

## RESUMO

O Rio Grande do Sul-Brasil possui 640 km de extensão, numa das mais longas e amplas planícies costeiras do mundo, do tipo barreira dominada por ondas (Villwock & Tomazelli, 1984, Dillenburg *et al*, 1998). O município de Capão da Canoa, localizado no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, apresenta 19,1 km de orla exposta, dividido em 11 balneários, com as feições morfológicas dispostas de forma linear contínua, e paralelas entre si: zona de arrebentação, linha d'água, cristas de praia e cordões de dunas frontais.

A ocupação urbana apresenta três tipos de paisagem: balneários verticais, balneários horizontais e trechos ainda não urbanizados. Ao longo da orla, verificam-se diferentes níveis de povoamento, resultados de parcelamento formal do solo, ao longo das últimas décadas, e de intensidades de uso diferenciados ocorrentes em cada balneário, com predominância de moradias para segunda residência (ocupação sazonal, preferencialmente nos meses de verão). Esta urbanização, em alguns trechos, estendeu-se sobre as dunas frontais, provocando erosão e conseqüente diminuição da faixa de praia. Destaca-se como atividade impactante neste município a implantação de calçadões, com a eliminação de dunas frontais e conseqüente ação de erosão, com redução de faixa de praia; a presença dos quiosques na faixa de praia, que além de acentuar os processos erosivos, apresenta riscos de contaminação e comprometimento da paisagem.

A grande pressão de ocupação, associados aos eventuais episódios de marés meteorológicas, tem modificado significativamente a orla do município.

Com a iniciativa de minimizar estas modificações a Prefeitura Municipal de Capão da Canoa deu início à elaboração de um plano de manejo de dunas, buscando atender as exigências impostas pela legislação vigente para os municípios costeiros:

- 1) a regulamentação da lei nº 7.661 que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, e;
- 2) os editais do Ministério do Meio Ambiente para implementação dos Planos Diretores Municipais (microzoneamento ecológico-econômico) no âmbito do Projeto Orla (MMA, 2002 a).

A conexão natural com o Projeto ORLA do Ministério do Meio Ambiente se consolidaria através da participação da comunidade local, na proposição das diretrizes de uso e ocupação do solo da orla marítima, e na elaboração de cenários futuros desejados para o litoral de Capão da Canoa.

O projeto Diagnóstico e Plano de Manejo das Dunas Frontais para o Município de Capão da Canoa visou elaborar o diagnóstico e classificação da orla do município, de acordo com os índices de vulnerabilidade, elegendo áreas prioritárias ao manejo e a preservação deste ecossistema.

A metodologia utilizada neste estudo empregou técnicas de geoprocessamento, além de levantamentos topográficos e de vegetação (equidistantes 1 km entre si) e a ferramenta *check-list* (Williams, 2001) - formulário esse que, abrange 30 parâmetros de caráter sócio-ambiental, adaptado as condições locais, divididos nas seguintes seções: morfologia da duna, condições da praia, características dos 200m adjacentes ao mar e pressão de uso para medição dos parâmetros utilizados no cálculo dos índices de vulnerabilidade de dunas, classificação da orla e seleção das áreas prioritárias ao manejo. Através da matriz das variáveis processadas e das observações de campo os trechos foram agrupados pela similaridade conforme os graus de vulnerabilidade. Após a finalização desta etapa, pretende-se desenhar as estratégias e técnicas de manejo de dunas a serem utilizadas na solução dos problemas de erosão e na melhoria dos acessos à praia.

## **INTRODUÇÃO**

A ocupação da Zona Costeira no Brasil vem se intensificando nas últimas décadas decorrente de três vetores prioritários de desenvolvimento: a urbanização, a industrialização e a exploração turística (MORAES apud Strohaecker, 2007).

No Litoral Norte do Rio Grande do Sul, as emancipações ocorridas nas últimas duas décadas induziram, aparentemente, os fluxos migratórios para as cidades litorâneas, ampliando a demanda por bens e serviços. Por outro lado, o setor imobiliário de grande porte tem investido na região em loteamentos e condomínios horizontais para um mercado de média e alta renda, para fins de lazer e recreação durante todo o ano. Essa Região vem se destacando como uma das regiões do Estado que mais cresceu em termos demográficos no último período intercensitário (1991-2000), apresentando uma taxa média anual de 2,84%. Esse indicador é muito significativo ao se comparar com as taxas anuais do Estado (1,23%) e do Brasil (1,63%) (BRASIL, 2000). Por sua vez, os municípios da região que apresentaram maior grau de urbanização e maiores taxas de crescimento demográfico estão, em sua maioria, localizados junto à orla marítima. Neste contexto está inserido o município de Capão da Canoa

Além do incremento populacional apontado anteriormente, com a conclusão da Rota do Sol (RS-486) e com a duplicação da BR-101, a região receberá investimentos públicos e privados significativos, pois tem em sua localização estratégica o diferencial para o seu crescimento. Portanto, é urgente a definição de diretrizes visando um modelo de desenvolvimento que assegure a sustentabilidade dos ecossistemas.

Considerando os aspectos apresentados e, visando cumprir as determinações da legislação que trata sobre o tema, como, a Constituição Federal de 1988, que define a Zona Costeira como “patrimônio nacional”, e especifica que sua utilização deve assegurar a preservação dos ecossistemas e dos recursos naturais; o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), através do art. 10 da Lei 7.661/88, estabelece que o espaço compreendido por praias e dunas são áreas de preservação permanente, de uso comum do povo, sendo vedada a sua apropriação, ocupação e descaracterização; o presente trabalho tem a finalidade de buscar soluções adequadas à degradação das dunas frontais frente os impactos de natureza física e antrópica.

Neste sentido, a implementação de programas de manejo de dunas, torna-se um importante instrumento para a conservação deste ambiente, sendo uma forma de equilibrá-lo com os usos antrópicos. O princípio básico no manejo de dunas é a manutenção de uma satisfatória cobertura vegetal sobre a duna frontal para evitar a fuga das areias para o interior do continente e a sua desvinculação do sistema praial (SOIL CONSERVATION SERVICE, 1986). O Plano de Manejo destaca formas de utilização adequada e estabelece normas para a apropriação do espaço de dunas, além de controlar a degradação da vegetação.

## **OBJETIVOS**

O presente trabalho visa elaborar um diagnóstico e propor uma classificação da orla do município de Capão da Canoa, elegendo-se áreas prioritárias ao manejo e a preservação das dunas frontais. Em uma segunda etapa, pretende indicar estratégias e técnicas de manejo de dunas a serem utilizadas na solução dos problemas de erosão e na melhoria dos acessos à praia.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a caracterização da área de estudo empreendeu-se um levantamento de fontes primárias, por meio de observações e registros fotográficos em campo; e, de fontes secundárias, através de pesquisa bibliográfica, cartográfica e por sensoriamento remoto.

