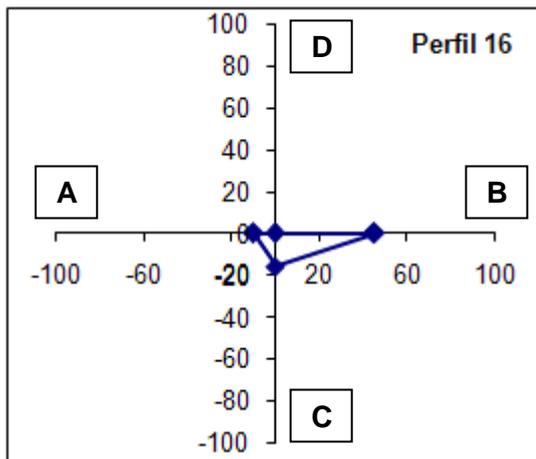
De acordo com essa classificação, todos os perfis levantados no inverno de 2010 foram enquadrados nas categorias 1, 2 e 3, não sendo encontrados os níveis 4 e 5 de vulnerabilidade (Figura 24).

Nivel 1 (0-20%)	Nivel 2 (20-40%)	Nivel 3 (40-60%)
Perfil 16	Perfil 1	Perfil 4
Perfil 43	Perfil 2	Perfil 7
Perfil 44	Perfil 3	Perfil 8
Perfil 47	Perfil 5	Perfil 9
Perfil 48	Perfil 6	Perfil 10
	Perfil 14	Perfil 11
	Perfil 15	Perfil 12
	Perfil 17	Perfil 13
	Perfil 18	Perfil 20
	Perfil 17	Perfil 21
	Perfil 32	Perfil 22
	Perfil 33	Perfil 23
	Perfil 34	Perfil 24
	Perfil 35	Perfil 25
	Perfil 36	Perfil 26
	Perfil 37	Perfil 27
	Perfil 38	Perfil 28
	Perfil 39	Perfil 29
	Perfil 41	Perfil 30
	Perfil 42	Perfil 31
	Perfil 45	Perfil 40
	Perfil 46	Perfil 52
	Perfil 49	Perfil 55
	Perfil 50	Perfil 59
	Perfil 51	Perfil 60
	Perfil 53	Perfil 61
	Perfil 54	Perfil 66
	Perfil 56	Perfil 73
	Perfil 57	Perfil 74
	Perfil 58	Perfil 75
	Perfil 62	Perfil 76
	Perfil 63	
	Perfil 64	
	Perfil 65	
	Perfil 67	
	Perfil 68	
	Perfil 69	
	Perfil 70	
	Perfil 71	
	Perfil 72	
	Perfil 77	
	Perfil 78	
	Perfil 79	
	Perfil 80	
	Perfil 81	
	Perfil 82	
	Perfil 83	
	Perfil 84	
	Perfil 85	

Figura 24: Representação gráfica da correlação dos perfis.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados está disposta conforme os valores dos níveis de vulnerabilidade. Inicialmente serão analisados os perfis de menor vulnerabilidade, constatados através dos índices obtidos e podendo ser avaliados através dos gráficos abaixo, sendo eles: perfil 16, 43, 44, 47 e 48 (Figura 25).



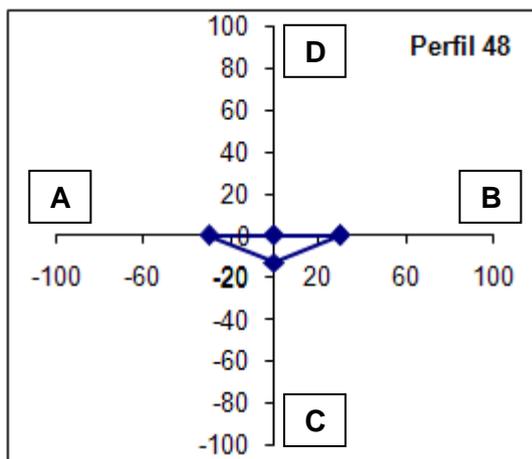


Figura 25: Gráficos 16, 43, 44, 47 e 48 referentes aos índices de vulnerabilidade mostrados através das áreas dos polígonos. A, B, C.

Esses primeiros perfis analisados apresentaram um grau de preservação bem consistente, ou seja, sem risco a capacidade de auto-regeneração do sistema dunal. Neste sentido, estes perfis foram agrupados dentro do nível 1 (0-20%) de vulnerabilidade. Podemos notar nos gráficos que os índices de vulnerabilidade dos parâmetros das seções B e A (condições da praia e morfologia da duna respectivamente) foram os mais significativos.

Deve-se isso, ao fato de que a análise de campo foi feita em um período de inverno onde as dunas ainda estão sobre os efeitos das ressacas, assim os parâmetros como processos de escarpamento (Figura 26), declividade na face frontal marinha, suprimento de areia, largura do pós-praia, dunas embrionárias (Figura 27) e brechas na face de praia, acabam gerando índices mais altos, entre 2 e 3.



Figura 26: Duna Frontal escarpada devido aos efeitos das ressacas, fonte: arquivo pessoal.



Figura 27: Dunas embrionárias de Arroio do Sal, fonte: arquivo pessoal.

Podemos observar o quanto cada seção influenciou no valor do nível de vulnerabilidade através da média de ocorrência nos perfis (Figura 28).

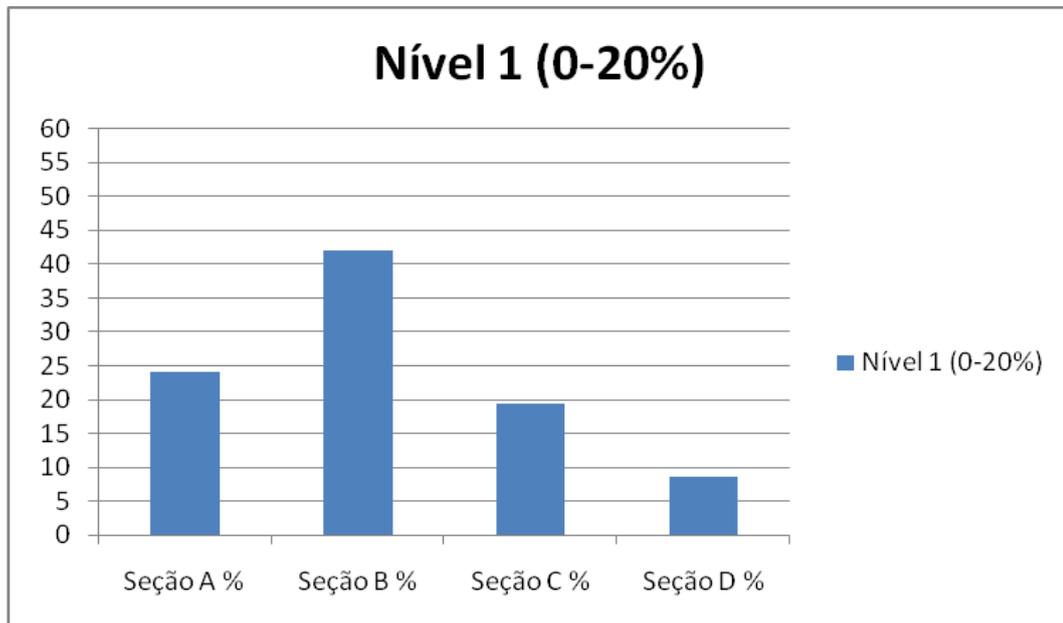
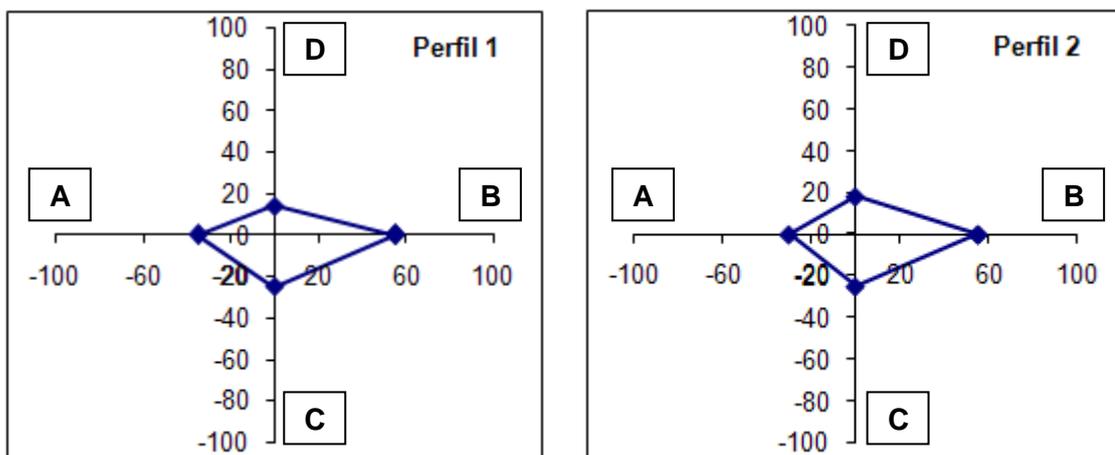
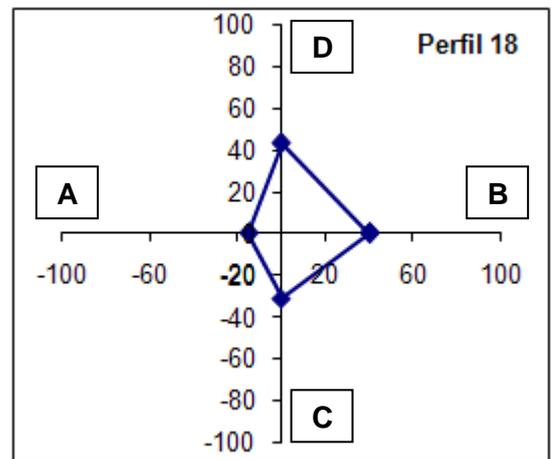
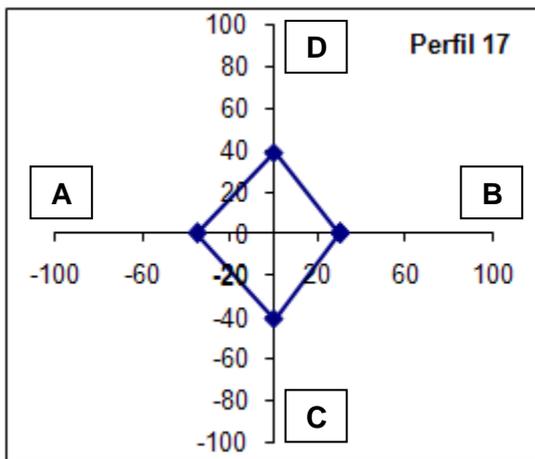
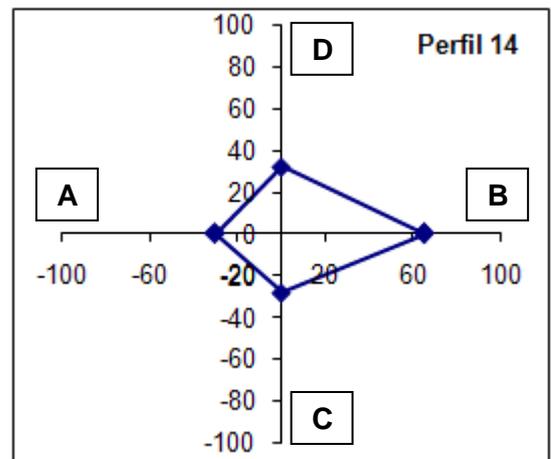
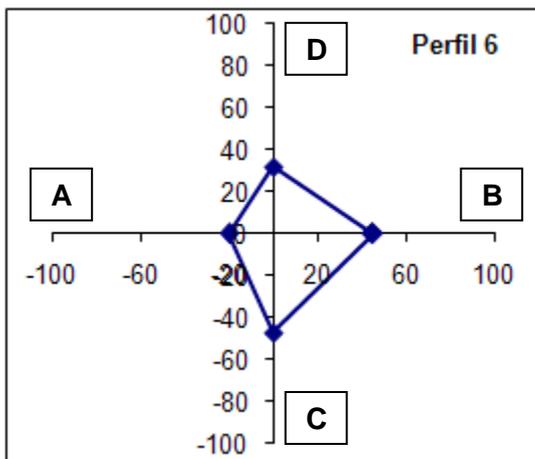
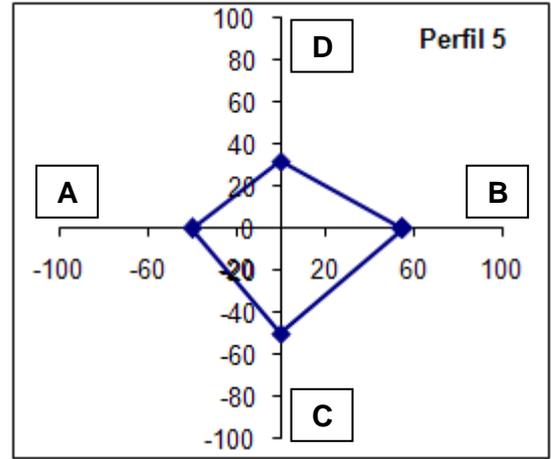
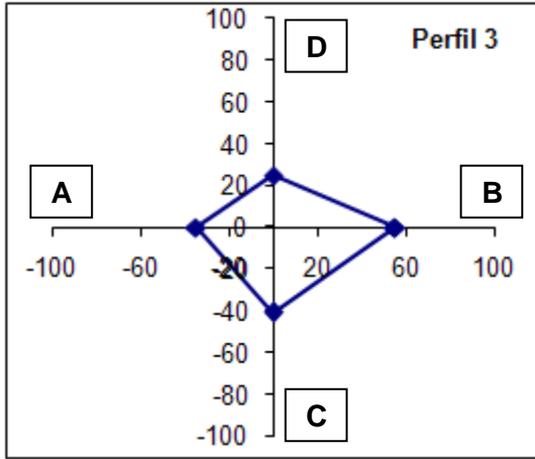


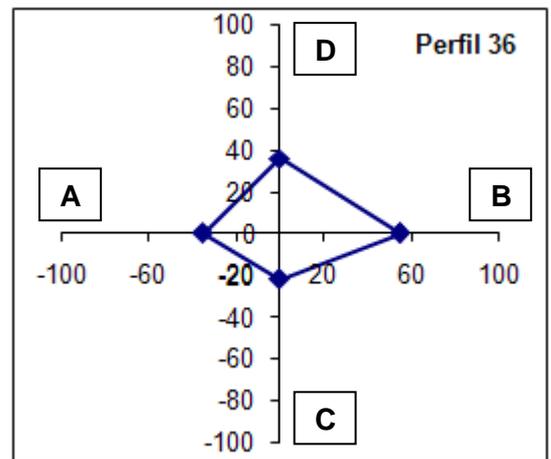
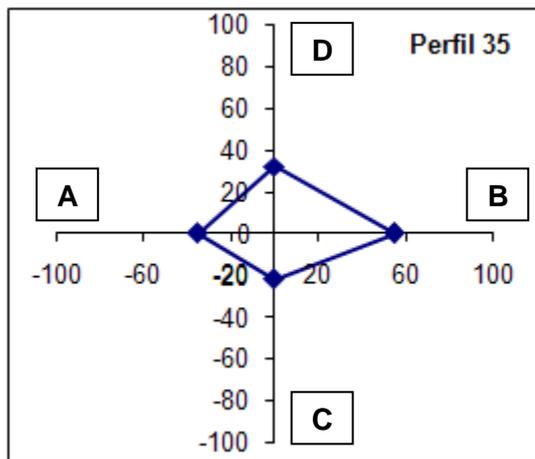
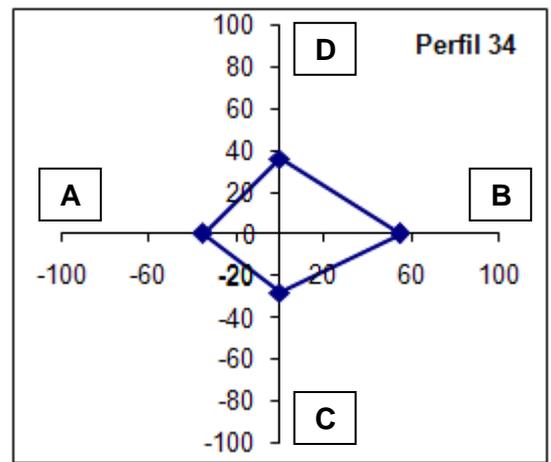
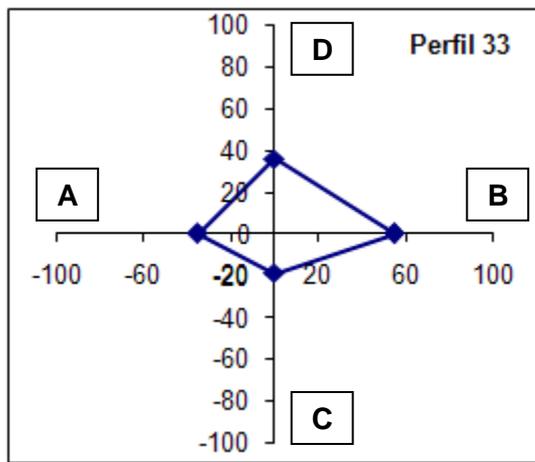
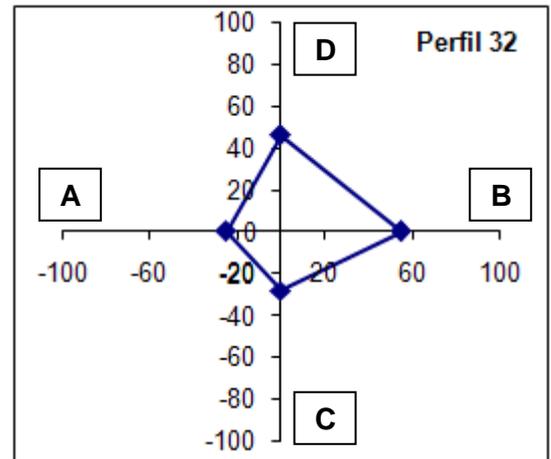
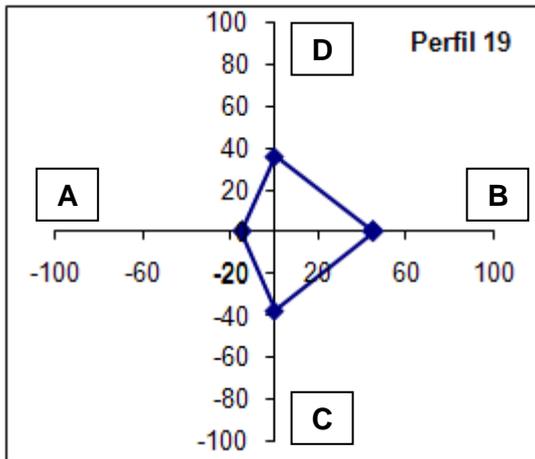
Figura 28: Média de influência das seções para o nível 1 de vulnerabilidade.

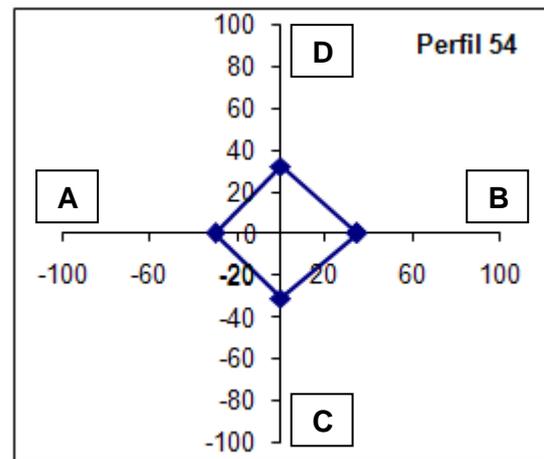
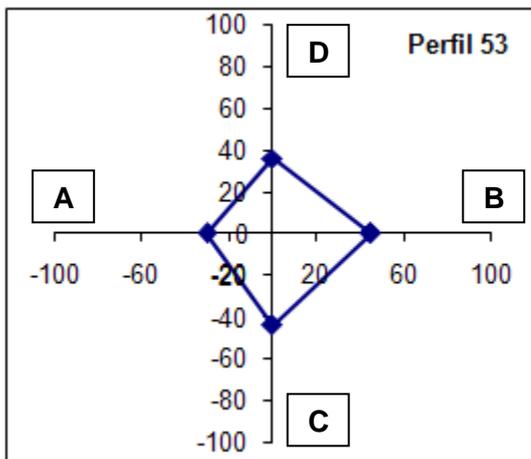
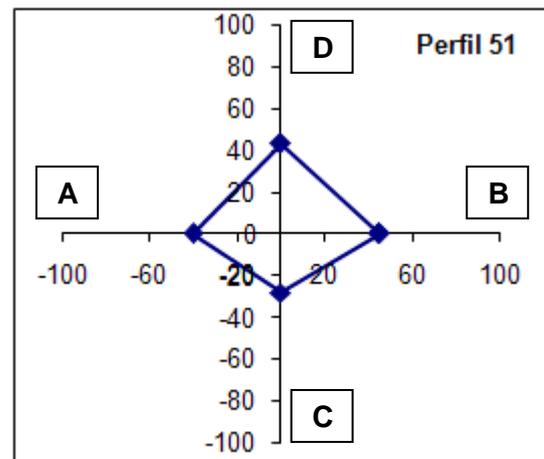
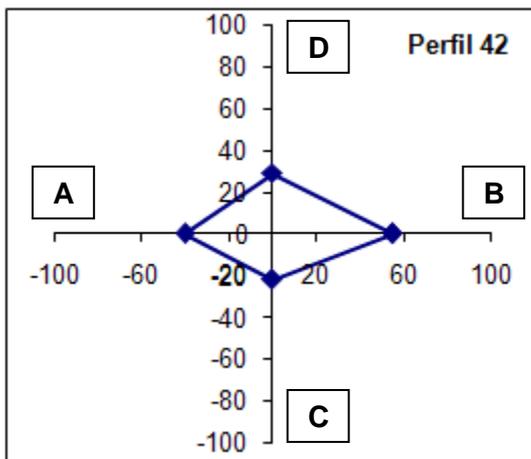
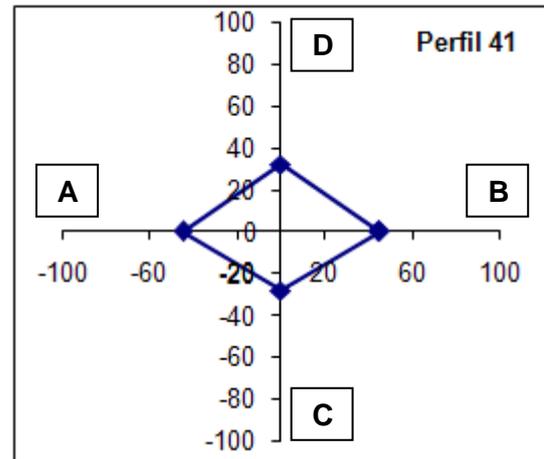
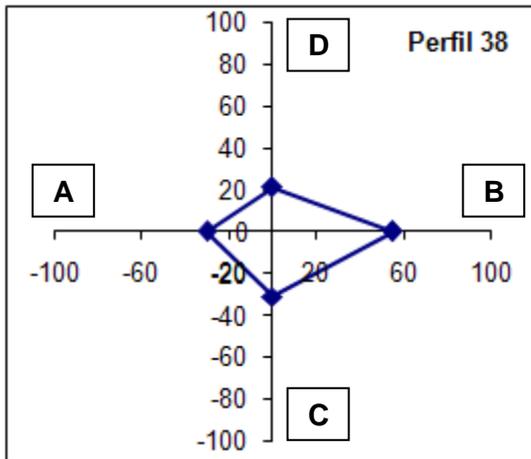
A maioria dos perfis analisados em campo e em ambiente computacional, através dos índices, mostraram um comportamento semelhante, com poucas variações quanto a degradações do sistema de dunas frontais ao longo de quase toda a extensão da orla.

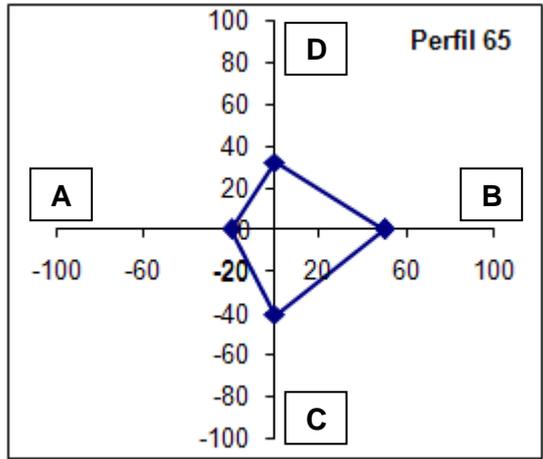
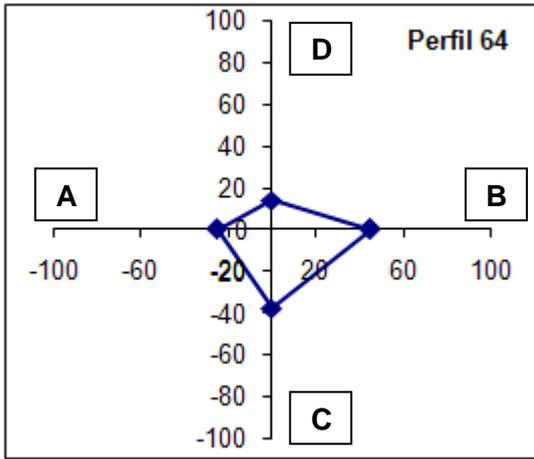
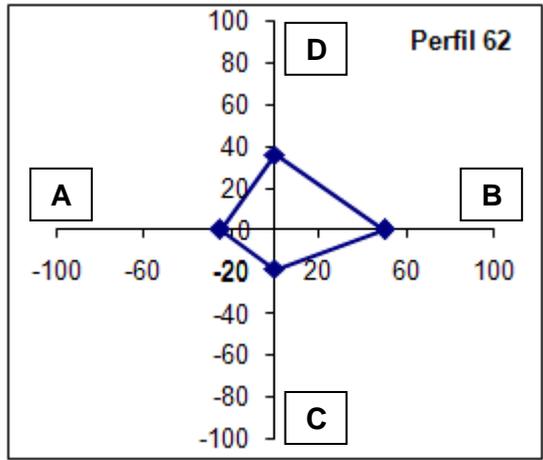
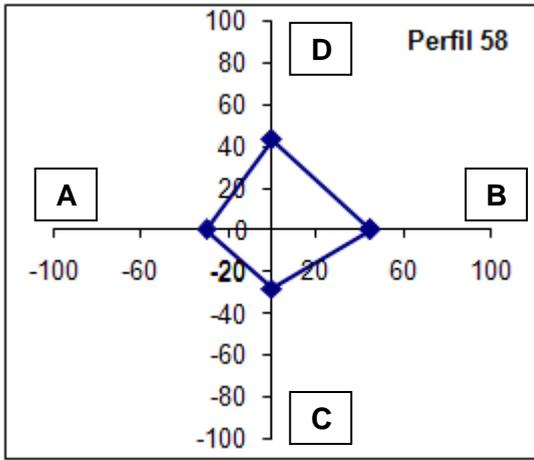
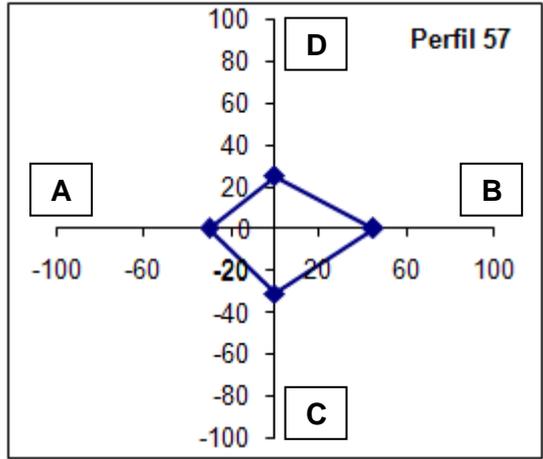
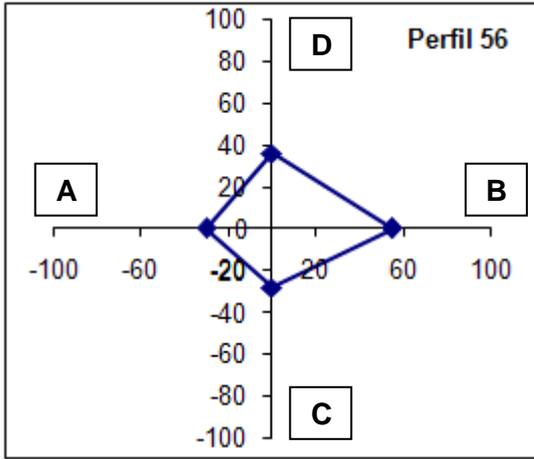
Nos próximos perfis representados nos gráficos de polígono da figura 29 houve um aumento no valor dos parâmetros de cada seção do *checklist* culminando num maior nível de vulnerabilidade, chegando ao nível 2 (20-40%).











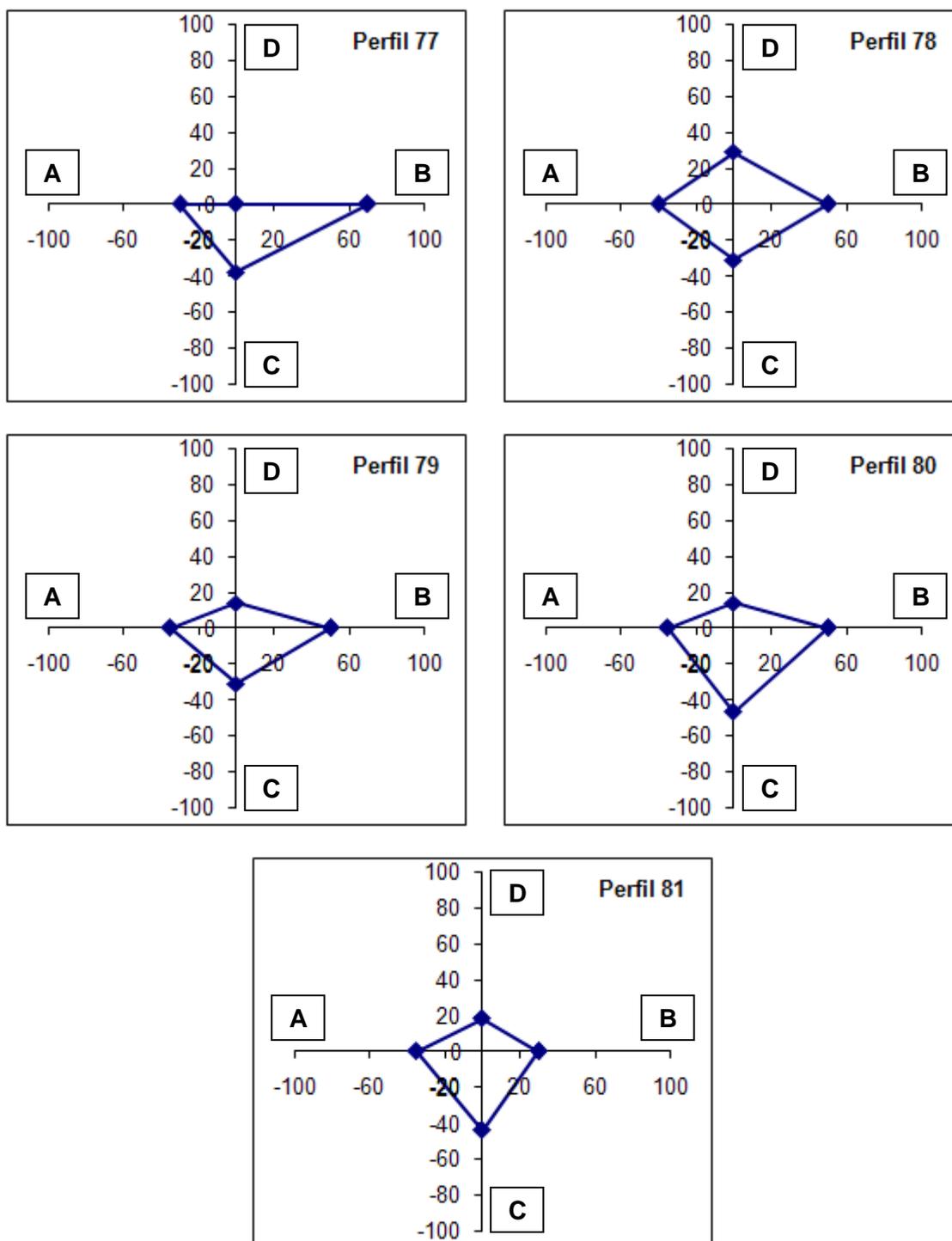
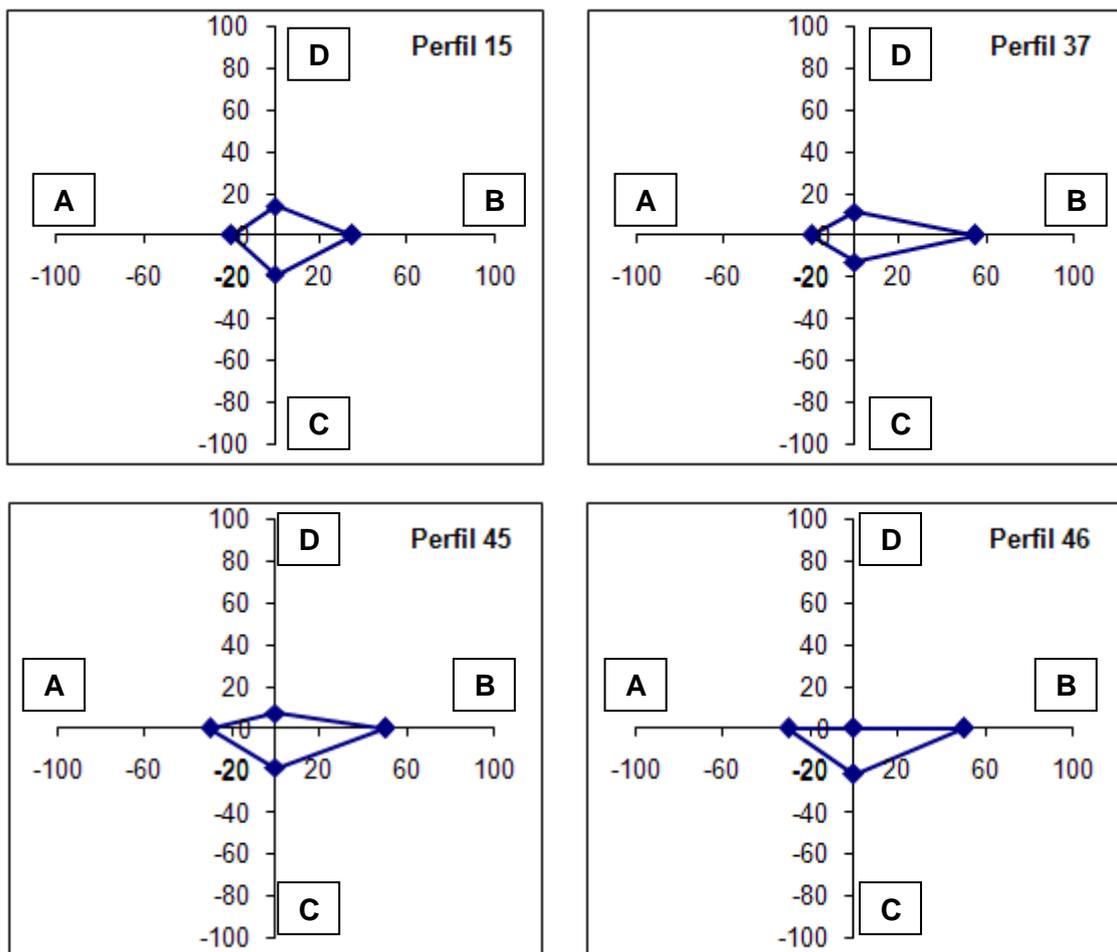