A caracterização dos padrões de uso do solo e densidade de ocupação foram possíveis através: a) da obtenção de dados referentes aos Censos Demográficos, junto à página eletrônica do

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008); b) de levantamentos em campo com observações e registros fotográficos; c) da análise em ambiente computacional de imagem de alta resolução Digital Globe, disponível no sítio do Google Earth®.

Para classificar a orla do município de Capão da Canoa, bem como, delimitar os trechos prioritários para manejo baseou-se nos dados coletados no campo por duas equipes, cada uma sendo responsável por determinados parâmetros, como será descrito a seguir.

A primeira equipe a ir a campo coletou 174 imagens da área de estudos, disponíveis no sítio do Google Earth®, em seguida, estas imagens foram organizadas através de um mosaico, que foi georreferenciado no software ArcGis®; essas imagens foram impressas, de maneira a abranger trechos de 250 m, resultando em 71 segmentos de análise no sentido Sul – Norte e levadas a campo para confirmação das informações (acessos à praia, cursos de drenagem, ocupações irregulares, usos da praia e das dunas) mediante medições manuais e com auxílio de GPS.

A metodologia para a identificação das áreas prioritárias para o manejo de dunas foi adaptada de Williams et al. (2001) para as condições locais. O índice de vulnerabilidade foi obtido pela percentagem do escore total encontrado no *checklist*, no qual, cada parâmetro das características do sistema costeiro foi analisado separadamente, atribuindo-se valores de 0 a 4 para as seguintes seções:

A - Morfologia das Dunas (6 parâmetros – área superficial da duna em m<sup>2</sup>, largura da duna em m, altura máxima da duna em m, processo de escarpamento, estágios evolutivos, e, declividade na face frontal marinha);

B – Condições da Praia (8 parâmetros – largura do pós-praia, suprimento de areia, brechas na face de praia, largura das brechas na face de praia, dunas embrionárias, pista oblíqua, orientação da linha de costa/deriva, índice de concavidade (%));

C – Característica dos 200m adjacentes ao mar (9 parâmetros: % de blowouts dentro do sistema, fuga de areia do sistema para o continente, % de brechas no sistema de dunas, % do lado marinho da duna vegetada, se as recentes areias depositadas foram colonizadas por *Blutaparon*, % de cobertura impenetrável, existência de vegetação exótica, oscilações da linha de costa desde 1976, sangradouros); e,

D – Pressão de Uso (7 parâmetros: número de acessos de veículos, densidade de caminhos de pedestre, estágio de urbanização, nível de urbanização, número de quiosques na praia, número de proprietários).

Os segmentos foram agrupados através da análise multivariada (cluster analysis, modo correlação) utilizando-se do programa Past® e as áreas prioritárias ao manejo identificadas segundo a maior fragilidade do ecossistema de duna. As porcentagens das 4 categorias foram calculadas para se gerar um índice de vulnerabilidade (IV) que varia na proporção direta da fragilidade do sistema.

Posteriormente, a outra equipe empreendeu um novo trabalho de campo para subsidiar a análise da morfodinâmica das praias, da morfoecologia das dunas e da distribuição dos resíduos sólidos ao longo da orla do município de Capão da Canoa, onde foram realizados 17 perfis topográficos equidistantes, aproximadamente, 1 km entre si.

A caracterização da morfodinâmica das dunas foi realizada através de perfis topográficos bidimensionais, traçados por meio de nivelamentos geométricos, amarrados a pontos de referência fixos, tais como, postes de luz existentes na Avenida Beira Mar, utilizando como ferramentas um nível topográfico, régua, trena e piquetes; foram analisados: a) a largura do perfil da duna, b) o volume da duna acima da cota dos 2m, c) a altura máxima da duna, tendo como referência a cota altimétrica do primeiro cordão de dunas frontais, e d) a inclinação da face marinha da duna frontal.

O estudo da cobertura vegetal foi feito ao longo dos 17 perfis topográficos transversais a praia. No campo, junto às feições mais representativas do terreno, os percentuais de

cobertura vegetal foram medidos através de quadrados de 1x1m e documentados por fotos. As espécies vegetais foram identificadas com o uso de guias ilustrados das plantas das dunas costeiras de Cordazzo e Seeliger (1995) e Cordazzo *et al.*, (2006). No gabinete, as informações relativas a cada perfil de praia foram organizadas em planilhas eletrônicas no software *Excel*, em seguida, os percentuais de participação das espécies vegetais em cada quadrado foram somados e gerados os gráficos de variação da cobertura vegetal, por m<sup>2</sup>, ao longo do perfil duna – praia.

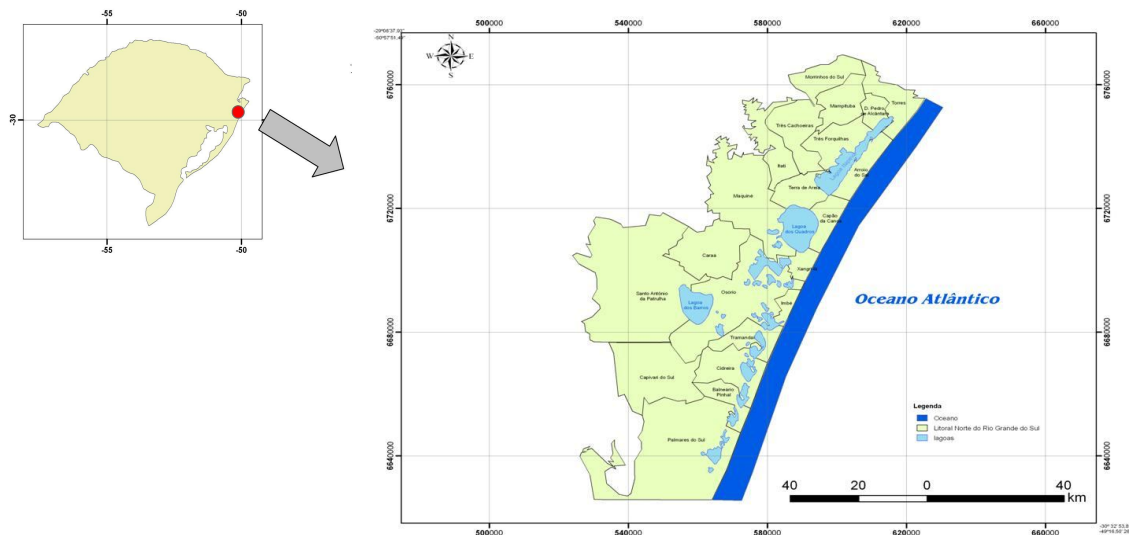
Os perfis dos resíduos sólidos foram realizados concomitantemente aos levantamentos topográficos, através da delimitação de uma faixa perpendicular à linha de costa, com 10 metros de largura. Estes perfis foram divididos em duas partes: (a) do início da presença de dunas até a Avenida Beira-Mar e (b) desde a linha d'água até a ocorrência de vegetação ou presença de dunas, sendo o centro do transecto a linha do perfil de praia. Os resíduos sólidos foram classificados segundo suas possíveis fontes, destacando-se atividades de turismo e veraneio, atividades industriais e pesca. Cigarros (bituca), embalagens, de salgadinhos, biscoitos e outros resíduos de alimento, por exemplo, são frequentemente consumidos por usuários de praias. Já, embalagens de margarina, detergentes e outros produtos, dificilmente são levados à praia, indicando um possível transporte oceânico ou por lixiviação das ruas pela água da chuva. Redes, linhas, isopores e bóias são descartados no mar por barcos de pesca (CLAERBOUDT, 2004). A coleta dos dados foi realizada no início do mês de setembro, em período de baixa temporada.