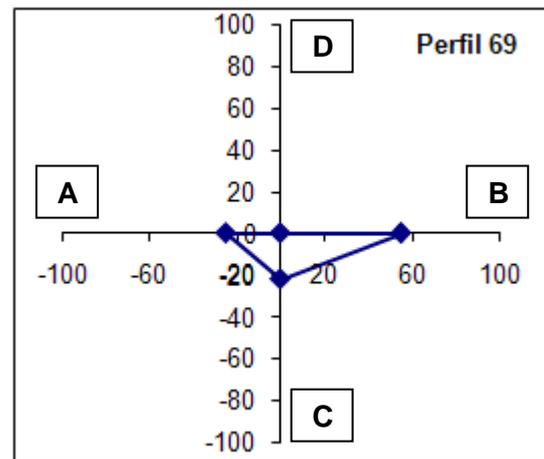
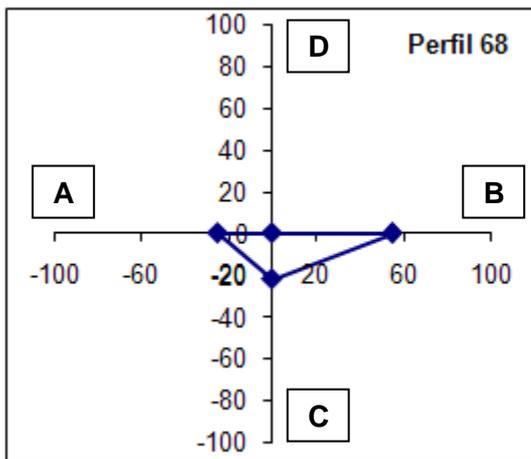
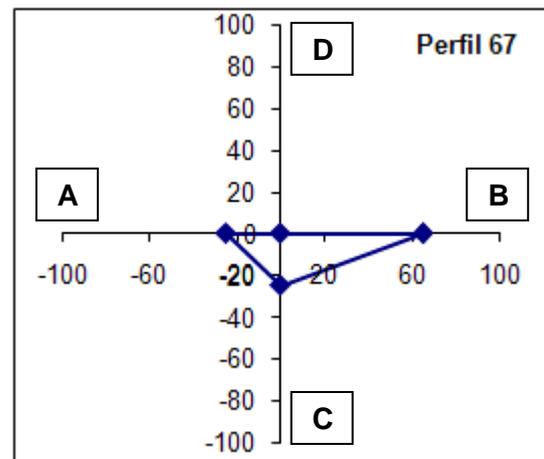
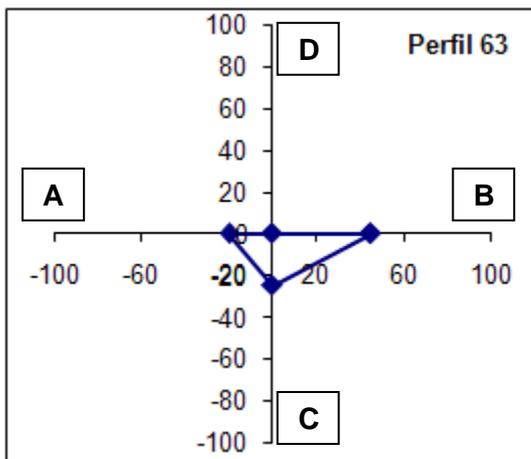
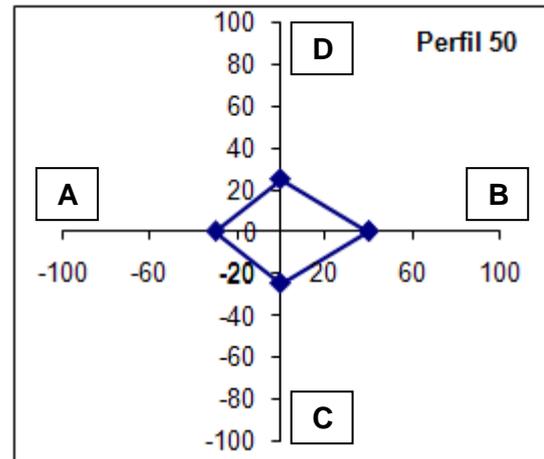
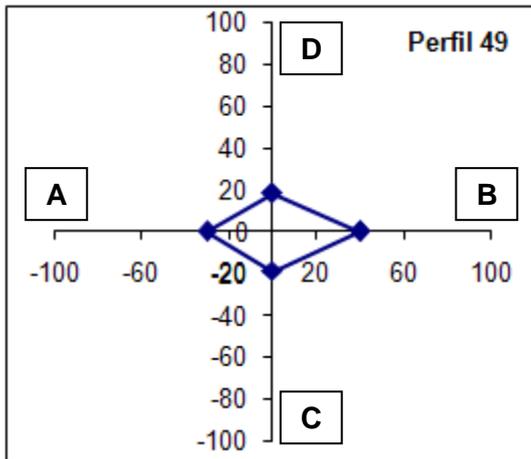
Figura 29: Gráficos 1, 2, 3, 5, 6, 14, 17, 18, 19, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 41, 42, 51, 53, 54, 56, 57, 58, 62, 64, 65, 77, 78, 79, 80 e 81 referentes aos índices de vulnerabilidade mostrados.

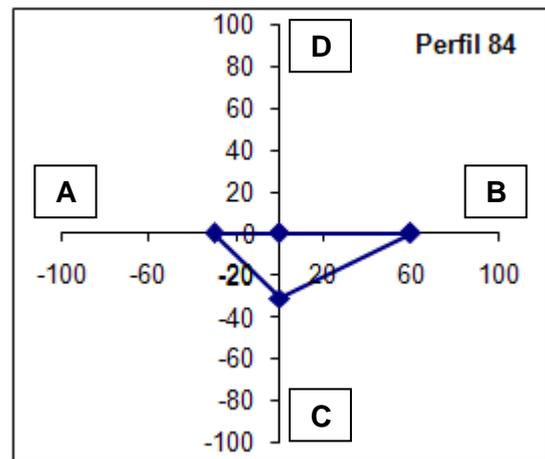
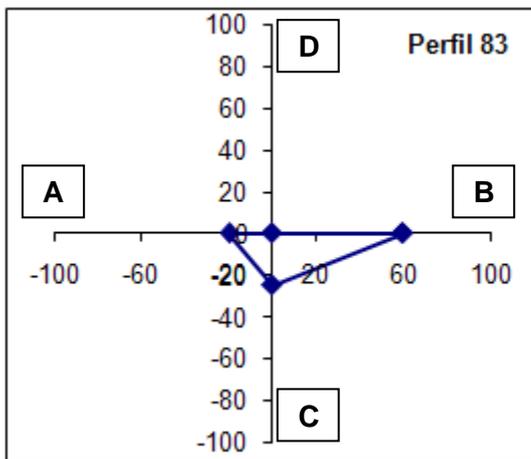
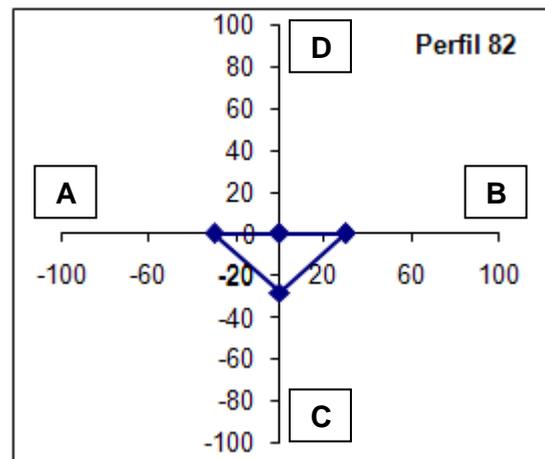
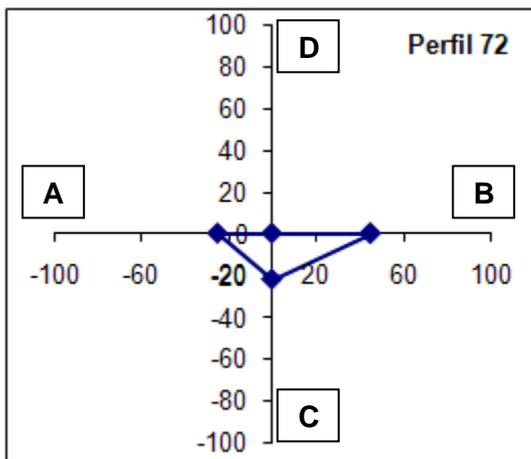
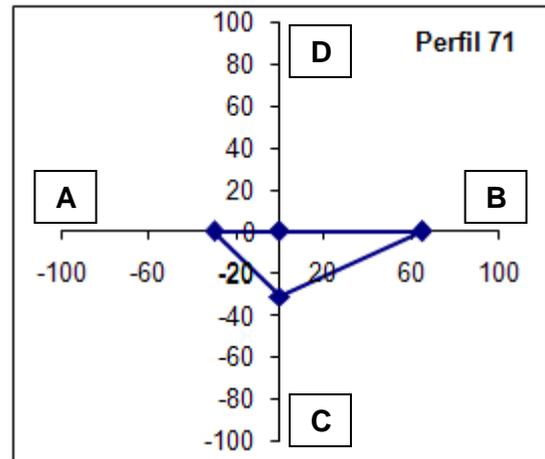
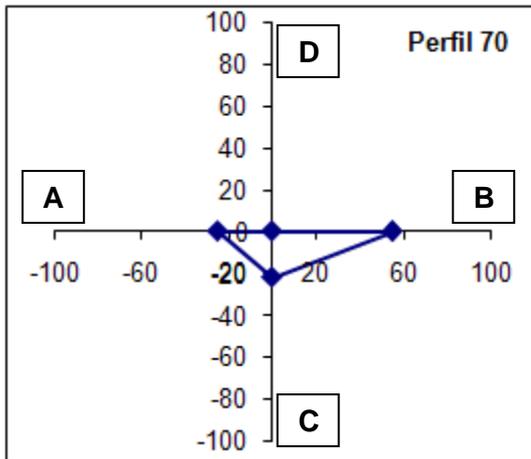
Os Perfis representados pelos gráficos anteriores (1, 2, 3, 5, 6, 14, 17, 18, 19, 32, 34, 35, 36, 38, 41, 42, 51, 53, 54, 56, 57, 58, 62, 64, 65, 78, 79, 80 e 81) apresentaram um aumento significativo em todas as seções, em relação aos perfis

de nível 1 de vulnerabilidade. Já os perfis dos gráficos a seguir (15, 37, 45, 46, 49, 50, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 82, 83, 84, 85 – Figura 30) apresentaram índices de pressão de uso muito baixos ou inexistentes e boas condições de morfologia das dunas.

No entanto seus índices de vulnerabilidade ficaram entre 21 e 32% devido a fatores como presença de muitos sangradouros (Figura 31), vegetação exótica (Figura 32), ausência de dunas embrionárias cobertas por *blutaparon* (planta característica de dunas embrionárias), porcentagem do lado marinho pouco vegetado, aumento da quantidade de brechas e blowouts (Figura 33), e de suas dimensões, pouco suprimento de areia no pós-praia, aumentando desta forma os índices de vulnerabilidade das seções B e C.







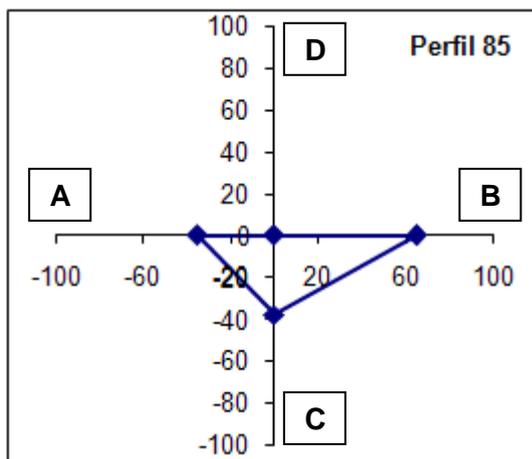


Figura 30: Gráficos 15, 37, 45, 46, 49, 50, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 82, 83, 84 e 85 referentes aos índices de vulnerabilidade mostrados.



Figura 31: Sangradouro de Arroio do Sal, fonte: arquivo pessoal.



Figura 32: Presença de vegetação exótica sobre as dunas frontais, fonte: arquivo pessoal.



Figura 33: Blowout demarcado por tracejado em preto na imagem, fonte: arquivo pessoal.

Analisando as médias de influência de cada seção para os perfis de nível 2 (Figura 34), nota-se um aumento nos valores de todas as seções, com destaque para as seções A e C, quando comparado com as médias do nível 1.

Como já comentado, os perfis entre esses dois níveis são muito semelhantes em Arroio do Sal, sendo diferenciados, no caso dos índices entre 20% e 40%, por parâmetros como presença de vegetação exótica, menor suprimento de areia no pós-praia, presença de blowouts e de brechas na área das dunas e na face frontal de praia e pela ausência de dunas embrionárias.

Mesmo assim, as dunas classificadas nestes intervalos possuem um grau de resiliência bem significativo, tendo como um fator importante o baixo índice ou até mesmo ausência da pressão de uso e ocupação do solo, que muitas vezes, impede a recuperação e estabilização das dunas.

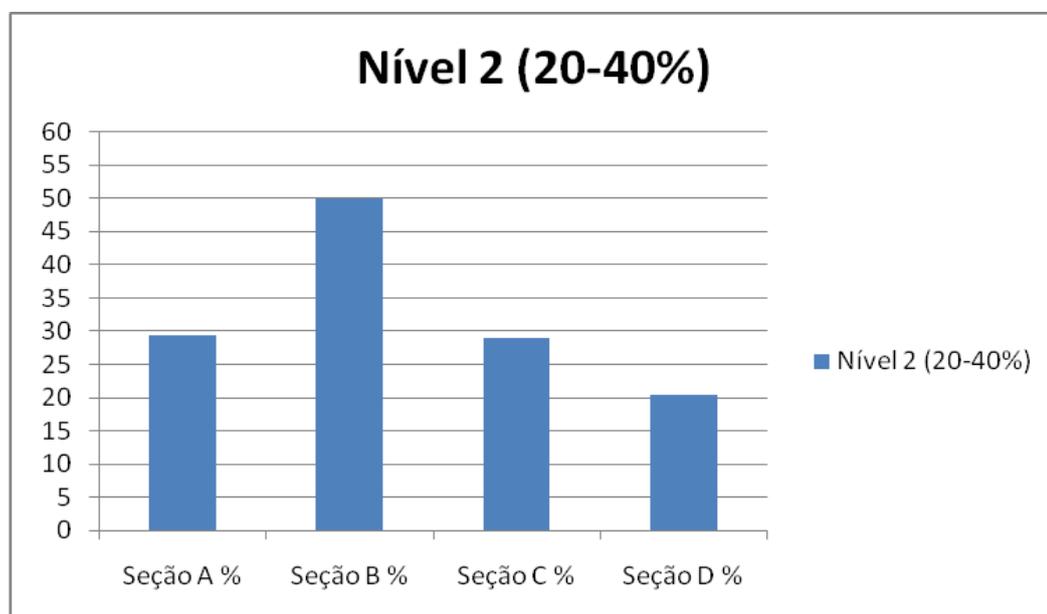
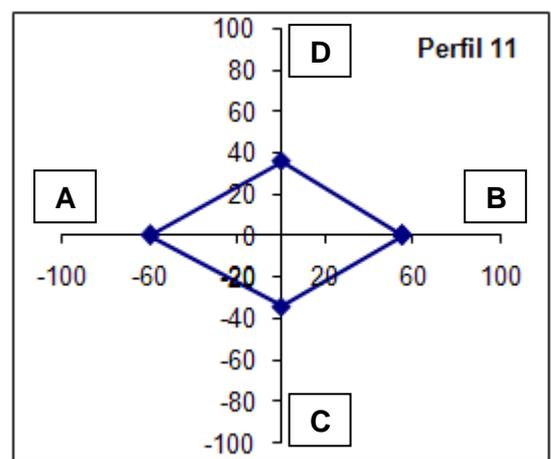
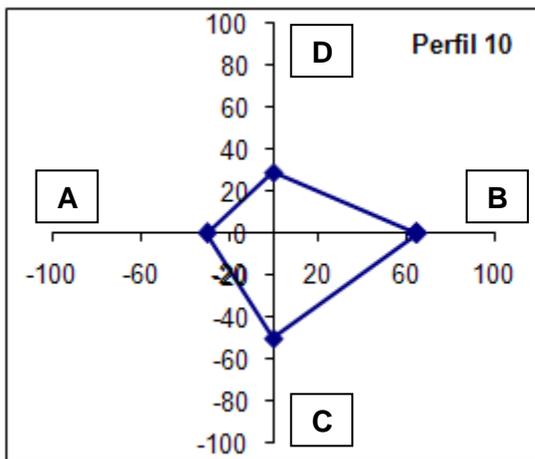
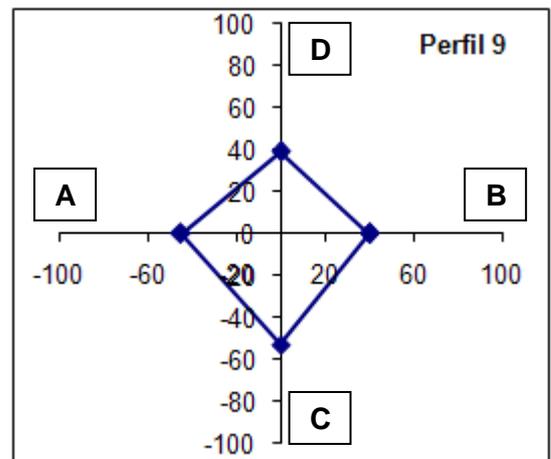
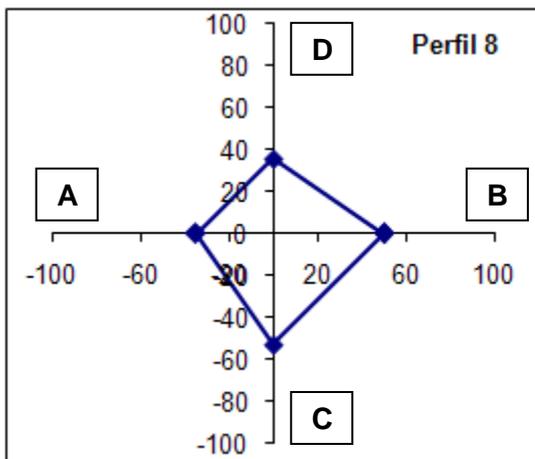
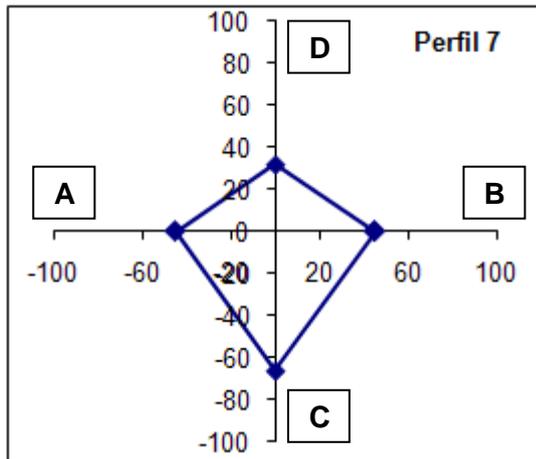
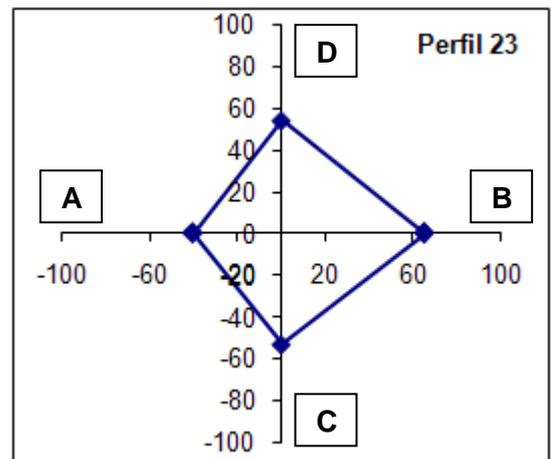
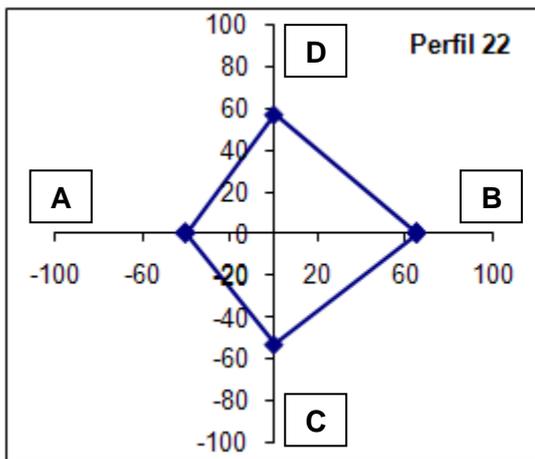
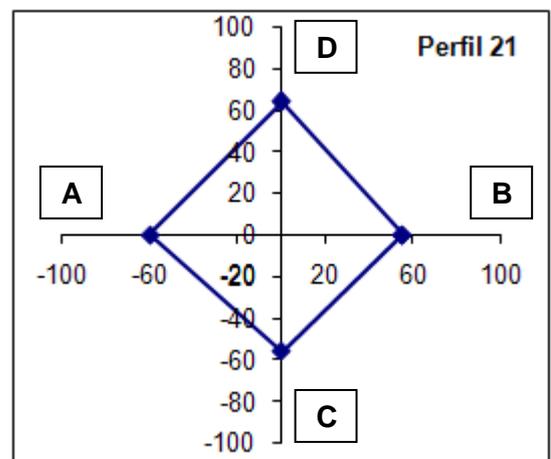
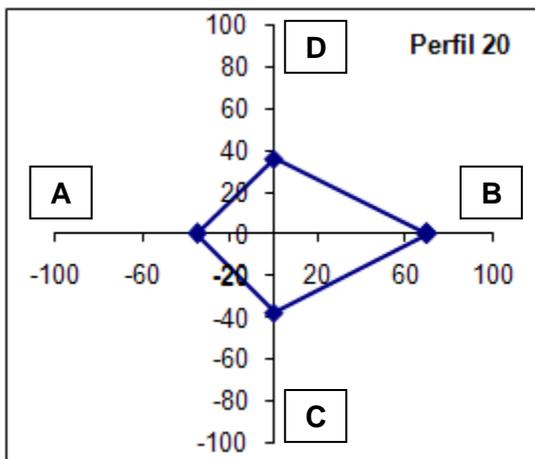
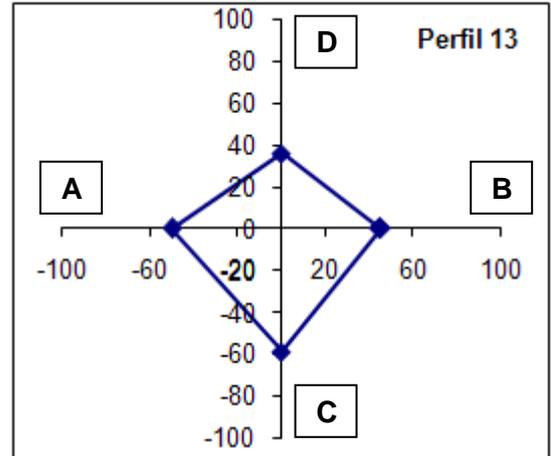
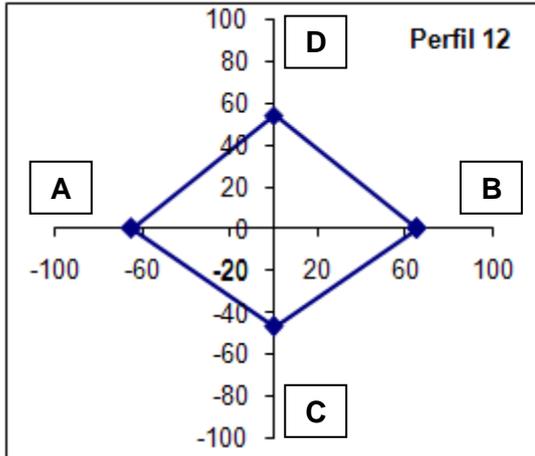
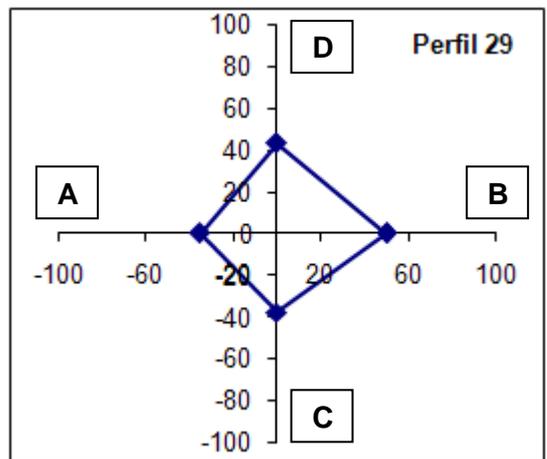
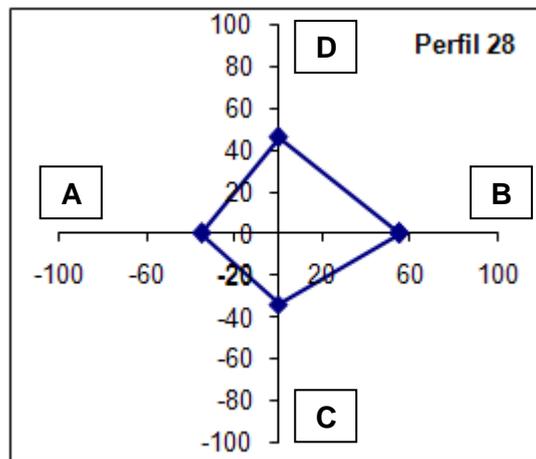
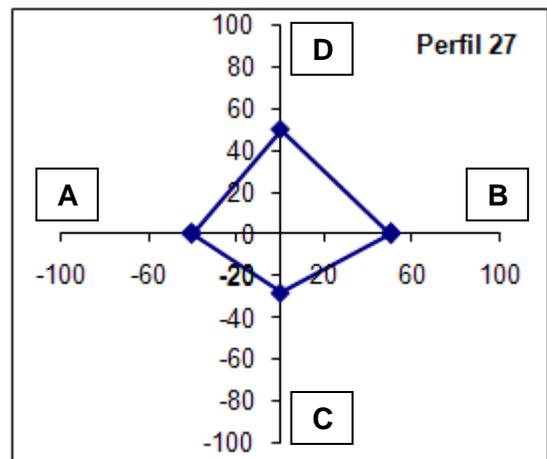
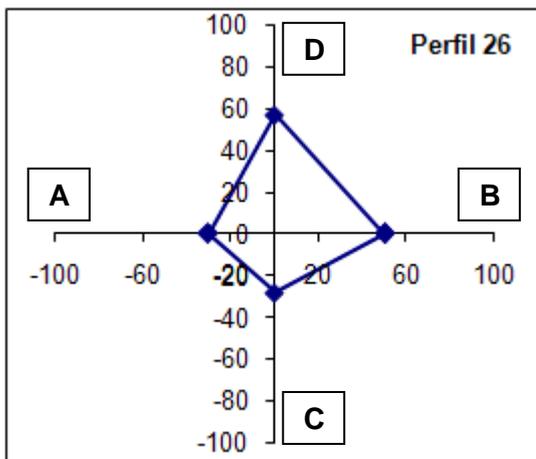
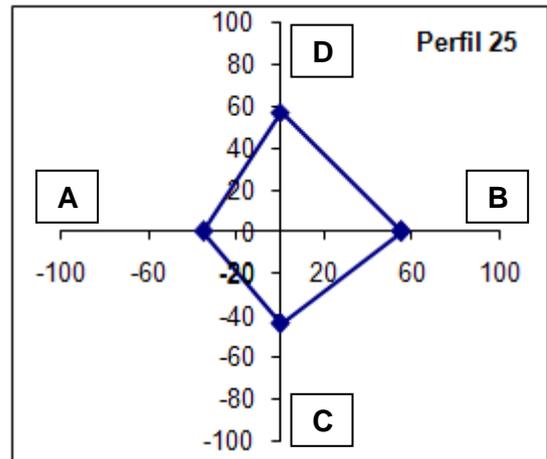
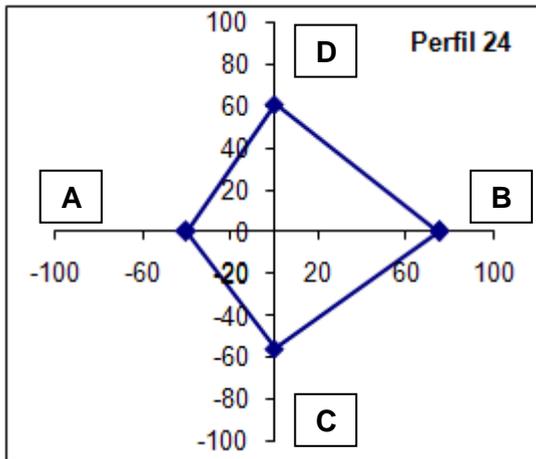


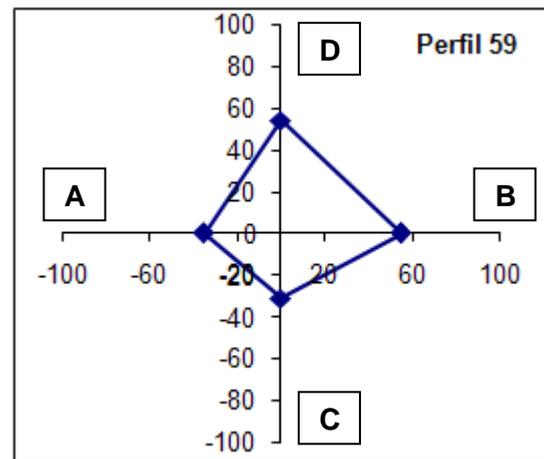
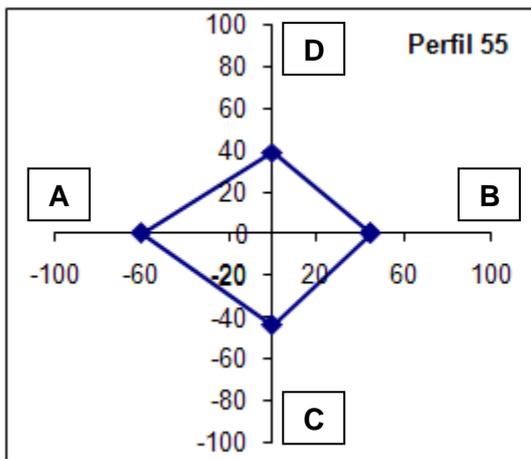
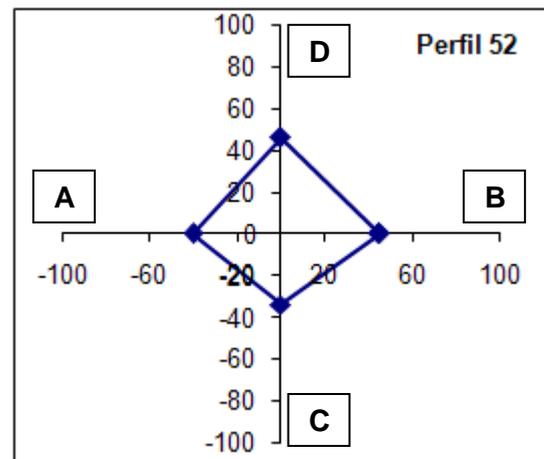
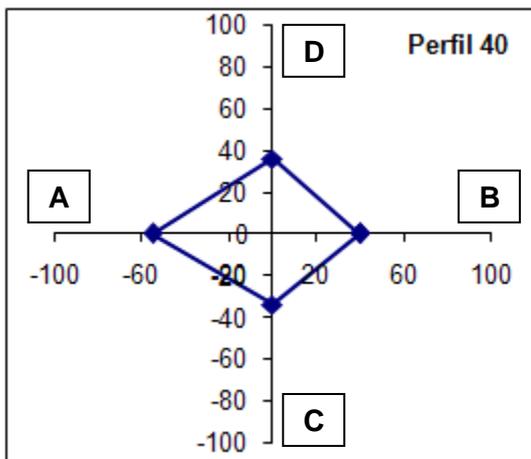
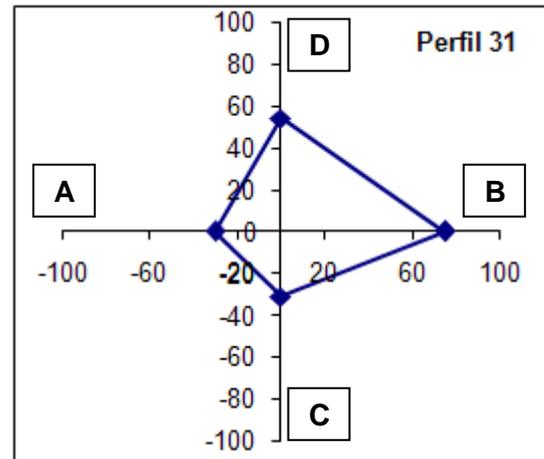
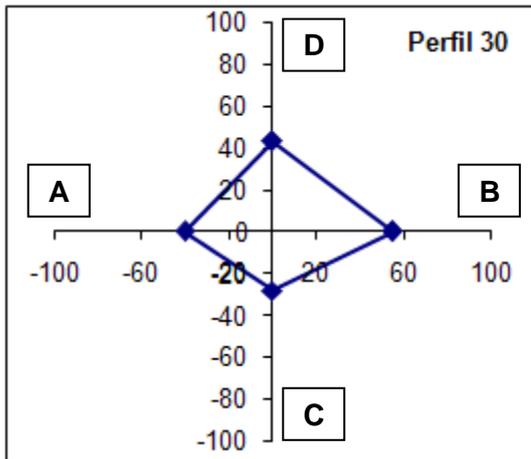
Figura 34: Média de influência das seções para o nível 2 de vulnerabilidade.