### **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS**

As praias do litoral Norte do Estado são de micro-marés, dominadas por ondas, e constituídas por sedimentos arenosos unimodais de tamanho fino, com amplo predomínio da composição quartzosa (95%), Martins (1967); Alvarez *et al.* (1983); Tomazelli e Villwock (1992); variando de intermediárias a dissipativas, segundo a literatura. A vegetação influencia o sistema ao interagir com a areia transportada pelo vento, promovendo sua deposição e fixação, construindo as dunas frontais. A vegetação e as dunas frontais são cortadas por sangradouros ativos no lado, que surgiram durante a formação da atual linha de costa, estando regularmente espaçados. Já, os campos de dunas móveis de Capão apresentam formas crescentes, arqueadas ou lobadas, sendo constituído por dunas transversas e barcanóides e cristas de precipitação na sua borda continental (HESP *et al.*, 2007).

Politicamente, o município de Capão da Canoa limita-se, ao norte, pela rodovia RS-486 (Rota do Sol) na divisa com o município de Terra de Areia, a leste pelo Oceano Atlântico, ao sul pela Rua Ubatuba e sua extensão, na divisa com o município de Xangri-lá e, a oeste, pelas margens da Lagoa dos Quadros e Rio Cornélios, na divisa com os municípios de Maquiné e Terra de Areia (FIG. 1). Emancipado em 1982 do município de Osório, Capão da Canoa apresentou a quarta maior taxa de crescimento demográfico da Região (5,09%), no período de 1991 a 2000 (BRASIL, 2000). Já, o território de Capão da Canoa apresenta uma área de 97km<sup>2</sup>, com 18,2 km de orla e, é constituído pela sede, por três distritos (Capão Novo, Arroio Teixeira e Curumim) e pela zona rural.

**Figura 1: Localização da área de estudos**



Fonte: Adaptado de Strohaecker (2007)

A análise sócio-espacial do município de Capão da Canoa foi estruturada a partir da periodização adotada por Strohaecker (2007), que estabelece as principais fases de desenvolvimento do município de Capão da Canoa. Desse modo, foram definidas quatro fases: Sede de estâncias e fazendas (1797- 1920); Balneário para fins terapêuticos (1920-1942); Balneário para fins de segunda residência (1942-1982); Emancipação e densificação (1982-2008).

A expansão urbana do Município ocorreu a partir de um núcleo inicial na década de 1920; seguida de uma expansão longitudinal à orla pelos loteamentos para fins de segunda residência, principalmente em direção ao norte, da década de 1940 até 2005; concomitantemente ocorre o crescimento urbano de setores residenciais onde predomina a população permanente. Apesar da expansão das ocupações, alguns trechos ao longo da orla se mantêm não urbanizados. Destaca-se também, que o avanço dos loteamentos para a população permanente na direção oeste ocorreram, principalmente, a partir da década de 1980, coincidentemente à emancipação de Capão da Canoa e ao crescimento demográfico decorrente das migrações.

A análise dos dados levantados indicou uma diversidade de padrões de uso do solo decorrente das funções exercidas por Capão da Canoa como pólo de centralidade regional, pólo turístico e sede municipal. Essas três funções principais configuram subespaços com conteúdos sócio-ambientais distintos. Nesse sentido, procurou-se analisar os padrões de uso do solo em duas escalas: a urbana e a municipal.

A estruturação do uso do solo urbano se configura pela ocupação em faixas longitudinais à linha de praia compreendendo um setor de uso residencial ocasional, para fins de veraneio e turismo, um setor com uso preponderantemente econômico e institucional conformando o eixo estruturador da Avenida Paraguassú, que serve como um “divisor de águas” entre o uso residencial ocasional e permanente, e algumas avenidas transversais, um setor de uso residencial permanente constituído de estratos de média-baixa e baixa renda, outro corredor de centralidade composto pela Estrada do Mar (RS-389) e por fim um setor margeando a Lagoa dos Quadros e trechos da RS-389 e das Estradas de Cornélios e da Laguna. Portanto, a estruturação do espaço urbano de Capão da Canoa se caracteriza tanto pela segregação sócio-econômica quanto pela segregação espacial, indicando uma

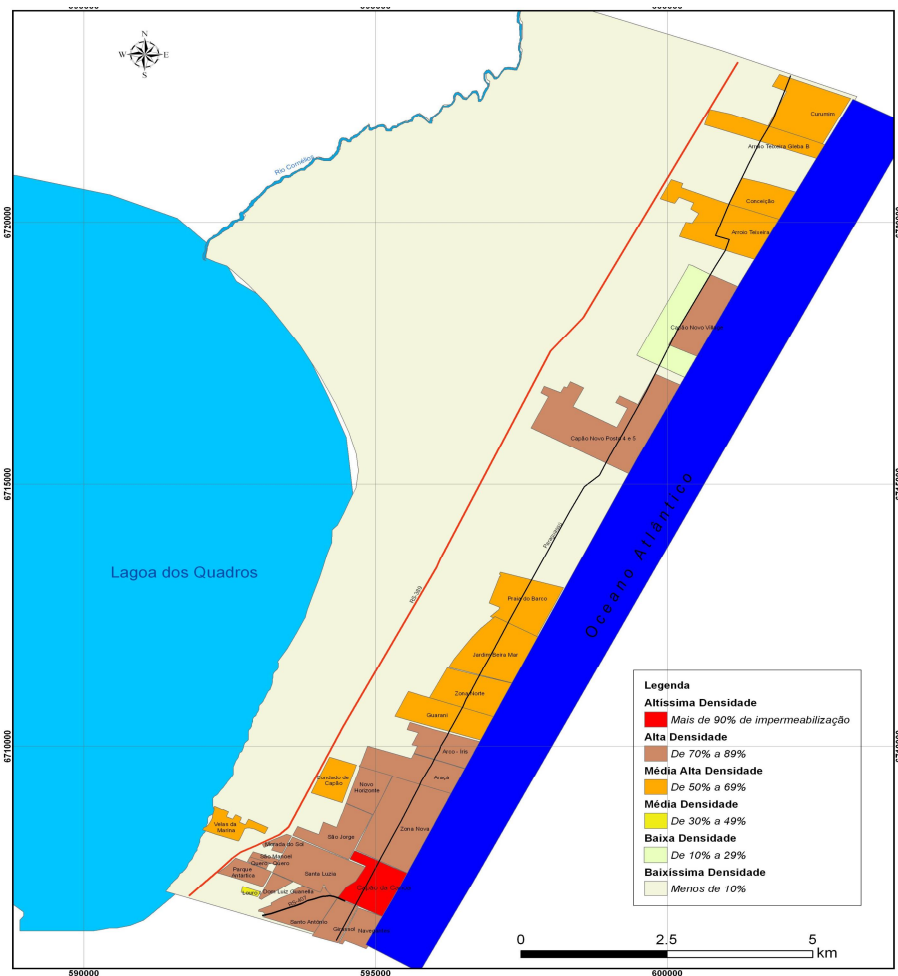
estruturação sócio-espaical em faixas, tendo como valores paisagísticos principais o mar e a praia e, mais recentemente, a Lagoa dos Quadros.

A análise das densidades de ocupação baseou-se, primeiramente, na identificação dos padrões de densificação (PILAR e DEPETTRIS, 2000) levantados através de imagens disponibilizadas gratuitamente pelo sítio do Google Earth®, de todo o município e através de observações em campo.

O levantamento identificou seis padrões de densidades de ocupação: baixíssima densidade (menos de 10% de ocupação); baixa densidade (de 10 a 29% de ocupação); média densidade (de 30 a 49%); média alta densidade (de 50 a 69%); alta densidade (de 70 a 89%); altíssima densidade (mais de 90% de ocupação), conforme sintetiza a FIG. 2.

Através da análise dos dados do *checklist*, Seção D, parâmetro 4 – nível de urbanização, os onze primeiros segmentos apresentaram nível de urbanização superior a 70%, o que corresponde à maior pressão de uso na análise referida. Além destes, os trechos 15, 40, 41, 53, 54, 58, 59, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72, também tiveram índice máximo (4) neste parâmetro. Já, os trechos 26, 27, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 56, 57, 64 e 65, possuem menos de 10% da área urbanizada; estes dados coincidem com o mapa apresentado que mostra trechos altamente urbanizados intercalados com trechos ainda pouco modificados, apesar da adoção de metodologias diferenciadas.

**Figura 2 – Densidades de Ocupação no Município de Capão da Canoa – 2005**



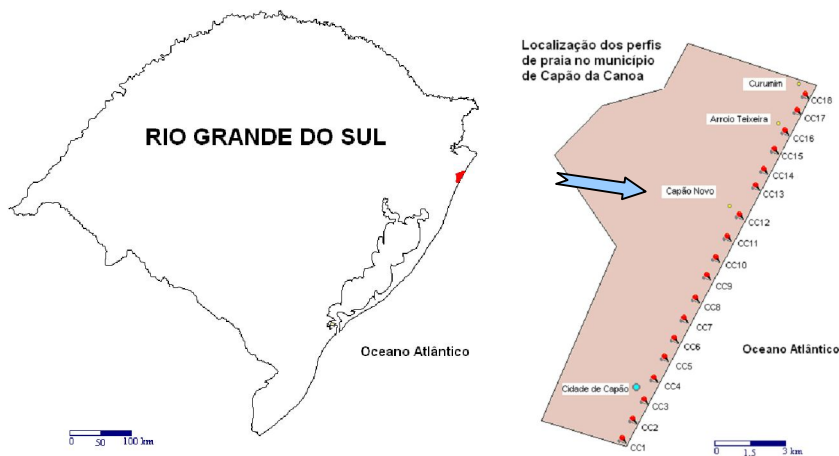
Fonte: Strohaecker (2007)

### MORFODINÂMICA DOS PERFIS DE PRAIA

A necessidade de se identificar os problemas ambientais de origem antrópica e natural envolvendo as praias arenosas oceânicas do município de Capão da Canoa exigiu a aplicação de métodos que definem os estados morfodinâmicos de praias. O ajuste mútuo entre a topografia e a dinâmica dos fluídos (ondas, marés e correntes) envolvidos no transporte de sedimentos define o termo morfodinâmica (WRIGHT e THOM, 1977).

Tradicionalmente, os estudos morfodinâmicos são feitos por meio de perfis transversais à praia, usando a mesma base topográfica como referencial de nível. Deste modo, a variação temporal da morfologia bidimensional da praia pode ser comparada e interpretada segundo as condições prevalentes do mar. Quando a investigação de campo, como a presente, estabelece vários perfis perpendiculares à praia equidistantes entre si, tem-se a possibilidade de analisar como variam as condições ambientais ao longo da praia. Nesse sentido, o presente tópico apresenta a caracterização ambiental das praias de Capão da Canoa por meio de estudos morfodinâmicos e morfométricos, a partir de campanha realizada entre os dias 1 e 3 de setembro de 2008 (FIG. 3).

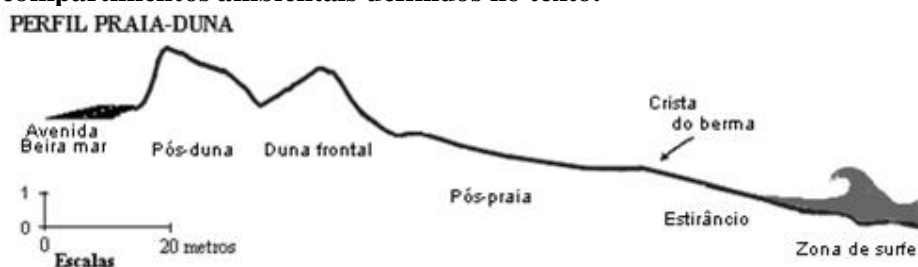
**Figura 3 - Localização do município de Capão da Canoa e, no detalhe, distribuição dos 18 perfis praia – duna ao longo da costa de Capão da Canoa.**



A técnica clássica no estudo da dinâmica costeira emprega o nivelamento geométrico, desde um referencial de nível localizado no pós-duna até o ponto de refluxo máximo da onda na face da praia (estirâncio inferior). O nível médio do mar é condicionado pelas marés, pelos ventos, pela altura da onda na arrebentação e pela declividade na face da praia. Neste trabalho, o nível zero do mar foi corrigido a 1/3 da distância de influência dos processos de varrido na zona do estirâncio (SHORT, 1999). Associados aos perfis transversais a praia, equidistantes aproximadamente 1 km entre si (FIG 4), as condições do mar também foram observadas.

Os compartimentos ambientais estudados nas praias de Capão da Canoa estão apresentados na FIG. 3. A zona de surfe situa-se entre o ponto de quebra da onda e a linha de costa. A zona do estirâncio, terminologia adotada por Villwock e Martins (1972), é relativamente estreita, estendendo-se desde o ponto de colapso da onda na face da praia até o limite superior da ação do fluxo do espraçamento na praia seca. O pós-praia estende-se desde o nível superior do espraçamento até o campo de dunas ou, simplesmente, até o ponto de fixação permanente da vegetação, sendo a parte seca da praia, e está sujeito aos processos aerodinâmicos. O berma é a porção praticamente horizontal do pós-praia formada pela sedimentação da ação de ondas acima da linha de preamar média (SUGUIO, 1992).