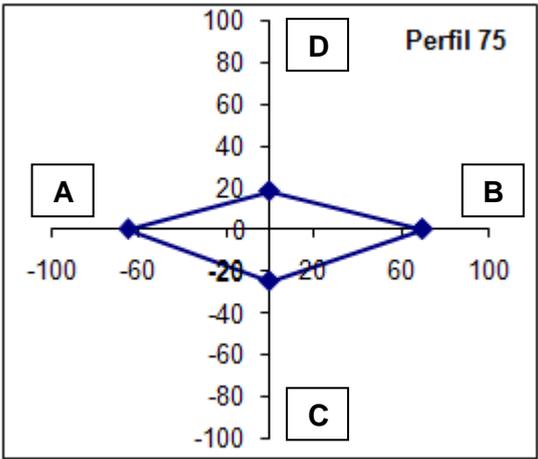
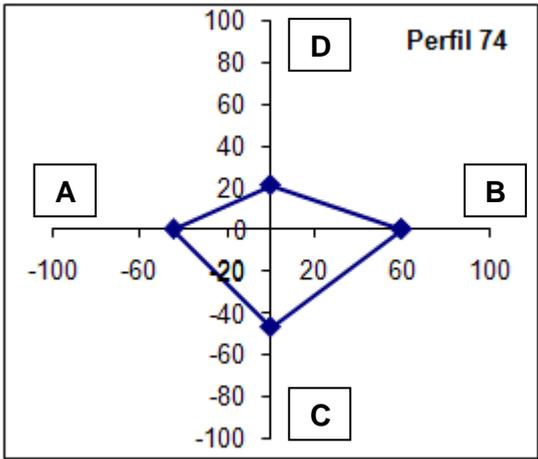
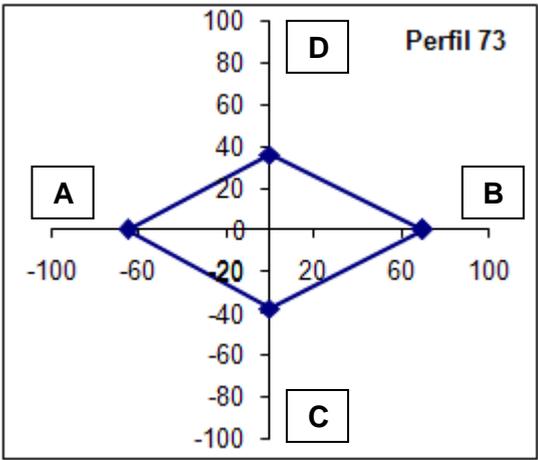
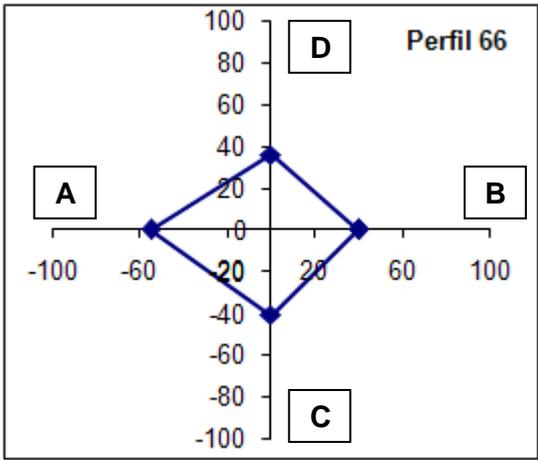
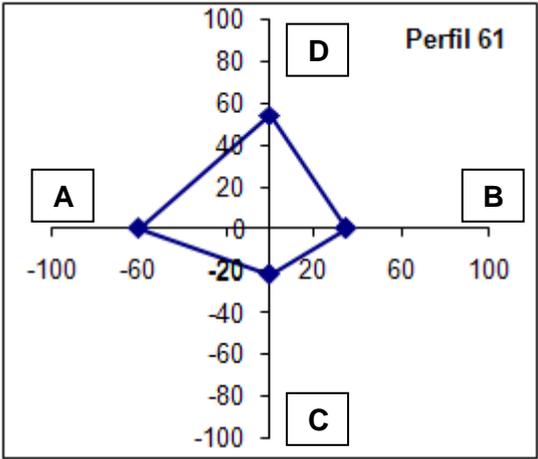
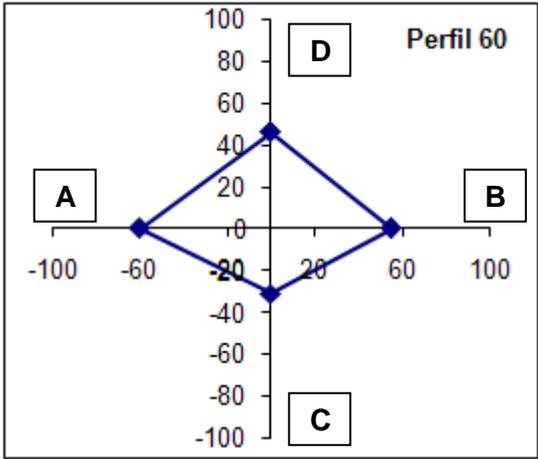
Os próximos perfis representam os maiores índices de vulnerabilidade (Figura 35) das dunas frontais do Município de Arroio do Sal. Notoriamente, a área dos polígonos é maior do que os demais já vistos, indicando um aumento em todas as seções analisadas para estabelecer o nível de vulnerabilidade.











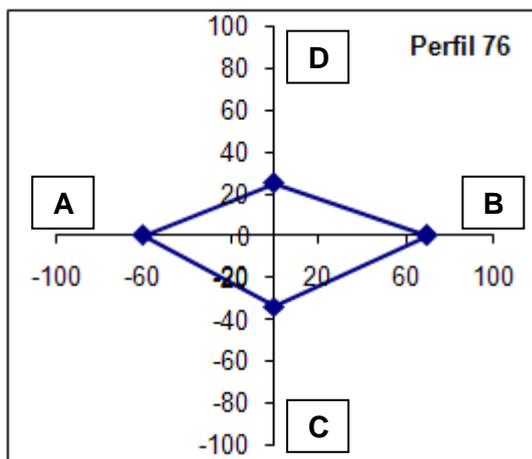


Figura 35: Gráficos 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 40, 52, 55, 59, 60, 61, 66, 73, 74, 75 e 76 referentes aos índices de vulnerabilidade mostrados.

Nestes perfis, as dunas frontais encontram-se em um estado de vulnerabilidade maior (nível 3), sendo que todas as seções obtiveram valores elevados, principalmente os referentes a seção D (pressão de uso). Nesta seção, nota-se a presença de acesso de veículos à praia (Figura 36), muitos acessos de pedestres sobre as dunas (contribuindo para erosão – Figura 37), o avanço de construções sobre as dunas em área de preservação permanente - APP (60 metros a partir da base da duna frontal), o avanço de calçadas e de ruas próximos aos limites da APP, assim como, o aumento da densidade de urbanização já caracterizando uma orla horizontal padrão e não mais do tipo rústica ou com ausência de ocupação.



Figura 36: Acesso para veículos na orla de Arroio do Sal, fonte: arquivo pessoal.



Figura 37: Acesso de pedestres sobre as dunas, fonte: arquivo pessoal.

A figura 38 mostra o significativo aumento da seção D, através das médias de influência de cada seção. E pode-se notar também uma influência da seção A para o

nível de vulnerabilidade dessas dunas frontais terem subido, pois nesses perfis há uma diminuição da área e da largura de dunas.

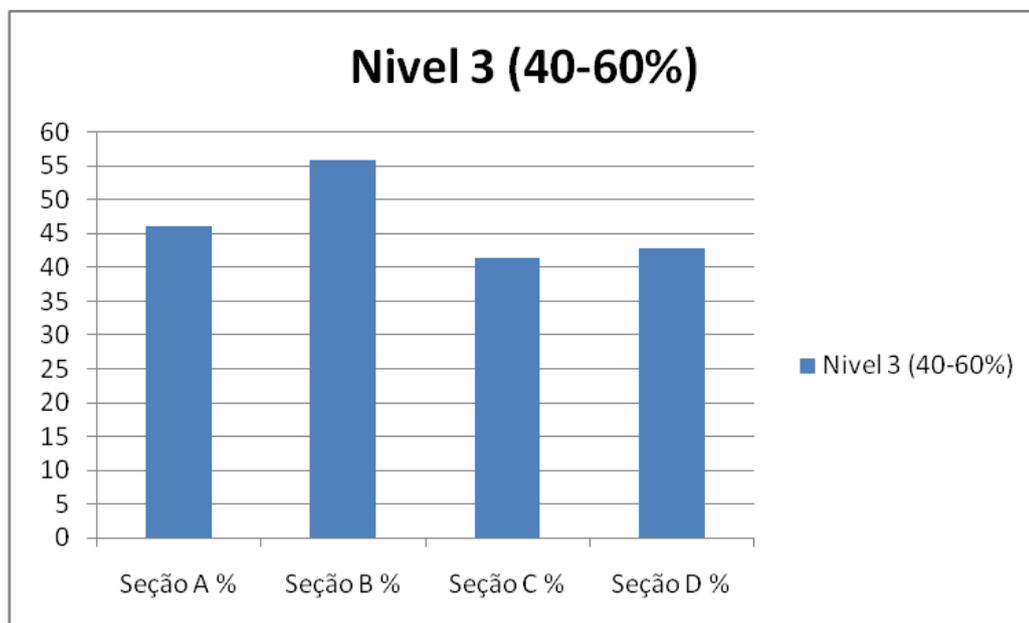


Figura 38: Média de influência das seções para o nível 3 de vulnerabilidade.

O município de Arroio do Sal possui seu sistema de dunas frontais bem preservado se compararmos a outros municípios do Litoral Norte do Rio Grande do Sul como, Xangri-lá e Capão da Canoa. Nesses municípios existem áreas com ausência total do sistema de dunas frontais, aumentando ainda mais os índices de vulnerabilidade da orla desses municípios.

Segundo Jardim (2010), no Distrito Sede de Capão da Canoa, os índices médios, por seção, da lista de controle de vulnerabilidade passam de 60%, como pode ser observado na figura 39.

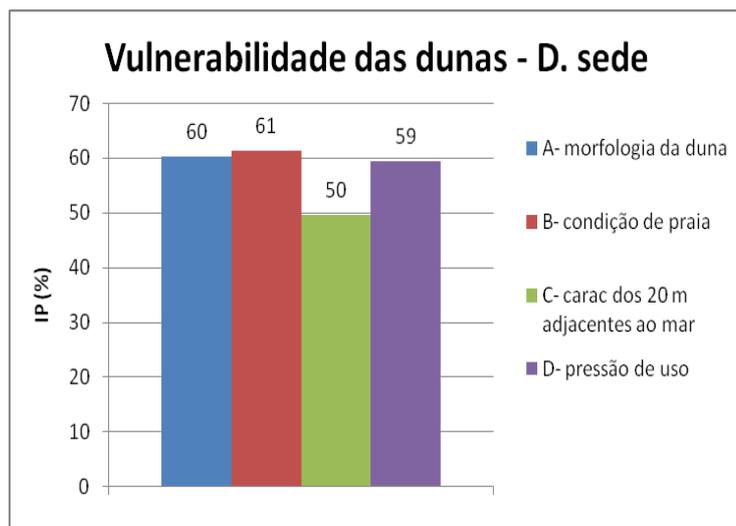


Figura 39: Índices médios de vulnerabilidade por seção para perfis do Distrito Sede de Capão da Canoa (JARDIM, 2010).

Por perfil, em Capão da Canoa, os índices de vulnerabilidade das dunas frontais, passam de 70% em alguns casos (Figura 40), mas no gráfico das médias por seção o índice é suavizado por valores mais baixos de outros perfis.

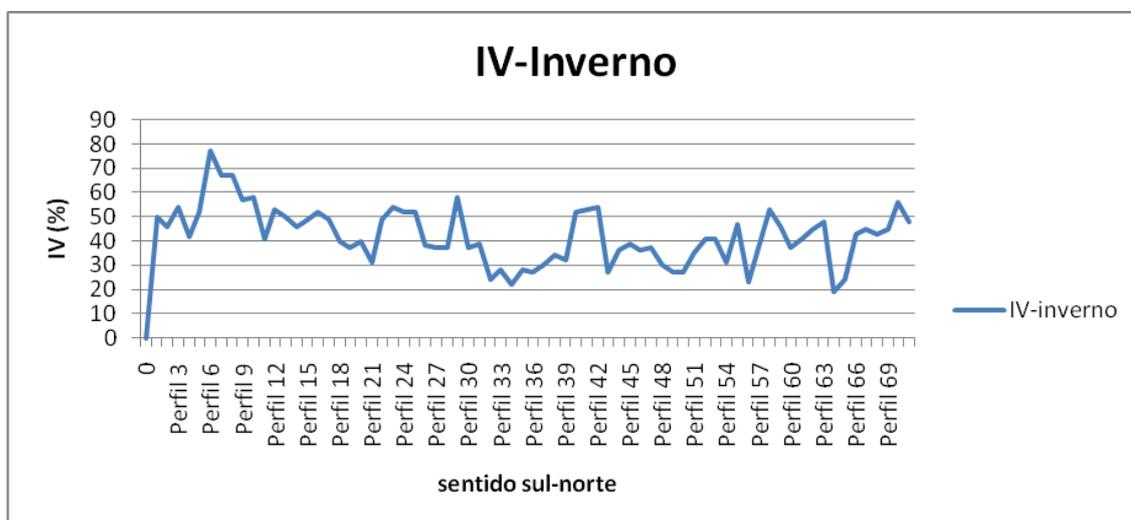


Figura 40: Índices de Vulnerabilidade por perfil para o Município de Capão da Canoa realizado no período de inverno de 2008 (JARDIM, 2010)

Como pode ser conferido nos gráficos dos índices total e por seção (Figuras 41 e 42), Arroio do Sal apresentou índices de vulnerabilidade favoráveis ao sistema de dunas frontais, pois do nível 1 ao 3 seu poder de resiliência ainda é considerado bom, sendo o nível 3 o limiar no grau de recuperação natural.

Podemos observar que o índice de vulnerabilidade máximo alcançado foi de 60% no perfil 21, seguido pelos perfis 24, 12 e 73, que apresentaram índices de 59%, 58% e 50%, respectivamente.

Os perfis com índices mais baixos foram 15, 43 e 44 com 21%, 14% e 14% respectivamente, em virtude de um sistema de dunas mais estáveis, com maior cobertura vegetal, pouco escarpadas, com baixa pressão de uso, sem a influência de sangradouros que colaboram para a erosão das dunas, e onde os efeitos das ressacas não foram tão fortes.

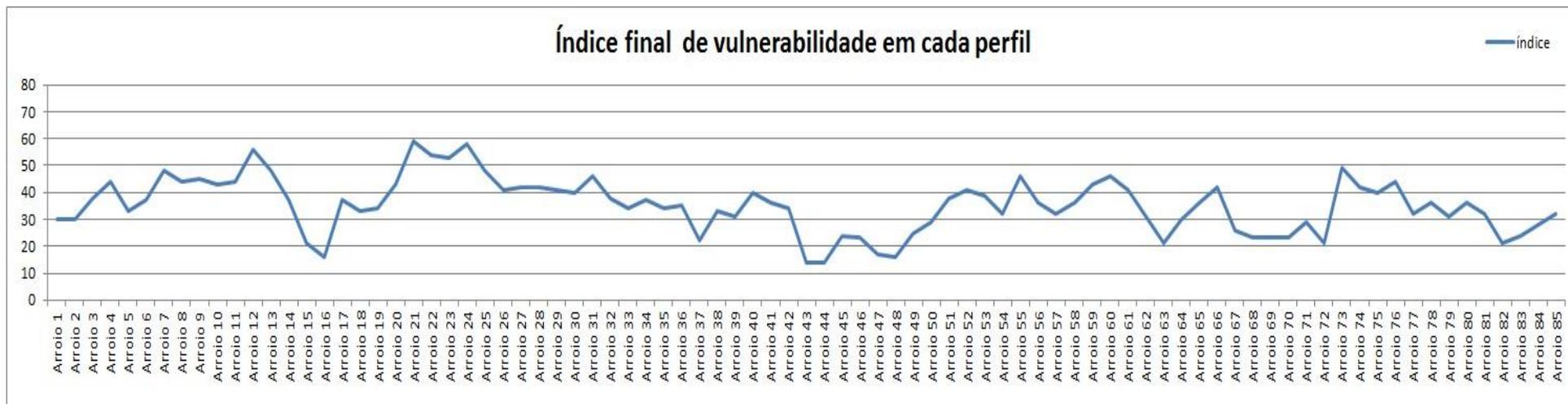


Figura 41: Índice final dos níveis de vulnerabilidade para cada perfil.