**Figura 4 - Representação esquemática do perfil praia-duna, incluindo os compartimentos ambientais definidos no texto.**



### ANÁLISE DOS RESULTADOS

As medidas morfológicas e volumétricas dos compartimentos ambientais dos 18 perfis transversais à praia estão apresentadas na Tabela.1. Elas indicam variações ambientais nas praias do litoral de Capão da Canoa devido a causas naturais e antrópicas. As causas naturais estão associadas a variações na intensidade dos processos físicos oceanográficos, balanço de sedimentos, interações praia – duna, sistemas de drenagem pluvial e morfodinâmica da barreira em longo período, todas elas responsáveis por diferenças no tipo de praia e nos estoques de areia ao longo da costa. As causas humanas se sobrepõem a estas e afetam o tamanho do perfil da praia, suprimindo ou diminuindo a largura da duna, ou interferindo na mobilidade das areias na praia.

**Tabela 1 – Medidas morfológicas (m) e volumétricas (m<sup>3</sup>) de 18 perfis transversais as praias de Capão da Canoa (Setembro de 2008).**

Perfil	DUNA FRONTAL				PÓS PRAIA		PRAIA SUBAÉREA			VARRIDO		
	Largura	Volume	Altura	Incl (%)	Largura	Volume	Largura	Volume	x 4	Decl (β)	?Y	Largura
CC1	50	94	3,2	36	34	46	41	47	127	30	0,39	12
CC2	42	59	2,0	40	44	63	60	66	105	36	0,64	23
CC3	5	10	0,5		55	70	72	75	76,9	27	0,600	16
CC4	22	37	2,6	39	54	64	69	68	99,5	22	0,67	15
CC5	28	60	3,2	21	76	104	90	112	121	23	0,62	14
CC6	38	47	2,7	47	78	106	90	108	130	38	0,48	18
CC7	22	63	3,8	28	72	76	90	82	112	28	0,47	27
CC8	47	127	1,7	22	57	64	67	65	115	22	0,460	10
CC9	27	26	2,8	26	55	51	64	52	90,7	30	0,420	12
CC10	42	42	3,5	43	37	41	52	44	94,5	32	0,730	23
CC11	29	38	2,4	26	68	81	80	83	112	31	0,546	17
CC12	17	44	2,4	24	77	74	85	75	120	31	0,378	12
CC13	47	57	1,6	15	58	66	74	69	126	37	0,653	24
CC14	40	42	2,4	21	45	48	56	50	96	32	0,551	18
CC15	73	131	3,1	27	48	56	60	58	133	34	0,528	18
CC16	63	112	2,6	29	52	65	66	68	152	33	0,651	22
CC17	106	100	2,5	29	52	51	66	54	172	43	0,481	21
CC18	48	39	2,4	27	59	61	70	63	128	39	0,423	17
Média	41,4	62,6	2,5	29,3	56,7	65,9	69,6	68,9	117	32	0,567	17,7
Desvio	23	35,3	0,8	8,8	13,3	17,9	13,6	18,7	22,7	5,9	0,145	4,8



A análise das variáveis morfométricas e morfodinâmicas dos perfis praias nos permite dividir as praias do município de Capão da Canoa em dois segmentos costeiros: 1) segmento costeiro da metade sul, entre os perfis CC1 e CC9, e 2) segmento costeiro da metade norte, entre os perfis de praia CC10 e CC18. As praias do primeiro grupo apresentaram estados morfodinâmicos intermediários, uma maior complexidade morfológica e um padrão senoidal de variação nas suas características morfométricas. As praias do segundo grupo apresentaram um padrão mais linear e gradual de variação morfométrica, acompanhando o aumento no espectro de dissipação de energia para o norte.

A declividade na face marinha das dunas frontais do segmento costeiro CC1 – CC6 estão em percentuais acima de 36%, indicando processos recentes de erosão e escarpamento por ondas. Por serem trechos muito urbanizados, as suas causas podem ser atribuídas à interferência humana na mobilidade das areias na praia, exemplo, dos setores CC3 (calçadão) e CC4 (a barlavento do canal de drenagem pluvial urbano).

A largura do perfil das dunas é condicionada pelo avanço da urbanização na área central da cidade de Capão da Canoa e no Balneário de Capão Novo. A pressão de uso e ocupação da costa diminui no terço final da orla em direção ao norte, e a largura da duna frontal mantém-se acima dos quarenta metros.

O estudo verifica uma sinopse do litoral de Capão da Canoa reinante no final do inverno, que geralmente exhibe estados morfodinâmicos dissipativo a intermediário de alta energia. Nestas condições, a praia subaérea apresenta morfologias plana a côncava e sem bermas, sendo comum a formação de escarpas nas dunas frontais devido ao embate direto das ondas de tempestades (TOMAZELLI e VILLWOCK, 1992; TOLDO JR *et al.*, 1993; CALLIARI *et al.*, 1997). A partir da primavera até o verão, ocorre o período de engordamento da praia e a geometria dos perfis bidimensionais torna-se mais convexa, juntamente com a progradação do sistema eólico em direção ao mar (TABAJARA *et al.*, 2008).

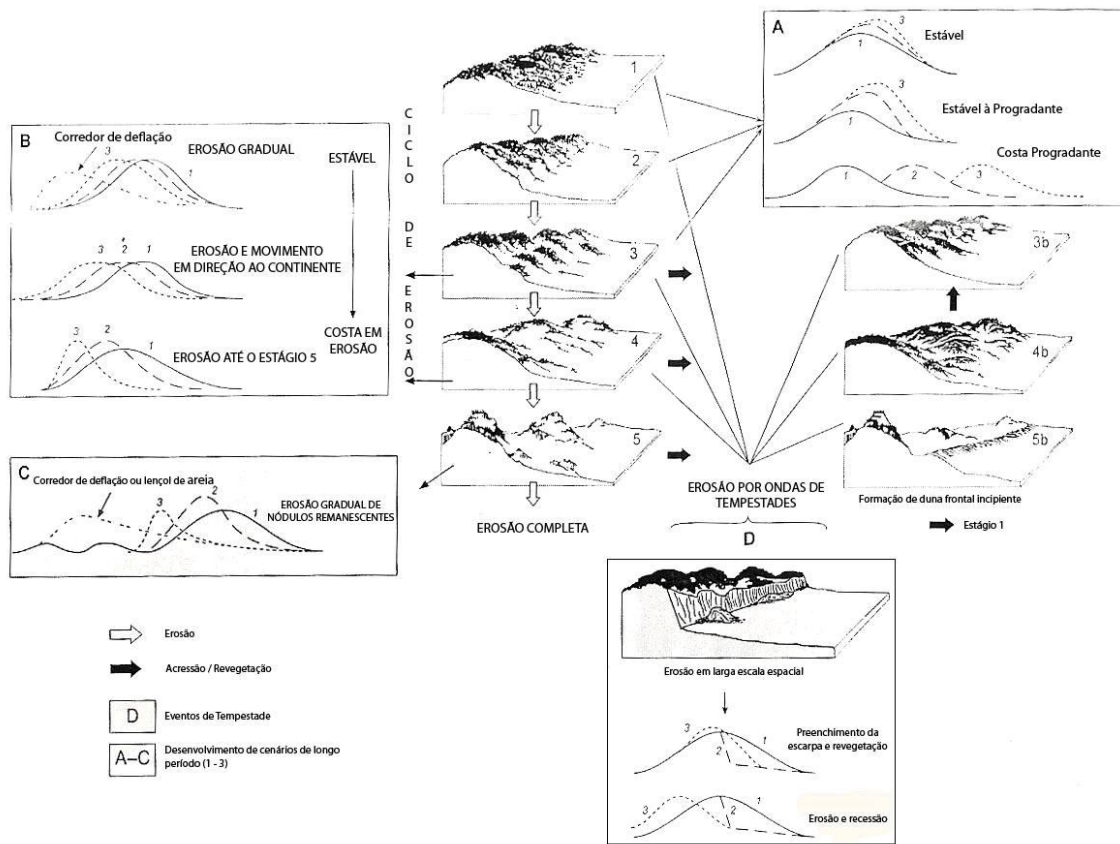
Em setembro de 2008, a maior parte das dunas costeiras de Capão da Canoa encontrava-se com escarpas remanescentes, causadas por cortes na sua base devido aos ataques periódicos das ondas. Pós-tempestade, a estabilidade da escarpa vertical do talude depende do nível de umidade do solo e da cobertura vegetal. Esta situação conduz a um estado de tensão no talude superior, freqüentemente visível como falhas paralelas, falhas do tipo cunha e falhas rotacionais de aguda inclinação que provocam quedas súbitas de pacotes sedimentares no pé da duna (CARTER *et al.*, 1990). Os taludes marinhos das dunas do trecho costeiro estudado estão em fases diferentes de preenchimento e recuperação da vegetação, muitos dos quais desenvolvendo dunas embrionárias no pós-praia (Perfis transversais CC6, CC9, CC12 e CC13).

As dunas mais estáveis são justamente aquelas com a declividade da face marinha suave (>1:5 ou 20%) e com a melhor cobertura vegetal ao longo do perfil da duna. Os perfis transversais CC13, CC14, CC15, CC17 e CC18, situados na porção norte do litoral, apresentaram uma condição de maior estabilidade em razão da sua geometria, menor inclinação da face marinha e pela quantidade de plantas fixando a sua superfície.

### **ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DOS PERFIS MORFOECOLÓGICOS**

Fundamental para a classificação das dunas frontais, a partir dos perfis de praia, foram a utilização dos conceitos usados por Hesp (1988), segundo 5 tipos morfoecológicos de dunas; e Arens e Wiersma (1994), de acordo com o seu estado de acresção, estabilidade ou erosão. A fusão de conceitos morfológicos, dinâmicos e evolutivos para costas estáveis, em erosão ou em progradação resultou no modelo da FIG. 5, de Hesp e Short (1999).

**Figura 5 - Modelo de classificação de dunas frontais, segundo uma fusão de conceitos morfológicos, dinâmico e evolutivo para costa estáveis, em erosão ou em progradação.**



Fonte: modificado de Hesp e Short, 1999.

### CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

A cobertura vegetal é uma variável fundamental na fixação e na manutenção das areias na praia por meio da construção de dunas frontais. A vegetação litorânea possui uma baixa diversidade de espécies devido a vários fatores de estresse ambiental: baixa riqueza de nutrientes e salinidade no solo, calor e sol intenso, inundações marinhas, além da abrasão eólica e soterramento. Para viver em tais condições, estas plantas possuem diversas adaptações, entre elas, destacam-se: porte rasteiro, raízes profundas, folhas reduzidas, pilosas e muitas vezes brilhantes (refletoras do sol) e glândulas excretoras de sal (RAMBO, 1956).

A morfologia da duna frontal no litoral de Capão da Canoa é o resultado das interações com a dinâmica costeira, segmentações por sangradouros e avanços da urbanização sobre a área de proteção permanente. No interior do campo de dunas, existe o controle dinâmico do vento NE (incidente 11° oblíquo a costa) sobre as formas e a cobertura vegetal, resultando em um padrão morfológico de duas cristas de dunas separadas por um corredor de deflação eólica. Este é o mecanismo alimentador dos campos de dunas móveis para o interior do continente.

O tipo de morfologia e cobertura vegetal são variáveis utilizadas no cálculo dos índices de vulnerabilidade de duna, sendo aplicadas no *checklist*. Portanto, quando se conjuga morfologias erosivas, baixa cobertura vegetal à forte pressão de uso, se indica os perfis morfoecológicos da metade sul da orla como os de maior suscetibilidade a degradação. Dentre esse, somando-se a presenças de grandes sangradouros, destacam-se os perfis transversais CC4 e CC8.

As formas erosivas de dunas incluem uma grande amplitude de colapsos de taludes e estruturas com deflação, desde feições pequenas, isoladas, até terraços mais complexos. O inventário das dunas identificou pelo menos 3 estágios morfo-ecológicos, em um cenário dominado por ciclos de erosão por ondas de tempestade- Cenário D (HESP e SHORT, 1999): a) Estágio 3- a maioria dos perfis transversais observados, b) Estágio 4- perfil CC4 na área central da cidade; c) Estágio 5- presença de nódulos remanescentes e lençóis de areia nos perfis CC8 e CC11.

Dunas que contenham escape de areia e formas erosivas podem indicar um balanço negativo de sedimentos. O monitoramento regional da linha de costa e os nivelamentos geométricos de sítios locais (Farol de Araçá) indicam erosão e retração das praias e dunas de Capão da Canoa. Os dados retirados dos perfis de praia no Farol do Araçá (perfil transversal CC5), situado na metade sul da orla de Capão da Canoa apontam para taxas anuais de retração do pé da duna frontal, neste local, de 3m/ano.

As evidências morfoecológicas das dunas e as medidas de controle são geoindicadores de erosão costeira atribuídas ao aumento na frequência e intensidade de eventos catastróficos, os ciclones extratropicais, mais atuantes no outono e inverno na costa Atlântica Sul-Occidental, em razão de mudanças climáticas globais (SCOR, 1991; CALLIARI, *et al.*, 1997; IPCC, 1996; BARLETTA e CALLIARI, 2001; TABAJARA *et al.*, 2001).