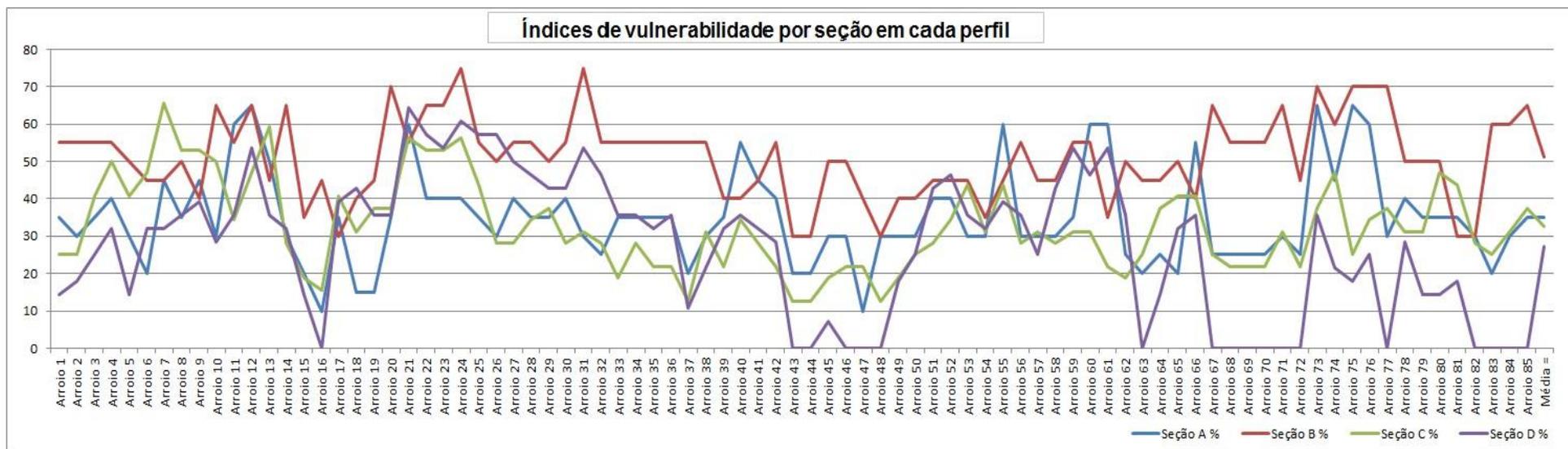


Figura 42: Índices de vulnerabilidade final por seção em cada perfil.

5.1 A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) EM DIAGNÓSTICOS E PLANOS DE MANEJO DE DUNAS

Um Sistema de Informação Geográfica é um sistema informatizado que permite capturar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados.

Este sistema integra e consolida os dados operacionais e históricos, alimentando o processo de tomada de decisões no manejo de dunas com informações gerenciais e estratégicas. Além disso, o SIG também pode integrar os dados de outros órgãos, tais como os dos demais municípios da região, universidades e órgãos governamentais. O uso do SIG ocupa hoje o topo da lista de ferramentas de apoio ao tratamento de informação espacial, existindo atualmente no mercado uma vasta quantidade softwares, cujos problemas de incompatibilidade, outrora críticos, são agora assuntos ultrapassados.

Seu uso torna possível a integração e manipulação de dados de forma rápida e eficaz, de forma que, a geração de informação subsidie tanto o diagnóstico quanto o gerenciamento de informações. A possibilidade de fazer atualizações, alterações e reconstruções de cenários de forma a proporcionar uma visão peculiar do problema discutido e a reavaliação instantânea de qualquer interferência (Weber, 1998).

As principais características dos SIG são:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e representar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

Os produtos finais devem cumprir funções básicas como a referência geográfica dos elementos que os constituem, seja utilizando um sistema de

coordenadas ou utilizando diversos elementos de referência geográfica como as redes viárias, ferroviárias e hidroviárias.

As zonas costeiras apresentam um caso especial para a manipulação e gestão de informação geográfica, porque elas constituem a zona de interfase entre dois tipos contrastantes de ambiente (Tolvanen, 2008). O SIG fornece uma valiosa forma de obter as informações de diferentes zonas costeiras e comunicá-las.

O uso desta ferramenta tem sido aplicado nos mais diversos trabalhos em gerenciamento costeiro no mundo como na *Catalonia*, Espanha para dar suporte a decisões governamentais, em virtude da pressão exercida pela indústria do turismo (Sarda *et al*, 2005); em *Bay of Plenty*, Nova Zelândia, para dar suporte ao desenvolvimento sustentável da aquacultura (Longdill *et al*, 2008); em *Coquina Beach*, Estados Unidos, utilizando SIG para modelar o sistema de dunas em virtude da erosão ocasionada, frequentemente, pelas tempestades (Andrews *et al*, 2002); e em *Lake Huron*, Canadá, utilizando SIG para monitorar a formação e evolução de corredores de deflação no sistema de dunas (Decha *et al*, 2005).

Para os municípios, as vantagens se encontram na facilitação de armazenamento dos dados num formato físico compacto, podendo ser mantidos e extraídos a um custo menor e com uma maior velocidade; as informações gráficas e não gráficas podem ser integradas e manipuladas simultaneamente; além do acompanhamento da evolução dos projetos de manejo, recuperação ou aceleração de degradações.

A estrutura do SIG permitirá a atualização rápida dos bancos de dados e dos produtos básicos gerados e automaticamente gerará todos os produtos intermediários e finais.

Com a identificação das pressões, das modificações ambientais e dos impactos das atividades antrópicas na ZC, as respostas e as ações de políticas públicas poderão ser melhor direcionadas rumo à implementação de um Gerenciamento Integrado da Zona Costeira mais consistente, que possa conduzir a um desenvolvimento sustentável mais efetivo.

Neste trabalho foi utilizado o software Arcgis[®], onde foi possível: realizar um melhoramento das imagens através da vetorização das características da orla e de dados coletados em campo (Figuras 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 e 50), indicar os índices de vulnerabilidade por perfil, realizar o cálculo das áreas e largura das dunas frontais, apontar áreas de conflitos e limites de áreas de preservação, inserir dados de localização do município, como nomes de balneários. Neste sentido, construindo um banco de dados para o trabalho e facilitando a sua visualização.

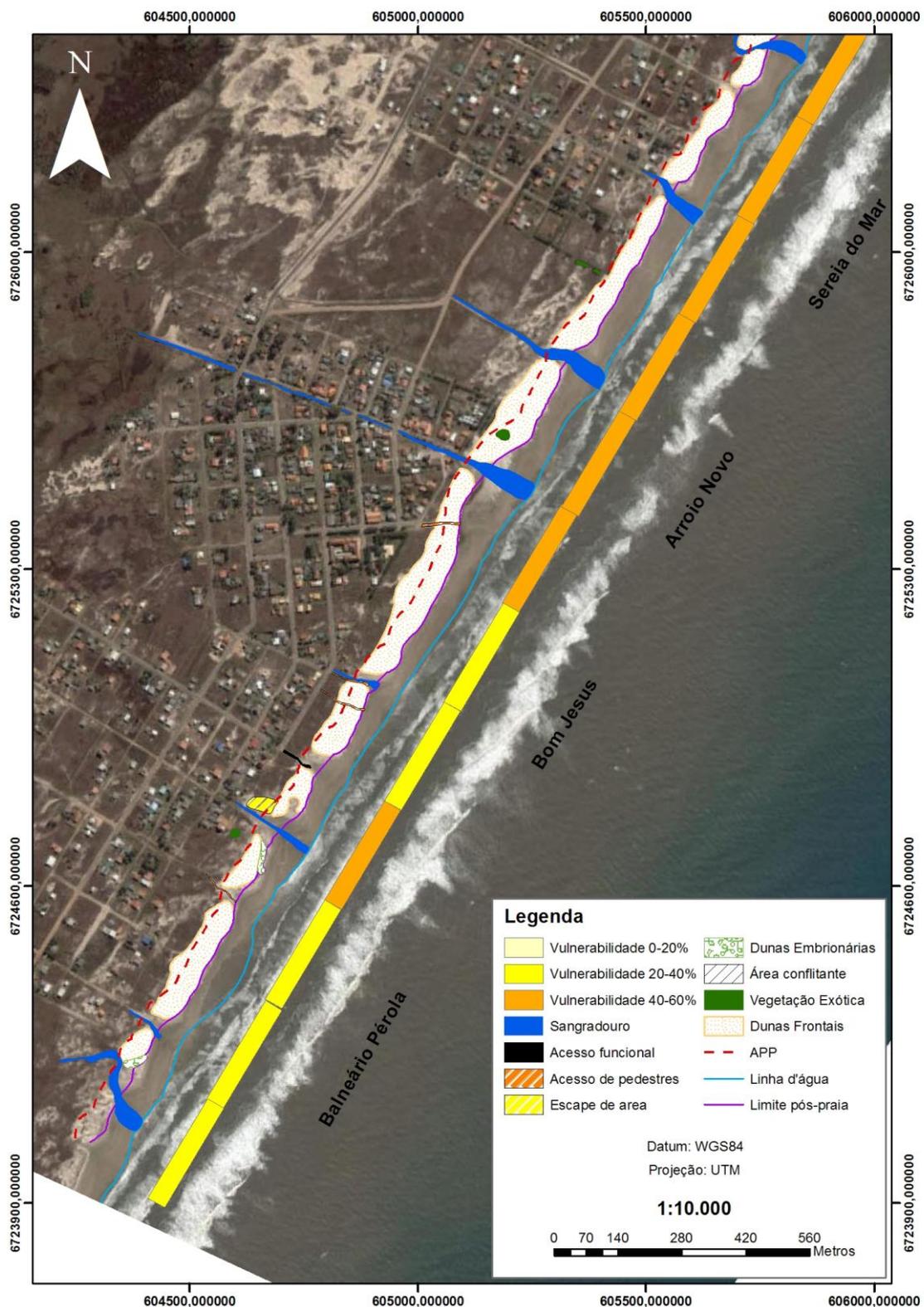


Figura 43: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários Pérola à Sereia do Mar.

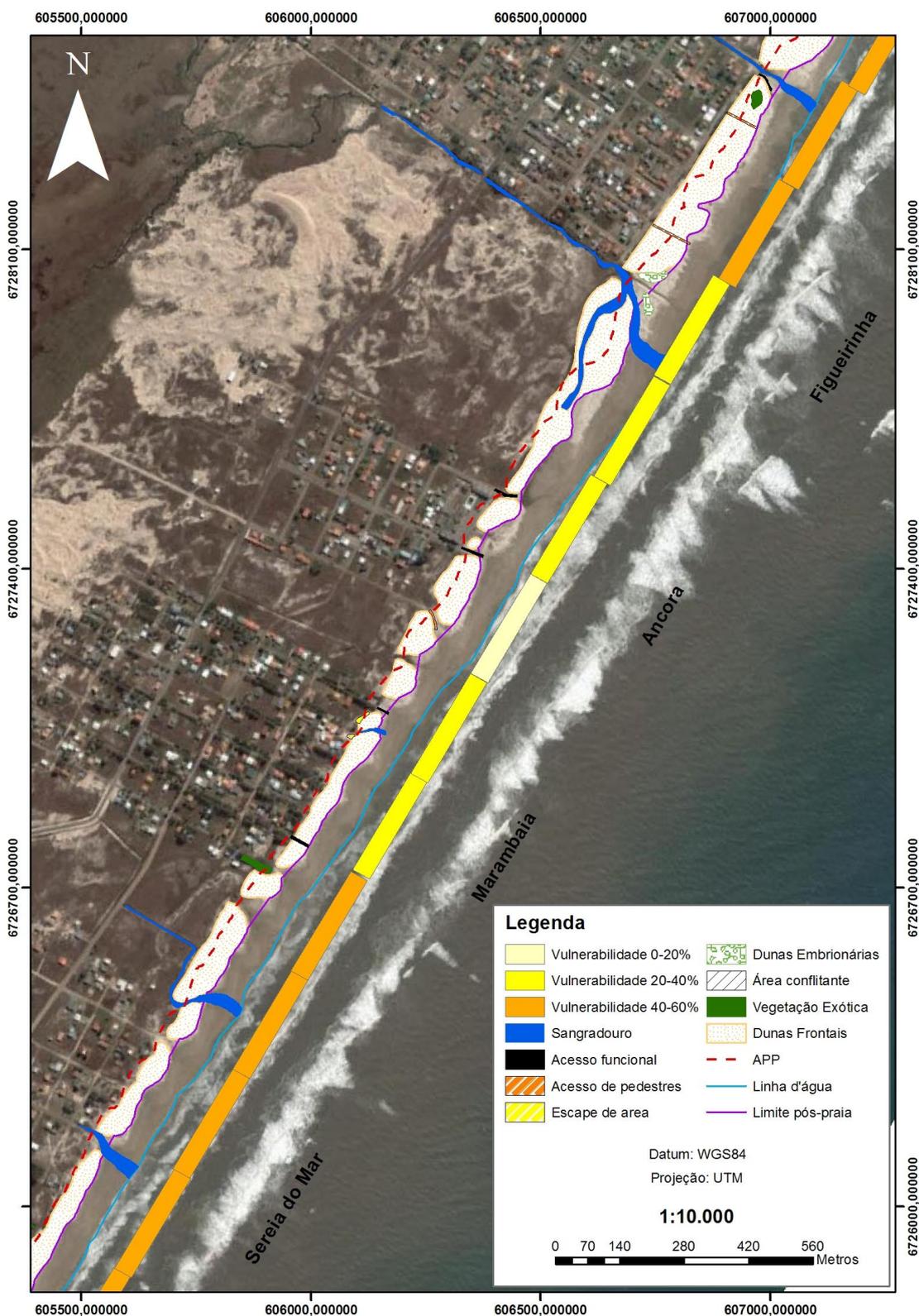


Figura 44: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de Sereia do Mar à Figueirinha.

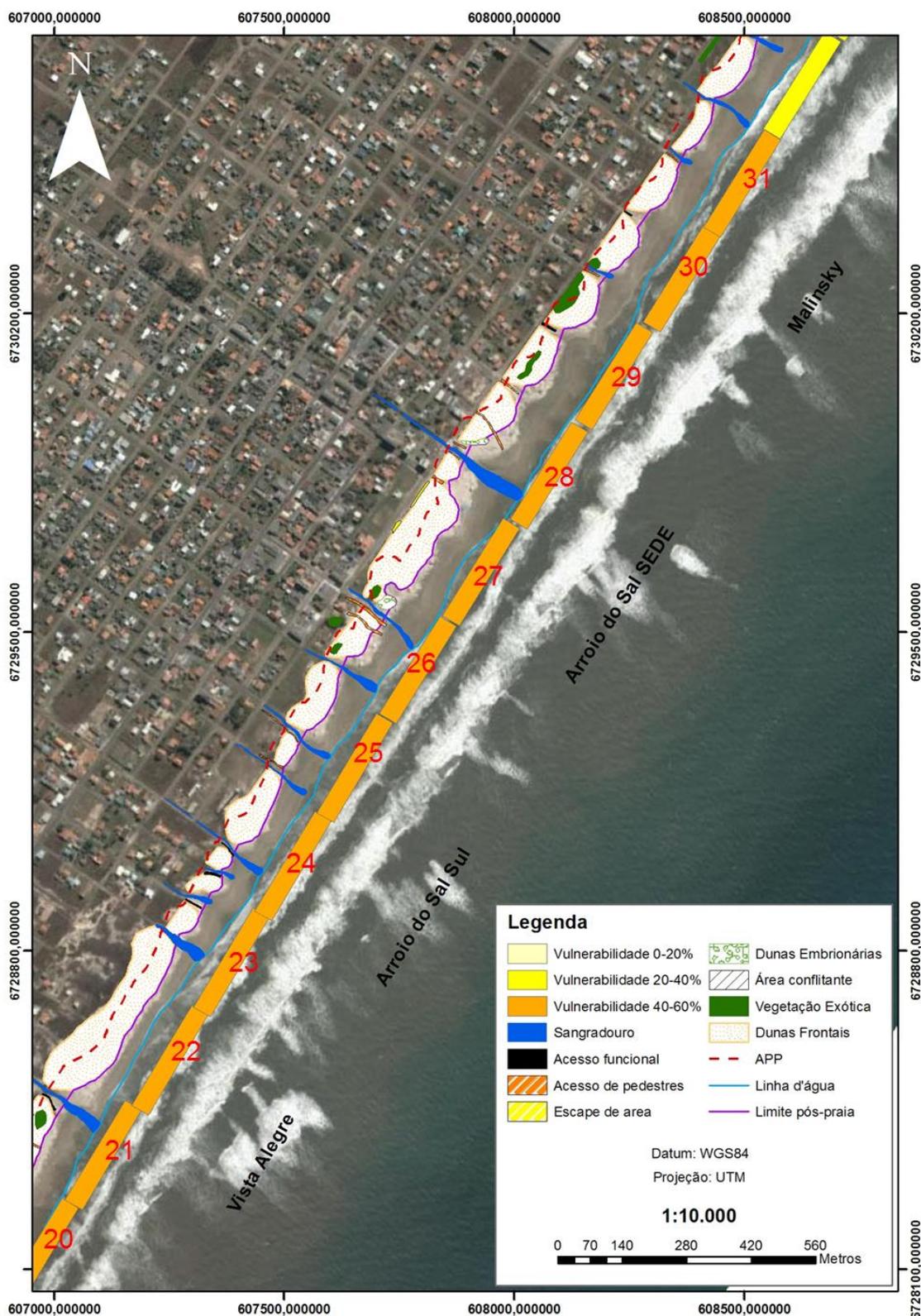


Figura 45: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de Vista Alegre à Malinsky.

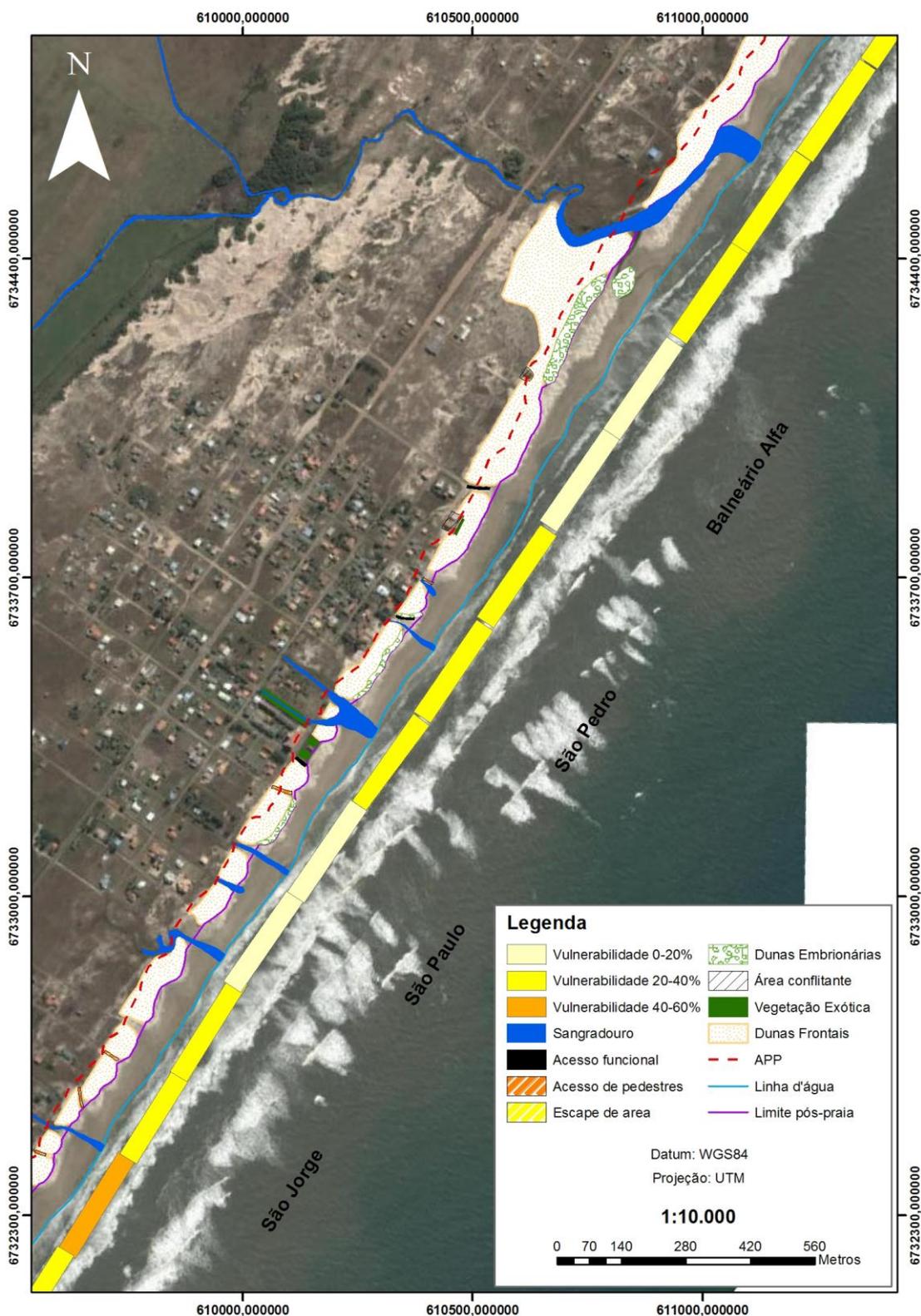


Figura 46: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de São Jorge à Alfa.

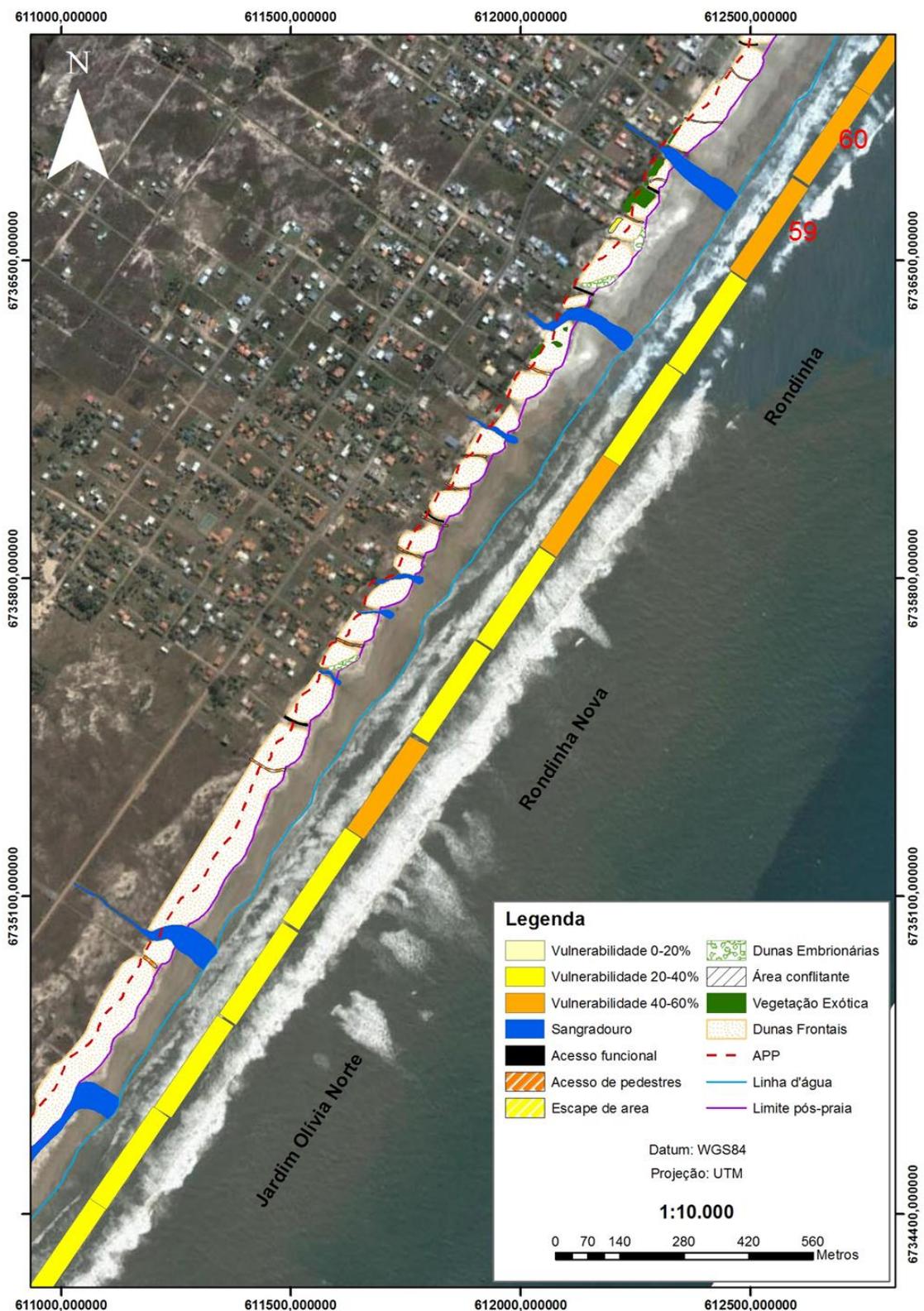


Figura 47: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de Jardim Olívia do Norte à Rondinha



Figura 48: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de Tupancy à Praia Azul.

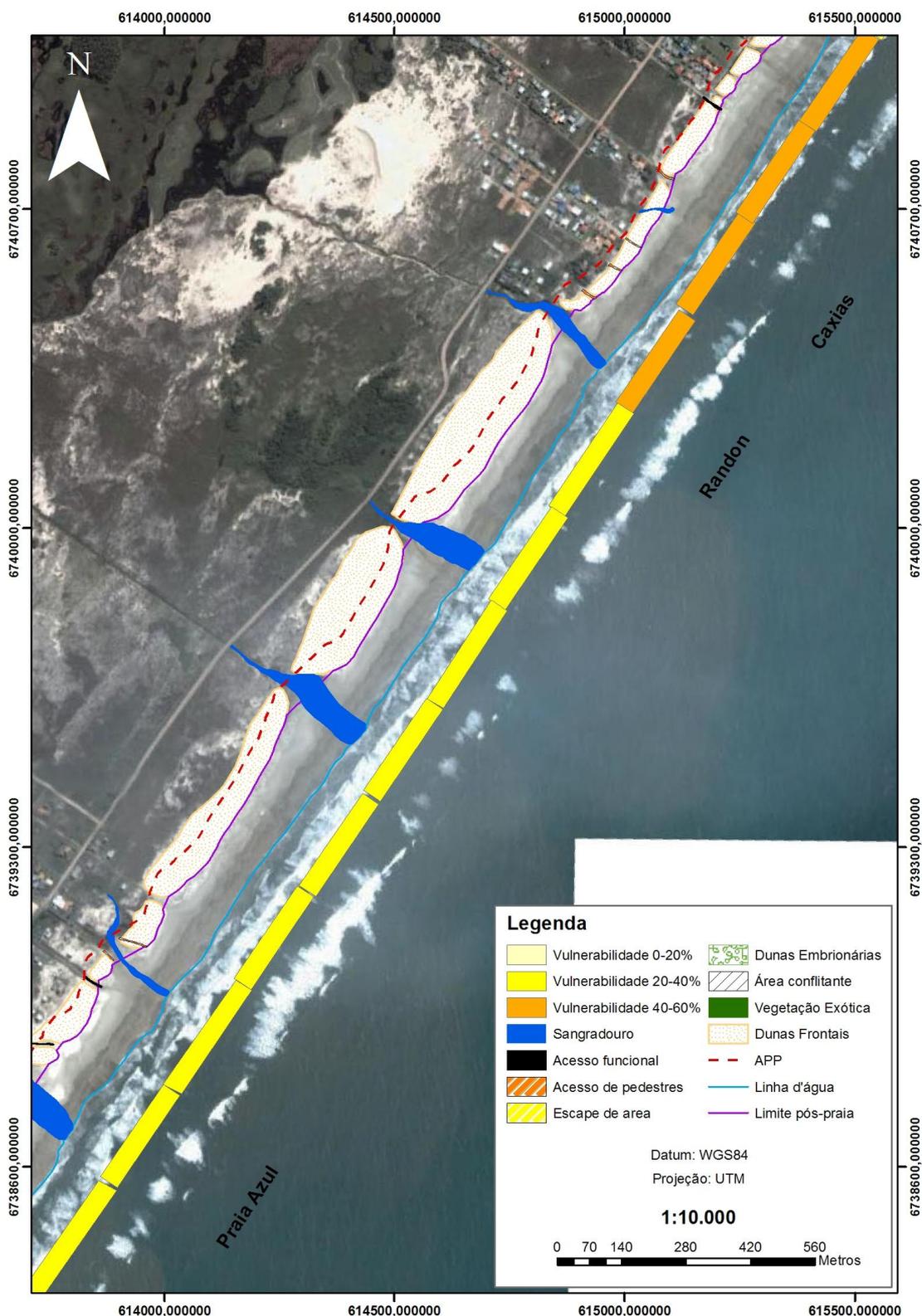


Figura 49: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de Praia Azul à Caxias.

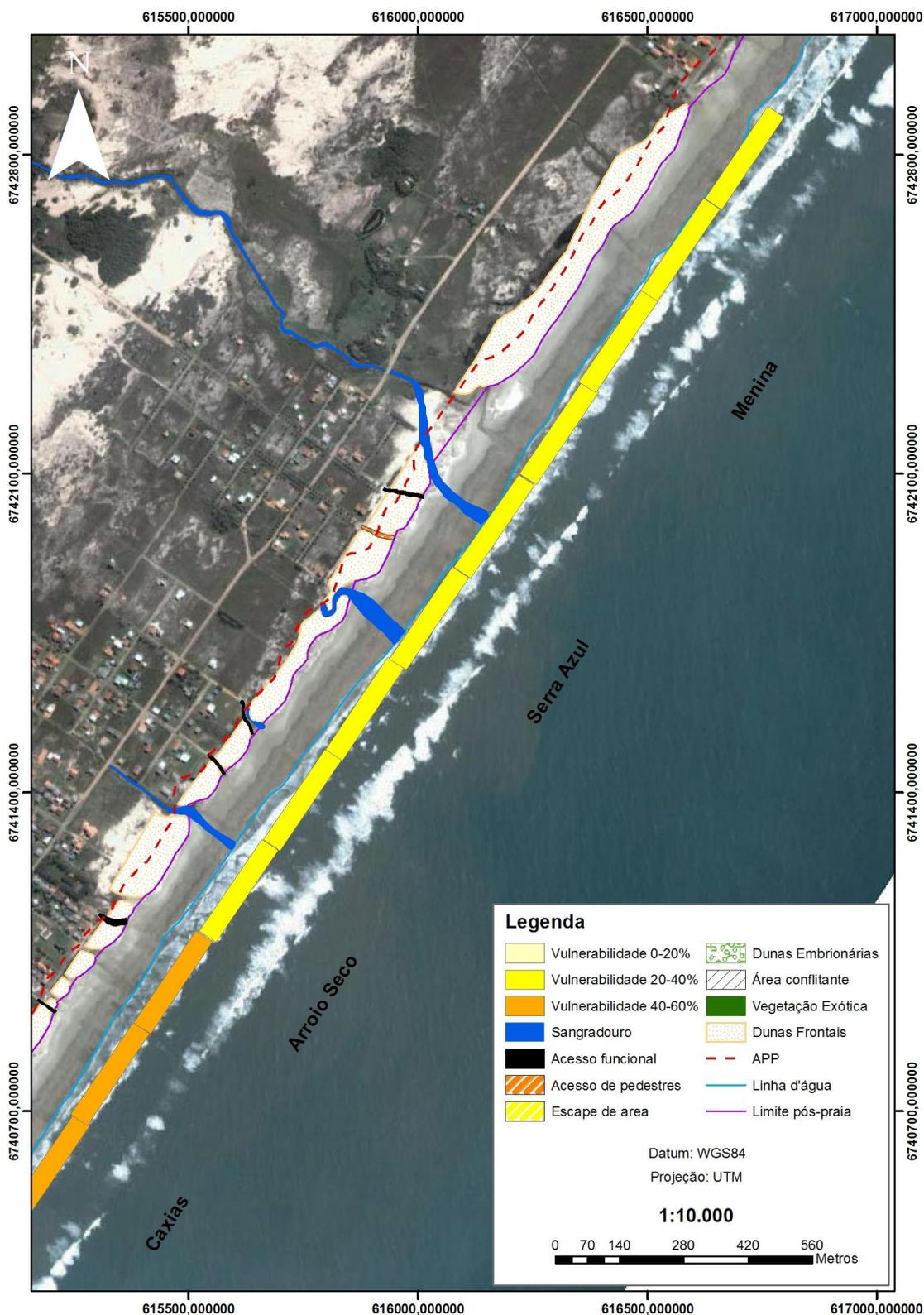


Figura 50: Imagem extraída do sitio do Google Earth® disposta no sentido sul-norte vetorizada com as características atuais da orla utilizando o software Arcgis®, abrangendo os Balneários de Caxias à Menina.

5.2 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA UM PLANO DE MANEJO DE DUNAS FRONTAIS

Uma das funções apontadas pelo uso desta lista de controle de vulnerabilidade (*checklist*) é a de identificar áreas prioritárias a um manejo de dunas frontais.