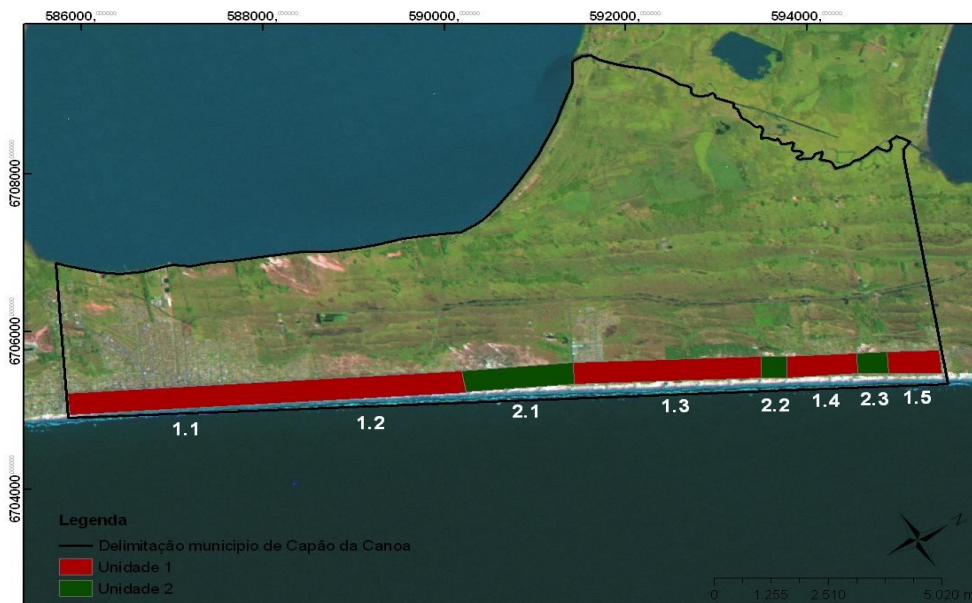
Como princípio geral de manejo, o sucesso do planejamento requer a aplicação de princípios de controle do uso da terra e das atividades recreativas sobre a praia, bem como a manutenção de uma satisfatória cobertura vegetal sobre a duna (SOIL CONSERVATIONS SERVICE, 1990).

### CARACTERIZAÇÃO SEGUNDO DADOS OBTIDOS EM CAMPO

Para um melhor detalhamento da área de estudo específica, dividiu-se a orla de Capão da Canoa em segmentos, de acordo com a metodologia adotada pelo PNGC-II-GERCO, o Plano de Ordenamento da Orla do Município de Capão da Canoa (Capão da Canoa, 2004).

No referido trabalho, estabeleceu-se como critério básico para a caracterização da orla a presença ou não de urbanização (FIG. 6). Assim, a *Unidade 1* compreende os segmentos urbanizados e a *Unidade 2* os segmentos não urbanizados. Com o novo levantamento realizado, constatou-se que os processos e a degradação da orla, diagnosticados em 2004, ainda persistem e, em alguns locais, se acentuaram.

Figura 6 – Setorização da orla do município (Capão da Canoa, 2004)



Obs.: 1.1 (Capão da Canoa - Distrito sede); 1.2 (Balneário Araçá, Arco-Íris, Guarani, Zona Norte, Jardim Beira Mar e Praia do Barco); 1.3 (Balneário de Capão Novo – Posto 4 e Posto 5); 1.4 (Balneário Capão Novo Posto 9 e 10, Arroio Teixeira e Conceição); 1.5 (Balneário Curumim); 2.1, 2.2 e 2.3 (áreas sem urbanização).

*a) Unidade 1*

Esta unidade se caracteriza como a matriz urbana, abrigando atividades sociais e produtivas. Apresenta características de balneário para fins turísticos e de veraneio de segunda residência, e de moradia fixa, esta última em fase de expansão.

*b) Unidade 2*

Esta parcela da orla de Capão da Canoa apresenta segmentos sem urbanização, com dunas frontais e campo de dunas vegetadas bem preservadas. O principal elemento antrópico é o eixo estrutural da Avenida Paraguassú, distante cerca de 400 m da duna frontal, como principal intervenção e alteração do ambiente natural. Portanto, nesta Unidade predomina uma paisagística rústica, interessante de ser preservada. Representa um ambiente de interesse especial devido à presença de banhados e campos de dunas significativos. Por não apresentar urbanização consolidada e possuir grandes sangradouros associados, esta área permite um local de pouso e alimentação notável para a avifauna costeira.

### **IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA O MANEJO DE DUNAS**

De acordo com a análise multivariada (programa Past®) dos dados correspondentes ao método do *checklist*, obtidos em campo, os segmentos que apresentaram maior índice de vulnerabilidade relativa (IVR) correspondem aos perfis CC6 a CC10, associados à implantação do calçadão, à concentração elevada de quiosques fixos e áreas de estacionamento, apresentando, em alguns casos, a extinção total do sistema de dunas. Na Tabela 2, são apresentados os resultados de cada perfil.

**Tabela 2 – Resultados do levantamento dos perfis, ao longo da orla do município de Capão da Canoa, distanciados a cada 250m, setembro de 2008.**

Capão	Segmento	Seção A %	Seção B %	Seção C %	Seção D %	IVR
Capão 1	500	35	70	44	54	50
Capão 2	750	25	70	41	50	46
Capão 3	1000	40	60	47	68	54
Capão 4	1250	20	65	25	61	42
Capão 5	1500	55	60	34	64	52
Capão 6	1750	95	60	69	86	77
Capão 7	2000	80	45	44	86	63
Capão 8	2250	100	50	44	82	67
Capão 9	2500	90	75	34	46	57
Capão 10	2750	75	65	38	64	58
Capão 11	3000	35	45	31	54	41
Capão 12	3250	65	65	44	46	53
Capão 13	3500	55	65	47	39	50
Capão 14	3750	55	65	41	32	46
Capão 15	4000	55	65	31	54	49
Capão 16	4250	70	65	44	39	52
Capão 17	4500	60	55	50	36	49
Capão 18	4750	40	55	44	25	40
Capão 19	5000	40	35	31	43	37
Capão 20	5250	25	55	41	39	40
Capão 21	5500	40	30	22	36	31
Capão 22	5750	50	60	44	46	49
Capão 23	6000	80	70	44	36	54
Capão 24	6250	85	60	50	25	52
Capão 25	6500	60	55	53	43	52
Capão 26	6750	50	65	34	14	38
Capão 27	7000	35	55	47	14	37
Capão 28	7250	30	65	34	25	37
Capão 29	7500	60	90	69	25	59
Capão 30	7750	25	50	34	39	37
Capão 31	8000	20	40	50	39	39
Capão 32	8250	10	60	31	0	24
Capão 33	8500	25	55	38	0	28
Capão 34	8750	15	45	31	0	22
Capão 35	9000	5	70	41	0	28
Capão 36	9250	15	55	41	0	27
Capão 37	9500	20	60	44	0	30
Capão 38	9750	30	60	50	0	34
Capão 39	10000	40	50	44	0	32
Capão 40	10250	55	50	44	61	52
Capão 41	10500	55	50	50	57	53
Capão 42	10750	50	50	56	57	54
Capão 43	11000	20	45	28	18	27
Capão 44	11250	15	50	44	32	36
Capão 45	11500	15	55	50	32	39
Capão 46	11750	20	50	47	25	36
Capão 47	12000	20	70	47	14	37
Capão 48	12250	30	55	41	0	30
Capão 49	12500	15	55	41	0	27
Capão 50	12750	15	55	41	0	27
Capão 51	13000	20	70	53	0	35
Capão 52	13250	35	65	53	14	41
Capão 53	13500	25	65	47	29	41
Capão 54	13750	20	55	28	25	31
Capão 55	14000	20	90	50	32	47
Capão 56	14250	20	50	28	0	23
Capão 57	14500	35	75	47	0	37
Capão 58	14750	45	70	56	43	53
Capão 59	15000	35	75	34	46	46
Capão 60	15250	15	75	38	25	37
Capão 61	15500	10	70	47	36	41
Capão 62	15750	20	55	50	50	45
Capão 63	16000	55	35	56	43	48
Capão 64	16250	10	30	34	0	19
Capão 65	16500	20	60	25	0	24
Capão 66	16750	30	80	41	29	43
Capão 67	17000	35	60	38	50	45
Capão 68	17250	40	50	38	46	43
Capão 69	17500	45	60	31	50	45
Capão 70	17750	65	70	47	50	56
Capão 71	18000	50	50	41	54	48