Portando, com base na observação realizada em campo e nos índices de vulnerabilidade gerados em ambiente laboratorial, foram identificadas duas áreas prioritárias ao manejo, devido aos altos índices de vulnerabilidade e ao grau de importância e de uso da orla, sendo elas:

- Área correspondente aos perfis de números 20 à 31 (Figura 45 – Balneário de Arroio do Sal Sede). Essa área foi escolhida devido aos índices de urbanização e utilização deste espaço, uma vez que está localizada na área central do Município, e sofre com uma maior pressão de uso, durante o verão. Outro fator determinante para escolha desses perfis está relacionado com o fato da área oferecer uma melhor estrutura para turistas, como hotéis a beira-mar (Figura 51), praças de recreação (Figura 52), construções de quiosques no verão (Figura 53) e farol (Figura 54).
- A segunda área corresponde aos perfis de números 59, 60 e 61 (Figuras 47 e 48 – Balneário Rondinha e Tupancy). Essa área foi escolhida devido aos índices de vulnerabilidade apontados pelo *checklist*, e, além disso, devido à proximidade desta ao Parque Tupancy, área com alta importância ecológica e grande interesse imobiliário. Sendo de extrema importância, tanto a preservação do Parque, quanto o da orla é necessário a manutenção de uma área “tampão” como forma de prevenção à danos causados por efeitos físicos ou antrópicos. Assim, a utilização de um plano de manejo que comporte as necessidades da orla nessa área, servirá de apoio na busca de sua conservação.



Figura 51: Hotel D'Itália à beira-mar de Arroio do Sal, localizado em Arroio do Sal Sede, fonte: arquivo pessoal.



Figura 52: Praça para recreação à beira-mar localizada em Arroio do Sal Sede próximo ao sul do farol, fonte: arquivo pessoal.



Figura 53: Estrutura para construção de quiosque no pós-praia, localizado em Arroio do Sal Sede em frente ao Hotel D'Itália, fonte: arquivo pessoal.



Figura 54: Farol de Arroio do Sal, atrativo turístico do município localizado em Arroio do Sal Sede, fonte: arquivo pessoal.

5.2.1 AÇÕES DE MANEJO PARA AS ÁREAS PRIORITÁRIAS

Apesar das experimentações, no sentido de recuperação das dunas, terem avançado nos últimos anos no Brasil, ainda existe uma incerteza e pouca informação sobre estratégias bem sucedidas.

Considerando as condições atuais do sistema de dunas do município, uma das alternativas para sua recuperação e, conseqüentemente, para reduzir os efeitos da erosão, seria a utilização de métodos não estruturais. Estes métodos se baseiam em ações onde não se utilizem estruturas rígidas como espigões, quebra-mar e assemelhados.

Todos os programas internacionais preconizam o controle das atividades recreativas nas áreas de uso intensivo das praias, a fim de evitar a destruição das dunas e sua vegetação. Em Arroio do Sal, isto pode ser impedido em grandes extensões, a partir da instalação de cercas na periferia do campo de dunas, direcionando os acessos transversais ao vento dominante (no RS, vento de nordeste) e a construção de passarelas sobre as dunas ou estrados de madeira pelo chão.

Sendo o posicionamento da urbanização, o fator preponderante no impacto sobre o sistema de dunas nos perfis 20 à 31 (Balneário de Arroio do Sal Sede, figura 45) são de extrema necessidade as ações de controle e ordenamento dos acessos à praia, restringindo os caminhos de pedestres e veículos e outras atividades na orla.

Com relação à diminuição da vegetação e conseqüente escape de areia para as avenidas e para as residências próximas das dunas, são indicadas ações que colaborem com a permanência da areia sobre o sistema, como a colocação de cobertura morta (cascas de árvores ou mesmo galhos secos, sem presença de sementes que poderão germinar) e posterior plantio de vegetação nativa (*Panicum racemosum* e *Senecio crassiflorus*).

Com relação aos perfis 59, 60 e 61 (próximos ao parque Tupancy, figuras 47 e 48) a recomendação é o controle do avanço da urbanização sobre as áreas de

dunas e do próprio Parque, pelas autoridades e pela comunidade. Outro fator a ser considerado, é a existência de muitos sangradouros nessa área, tendo como estratégia de manejo para estes casos, o preenchimento das dunas adjacentes aos sangradouros, devido a erosão causada pelos mesmos. O preenchimento das dunas deve ser reforçado com o plantio de vegetação nativa e colocação de cobertura morta, para melhor estabilização da duna.

Paralelamente a todas estas ações e para o sucesso do plano de gestão, é necessária uma estratégia de informações para a comunidade e de programas de sensibilização pública, pois somente preservamos e colaboramos com ações de melhoria quando compreendemos a real necessidade destas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As zonas costeiras tem se mostrado cada vez mais suscetíveis às ações antrópicas e aos efeitos físicos, como as marés e os efeitos de tempestade.

O estudo de vulnerabilidade de dunas está baseado na aplicação do *checklist* adaptado de WILLIAM *et al.*, 2001, sendo esta uma importante etapa antecedente ao planejamento, pois a identificação dos conflitos existentes na orla de um município costeiro, facilita a seleção de técnicas de manejo e de controle do uso do espaço, na intenção de solucionar os problemas de degradação desse ecossistema costeiro.

Dessa maneira, o diagnóstico de vulnerabilidade das dunas frontais feito através desta metodologia, se torna bastante confiável no sentido de apontar os conflitos existentes na orla. A delimitação do problema ocorre de forma rápida e econômica, possibilitando fácil acesso e interpretação das informações elaboradas, auxiliando os gestores e a comunidade na identificação dos parâmetros que mais alteram o equilíbrio desses sistemas naturais.

No caso de Arroio do Sal, o município apresenta uma orla bem extensa e bastante preservada, com sua área de dunas frontais ainda pouco comprometida, quando comparada com a orla de outros municípios do Litoral Norte gaúcho. Foi constatado que, em Arroio do Sal, os maiores problemas de erosão das dunas são causados por efeitos físicos como os efeitos de marés, ondas causadas por ressacas, deslocamento de sangradouro, plantio de vegetação exótica e pela falta de planejamento para a orla. Tais problemas de erosão foram constatados através da observação em campo e dos resultados analisados em laboratório, onde as seções B e C do *checklist* foram determinantes para o aumento dos índices de vulnerabilidade das dunas frontais.

Com o intuito de preservar este ambiente, deve-se realizar o controle das atividades de uso da orla e a recuperação das áreas degradadas com a utilização de estratégias de manejo, tais como: instalação de esteiras de contenção, plantio de vegetação nativa e retirada de vegetação exótica, controle para que não ocorra um

avanço da urbanização sobre as áreas das dunas frontais, instalação de passarelas sobre as dunas e de acessos funcionais para carros oficiais (ex: veículos autorizados, como ambulâncias, fiscalização e policiamento).

É importante que haja uma continuidade no levantamento e monitoramento da vulnerabilidade das dunas frontais deste município e do campo de dunas, principalmente em áreas com presença da vegetação de Mata Atlântica, ainda preservadas. Esse monitoramento deve ser realizado sazonalmente para uma comparação e análise do comportamento do sistema dunal, frente aos efeitos físicos e antrópicos.

Como sugestão para trabalhos futuros, seria fundamental a realização do levantamento dos mesmos parâmetros deste trabalho, para o verão de 2011, após a temporada de veraneio, assim como a continuidade para os próximos anos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWS, B.D., Gares, P.A., Colby, J.D. 2002. **Techniques for GIS modeling of coastal dunes**. *Geomorphology*, 48, 289–308.
- BRASIL. **2º Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC II)**. Brasília: CIRM/MMA. 2001.
- BRASIL. **Estimativa Populacional, 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> acesso em 02 dez 2010.
- BRASIL. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil na Escala da União**. Brasília: MMA/Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro, 2009.
- BRASIL. **Projeto Orla: fundamentos para a gestão integrada**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – Secretaria do Patrimônio da União, 2002.
- CARTER, R.W.G.; HESP, P.; NORDSTROM, K.F. (1990). Erosional landforms in coastal dunes. In: NORDSTROM, K.F.; PSUTY, N.P.; CARTER, R.W. **Coastal Dunes: Form and Process**. Chichester: J. Wiley. cap.11, p.217-250.
- CICIN-SAIN, B.; Knecht, R. W. (1998). **Integrate coastal and ocean management: concepts and practices**. Washington D. C.: Island Press, 40p.
- CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. (1995). **Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo sul do Brasil**. Rio Grande: editora da FURG. 275p.
- DAVIES, P; Williams, A T.; de Butts, H. A. (1995). **Decision making in dune management: theory and practice**. *Jornal os Coastal Conservation*, 1, 87-96 p.
- DECHA, J.P., Mauna, M.A., Pazner, M.I. 2005. **Blowout dynamics on Lake Huron sand dunes: analysis of digital multispectral data from colour air photos**. *Catena* 60, 165–180.
- GRUBER, N.S.L; BARBOZA, E.G.; NICOLODI, J.L. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para a gestão integrada da zona costeira. In: **Gravel n° 1**. Porto Alegre, CECO/IG/UFRGS p. 81-89, 2003.
- HESP, P.A, DILLENBURG, S.R.; BARBOZA, E.G.; CLEROT, L.C.P., TOMAZELLI, L.J.; ZOUAIN, R.N.A, (2007). Morphology of the Itapeva to Tramandaí transgressive dunefield barrier system and mid-to late Holocene sea level change. **Earth Surface Processes and Landforms**, 32:407-414.

- HESP, A.P. *et al.*, 2005. Beach ridges, foredunes or transgressive dunefield? **Definitions and an examination of the Torres to Tramandaí barrier system, southern Brazil.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 77(3):493-508.
- HESP, P.A. **Coastal Sand Dunes- Form and Functions.** CDVN Technical Bulletin n° 4. Palmerston North, Nova Zelândia: Rotorua, 2000. In: **Gravel**, n° 2. Porto Alegre, CECO/IG/UFRGS p.104-121, 2004.
- HESP, P. A. (1999). **The Beach Backshore and Beyond In: Handbook of beach and shoreface morphodynamics.** Chichester: J. Wiley, cap. 6, p. 145-169.
- JARDIM, J. P. M. (2010) - **Aplicação do checklist de vulnerabilidade para a classificação das dunas frontais do município de Capão da Canoa, Litoral Norte Do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS, 2010. Trabalho de graduação de Geografia, Departamento de Geografia, Instituto Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- KUERTEN, I. S. **Conflitos de uso e ocupação na praia de Cidreira, Litoral Norte – RS: O caso pesca e Surf.** Porto Alegre: UFRGS, 2008. Trabalho de Graduação de Geografia, Departamento de Geografia, Instituto Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- LARANJEIRA, M. (1997) - **Vulnerabilidade e gestão dos sistemas dunares: o caso das dunas de Mira.** Tese de Mestrado em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 199 p.
- LONGDILL, P.C., Healy, T.R., Black, K.P. 2008. **An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection.** *Ocean & Coastal Management* 51, 612–624.
- MARRONI, E. V. e ASMUS, M. L. (2003). **Educação Ambiental: da participação comunitária ao gerenciamento costeiro integrado.** Editora e Gráfica Universitária - UFPel, Pelotas.
- MARTINHO, C.T. **Morfodinâmica e Evolução dos Campos de Dunas Transgressivos Quaternários do Litoral do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS, 2008. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- MORAES, A.C.R. **Contribuição para a gestão da zona costeira do Brasil:** elementos para uma geografia do litoral brasileiro. São Paulo: Hucitec/Edusp, 1999.

- PORTZ, L.C. **Contribuição para o estudo do manejo de dunas: caso das praias de Osório e Xangri-Lá, itoral norte do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS, 2008. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- RIO GRANDE DO SUL. **Atlas Eólico do Rio Grande do Sul.** Estado do Rio Grande do Sul: Secretaria de Infra-estrutura e Logística. Porto Alegre: SEINFRA 2010. Disponível em: <http://www.seinfra.rs.gov.br/index.php?menu=atlaseolico> Acesso em: 16 nov 2010.
- RIO GRANDE DO SUL. **Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte.** Porto Alegre: Fepam/Programa de Gerenciamento Costeiro (Cadernos de Gestão e Planejamento Ambiental, v. 1), 2000.
- RIO GRANDE DO SUL. **Programa de Gerenciamento Costeiro-GERCO RS.** Porto Alegre: Fepam, 2010 a. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/programas/gerco.asp>> Acesso em: 23 out 2010.
- RODRÍGUEZ, J.J., WINDEVOXHEL, N.J.. **Análisis regional dela situación de la zona marina costera centroamericana.** Banco Interamericano de Desarrollo - Departamento de Desarrollo Sostenible - División de Medio Ambiente. Washington, D.C., 1998.
- SARDA, R., Avila, C., Mora, J. 2005. **A methodological approach to be used in integrated coastal zone management processes: the case of the Catalan Coast (Catalonia, Spain).** *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62, 427–439.
- SHORT, A. **Handbook of Beach and Shoreface Dynamics.** Chichester: John Wiley, 1999.
- SOIL CONSERVATION SERVICE, (1990). **Coastal Dune Management:** A Manual of Coastal Dune Management and Rehabilitation Techniques. Sydney: Soil Conservation Service of NSW. 74p, 67 figs.
- SOIL CONSERVATION SERVICE. **Beach dunes: their use and management.** Sydney: Soil Conservation Service of NSW, 1986.
- STHRALER, A.N. **Geografia Física.** Barcelona: Ed. Omega, 1994.
- STROHAECKER, T.M. **A Urbanização no litoral Norte do Rio Grande do Sul: Contribuição para a Gestão Urbana Ambiental do município de Capão da Canoa.** Porto Alegre: UFRGS, 2007. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-

- Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- TABAJARA, L.L, ALMEIDA, L.E., MARTINS, L.R. 2009. Morfodinâmica Bi-Tridimensional de Praia e Zona de Surfe Intermediária-Dissipativa no Litoral Norte-RS. *GRAVEL*, 6 (1):81-97.
- TABAJARA, L.L... [et al.] (2005). Vulnerabilidade e classificação das dunas da praia de Capão da Canoa, Litoral Norte do Rio Grande do Sul. In: MARTINS, L.R.; BARBOZA, E.G. (Eds.).In: **Gravel**. Porto Alegre, n. 3, p. 71-84, 2005.
- TABAJARA, L.L.; MARTINS, L.R.; FERREIRA, E.R.. 2000. Efetividade de Métodos Estruturais na Construção de Dunas Frontais. *Pesquisas em Geociências*, v.27, n.1, p.97-.
- TOLDO JR, E.E. Parâmetros Morfodinâmicos da Praia de Imbé, RS. In: **Pesquisas n° 20**. Porto Alegre: CECO/IG/UFRGS. p. 27-32, 1993.
- TOLVANEN, H., Kalliola, R. 2008. **A structured approach to geographical information in coastal research and management**. *Ocean & Coastal Management* 51, 485–494.
- TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. (1992). Considerações sobre o ambiente praias e a deriva litorânea ao longo do litoral Norte do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Geociências** 19 (1) 3-12.
- VIDIGAL, A.F; CUNHA, M.B., FERNANDES, L.P.C. **Amazônia Azul: o mar que nos pertence**. Rio de Janeiro: Record, 2006.
- VIEIRA, E.P. ; RANGEL, S.R.S. **Planície costeira do Rio Grande do Sul: geografia física, vegetação e dinâmica sócio-demográfica**. 1° edição. Porto Alegre: SAGRA, 1988
- VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J. **Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. Notas Técnicas**. Porto Alegre: Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica/Instituto de Geociências/ UFRGS, 1995
- WILLIAMS, A.T. et al. Integrated coastal dune management: checklists. In: **Continental Shelf Research**. Pergamon, 2001.
- WEBER, E.J.; Duarte, G.F; Frank, M.; Hoff, R.; Zomer, S.; Bassani, E.; Junqueira, I. 1998. **Estruturação de sistemas de informação ambiental em bacias hidrográficas: o caso da bacia hidrográfica do rio Caí - RS** Congresso e feira para usuários de geoprocessamento, 4. Anais. Curitiba / PR. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/publicacoes.php>.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. Morphodynamics of beaches and Surfzones in Australia. In:
Handbook of Coastal Processes and Erosion, Boca Raton, Florida: CRC Press, p.
35-64, 1983.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE
GRADUAÇÃO

ALUNO: Ricardo Augusto Lengler Franchini

Composição da Banca Examinadora:

1º) Orientador: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

2º) Prof. Examinador: Luis Alberto Basso

3º) Profª. Examinador: Eliana Lima da Fonseca

Título do Trabalho de Graduação:

Diagnóstico de Vulnerabilidade das dunas frontais do município de Arroio do Sal - Contribuição para o Diagnóstico e Plano de Manejo de Dunas

Data da Defesa do TG: 20/12/2010

Parecer da Comissão Examinadora:

O trabalho cumpre os objetivos de um T.G. A Metodologia é adequada e atinge os resultados sendo satisfatória para um Trabalho de T.G. Destaca-se a qualidade dos Mapas e Gráficos (foto), no entanto sugere-se citar referências dados CANTO DE CANOAS, comparação ANOS 2003-2004, os Anexos devem ser incorporados e o Dendrograma discutido ou retirado. Recomendamos a publicação e conceito A.

Assinatura dos Membros da Comissão:

1) Nelson Luiz Sambaqui Gruber Luana Pütz
2) Luis Alberto Basso
3) Eliana

Ciente do Aluno: Ricardo A. F. Franchini

Data: 20/12/2010

UFRGS - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
Av. Bento Gonçalves, nº 9500 - Bloco 1 - Prédio 43113 - Fones: (051) 33086348/33086329 -
Fax: (051) 33087302 Caixa Postal: 15.001 - CEP: 91540-000 - Porto Alegre - RS - Brasil. E-
mail: igeo@ufrgs.br