Obs.: Seção A: morfologia das dunas, seção B: condições da praia, seção C: característica dos 200 m adjacentes ao mar, seção D: pressão de uso e IVR: índice de vulnerabilidade relativo

Os segmentos que apresentaram maior índice de vulnerabilidade relativa (IVR) correspondem aos perfis CC6 a CC10, associados à implantação do calçadão, à concentração elevada de quiosques fixos e áreas de estacionamento, apresentando, em alguns casos, a extinção total do sistema de dunas.

Os setores da orla que apresentaram índice de vulnerabilidade relativa entre 50% e 56% se caracterizam pela presença significativa de sangradouros associados à incidência de acessos de veículos à praia. Estas características limitam a estabilização das dunas, o que se agrava em períodos de ressacas quando as ondas podem atingir as áreas da retroterra mais internas através desses acessos.

A acentuação da vulnerabilidade no sistema de dunas está diretamente relacionada à pressão de uso. Um dos principais fatores está relacionado às atividades turísticas e de veraneio que, ao mesmo tempo em que geram receitas para o município, são responsáveis por impactos ambientais e sociais negativos, incluindo perda de habitat, aumento na pressão sobre os estoques pesqueiros, poluição das águas costeiras com esgotos, acúmulo de lixo, entre outros tantos (CLARRK, 1996).

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, J. A.; GRÊ, J. C. R.; TOLDO JR., E. E. (1983). Estudos oceanográficos e sedimentológicos preliminares da praia de Tramandaí – RS. **Pesquisas em Geociências** 15, 66-85.
- ARENS, S.M.; WIERSMA, J., (1994). The Dutch Foredunes: Inventory and Classifications. **JCR**, 10(1):189-202.
- BRASIL. **Censo demográfico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 25 de ago. 2008.
- BRASIL. **Projeto Orla**: subsídios para um projeto de gestão. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - Secretaria do Patrimônio da União, 2004.
- CALLIARI, L.J.; TOZZI, H.A.M; KLEIN, A.H.F. 1997. **Beach response and coastline erosion associated with storm surges in southern Brasil- Rio Grande to Chuí, RS**. In: BORDOMER, 1997. Coastal Environments Management and Conservation. Bordeaux: Aquitaine et Ifremer. **Actes du Collogne**, Tomo 2, p.56-64.
- CLARK, J.R. (1996). **Integrated Coastal Zone Management - A world wide Challenge to Comprehend - Shoreline and Coastal Waters as Single Unit**. Sea Technology, 37/6. Arlington, Virginia, USA.
- CORDAZZO, C.V.; PAIVA, J.B.; SEELIGER, U., (2006). **Guia ilustrado Plantas das Dunas da Costa Sudoeste Atlântica**. Pelotas:USEB, 107p.
- CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. (1995). **Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo sul do Brasil**. Rio Grande: editora da FURG. 275p.
- HESP, P.A. (1988). Morphology, dynamics and internal stratification of some established foredunes in southeast Australia. **Sedimentary Geology**, 55:17-41.
- MARTINS, L.R. (1967). Aspectos texturais e deposicionais dos sedimentos praias e eólicos da planície costeira do Rio Grande do Sul. Publicação Especial, 13. **Escola de Geologia/UFRGS**, 102p.
- PILAR, A E.; DEPETTRIS, C.A. Utilización de un SIG para la estimacion del parámetro impermeabilidad de un modelo hidrológico concentrado In: TUCCI, C.E.M.; GOLDENFUM, J.A.; DEPETTRIS, C.A; PILAR, J.V. (Orgs.). **Hidrologia urbana na Bacia do Prata**. Porto Alegre: ABRH, p. 139-164, 2000.
- PORTZ, L. (2008). **Contribuição para o estudo do manejo de dunas: caso praias de Osório e Xangri-Lá, litoral norte do Rio Grande Sul**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal

do Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS – BR, 128f.

RAMBO, U. (1956). **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. Os Jesuítas no Sul do Brasil, Vol VI. Porto Alegre, 456p.

SCOR Working Group 89, (1991). **The response of Beaches to Sea-Level Changes: A Review of Predictive Models**. Journal of Coastal Research, v.7, p.895-921.

SHORT, A. (1999). **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics**. Chichester: John Wiley. 377p.

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.

STROHAECKER, T.M. **A Urbanização no Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental do município de Capão da Canoa**. 2007. Tese (Doutorado). Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, 2007.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia marinha**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1992.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A.; DILLENBURG, S. R.; BACHI, F. A.; DEHNHARDT, B. A. Significance of present-day coastal erosion and marine transgression, Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 70 n. 2 , 221-229. 1998.

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.

VILLWOCK, J.A.; MARTINS, L.R. 1972. **Depósitos lamíticos de pós-praia**, Cassino – RS. *Pesquisas em Geociências* 1, 69-85.

WILLIAMS, A.T.; DAVIES, P.; CURR,R.H.F.; KOH, A.; BODÉRE, J.C.I.; HALLÉGOUET, B.; MEUR, C.; YONI, C. 1993. **A check-list assessment of dune vulnerability and protection in Devon and Cornwall**, UK. In: COASTAL ZONE '93, 1993. *Proceedings...* New York: ASCE. p.3395-3408.

WRIGHT, L.D.; THOM, B.G. (1977). Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. **Progress in Physical Geography** 1, 412-459.

ZOMER, S.L.C.; AYUP-ZOUAIN, R.N.; WESCHENFELDER, J.; LANGE, O. 1997. **Recobrimentos aerofotográficos verticais 35 mm no estudo do ambiente praias entre Salinas e Arroio do Sal (RS)**. *Notas Técnicas*, v.10, p.49-59.