

IMPACTOS NO SISTEMA DE DUNAS: DINÂMICA NATURAL VERSUS INTERFERÊNCIA ANTRÓPICA

LUANA PORTZ¹

JOÃO PEDRO DE MOURA JARDIM²

ROGÉRIO PORTANTIOLO MANZOLLI³

NELSON SAMBAQUI GRUBER⁴

Introdução

As Zonas Costeiras do mundo são, atualmente, os espaços sob a maior pressão de uso o que as torna particularmente vulneráveis, uma vez que, abrigam ambientes raros e frágeis. São, também, alvos de uma crescente urbanização e concentração das atividades humanas. Cada vez mais, a valorização cultural desses espaços tem sido um importante vetor de ocupação e urbanização acelerada.

Os frágeis e dinâmicos ambientes litorâneos têm sido intensamente utilizados para fins de recreação, lazer e turismo. Nas últimas cinco décadas, por exemplo, o Litoral Norte do Rio Grande do Sul experimentou um impulso acelerado na implantação de loteamentos para fins de segunda residência. Neste sentido o mercado imobiliário reserva as áreas de menor apelo paisagístico e cênico para os estratos sociais da classe média, e os espaços mais valorizados e de maior beleza paisagística para a implantação de hotéis, condomínios e loteamentos de luxo, sendo que estes últimos, frequentemente localizam-se em setores mais vulneráveis dos ambientes costeiros (STROHAECKER, 2007).

Essa urbanização intensa, condicionada pela valorização dos espaços litorâneos, comprometeu a qualidade paisagística e ambiental de seus diversos ambientes característicos. É nesse contexto que se mostra imperativo um correto diagnóstico das condições ambientais desses espaços, a fim de que o poder público seja devidamente subsidiado na elaboração de planos de gestão socioambientais e ordenamento territorial, para que, então, se possa almejar um desenvolvimento sustentável das áreas litorâneas.

1. Doutora em Geociências. Research group in Environmental Management and Sustainability. Faculty of Environmental Sciences. Universidad De La Costa. Calle 58 #55-66, 080002, Barranquilla, Atlántico, Colombia. luanaportz@gmail.com

2. Geógrafo. Secretária Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (SEMA)

3. Mestre em Geociências. Research group in Environmental Management and Sustainability. Faculty of Environmental Sciences. Universidad De La Costa. Calle 58 #55-66, 080002, Barranquilla, Atlántico, Colombia. rogeriomanzolli@gmail.com

4. Professor Associado do Departamento de Geografia, Instituto de Geociências-IGEO/UFRGS. Laboratório de Gerenciamento Costeiro - CECO/IG/UFRGS. nelson.gruber@ufrgs.br. Agradecimento: os autores agradecem a Red Iberoamericana de Gestión y Certificación de Playas - Proplayas (www.sistemascosteros.org/proplayas).

O município de Capão de Canoa, no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, é um dos destinos mais procurados durante o período de veraneio e, portanto, caracterizado pela moradia de segunda residência. O município tem experimentado um vertiginoso crescimento urbano e demográfico (para determinação da taxa de crescimento demográfico, considera-se somente a população residente), atingindo o valor médio anual de 5,16% entre os anos de 1991 e 2000 (SEPLAG, 2010). A ocupação desordenada da orla é responsável pelo aumento do grau de vulnerabilidade de seus sistemas naturais, tais como as dunas frontais, feições geomorfológicas características da paisagem litorânea do estado e importantes quanto à proteção dos assentamentos urbanos litorâneos diante das ressacas que provocam enormes prejuízos materiais. Monitorar o estado das dunas frontais é um importante elemento nos programas de manejo de dunas, especialmente num cenário de grandes tempestades devido às mudanças climáticas (ANTHONY *et al.*, 2007). Neste sentido, estabelecer os setores da orla mais vulneráveis a erosão, tanto por processos das dinâmicas naturais quanto pela influência das interferências antrópicas associadas, torna-se um método interessante para a gestão da zona costeira, para o planejamento urbano e para a tomada de decisões do poder público.

Para tanto, este trabalho se propõe a analisar a variabilidade sazonal dos impactos sobre o sistema de dunas frontais do município de Capão de Canoa, frente aos processos erosivos naturais e também como as ações antrópicas interferem na resiliência desse sistema. Para isso será determinado o grau de vulnerabilidade a erosão do sistema de dunas frontais, através da aplicação de um índice de vulnerabilidade que leva em consideração as características naturais do ambiente e a influência dos impactos de ordem antrópica.

Área de Estudo

O Litoral Norte do Rio Grande do Sul, bem como toda a extensão do seu litoral, apresenta características bastante distintas do resto do litoral brasileiro, tanto do ponto de vista geológico e paisagístico quanto da singularidade ecológica.

Segundo a delimitação estabelecida pelo Programa de Gerenciamento Costeiro da FEPAM (GERCO-RS), a Região Hidrográfica do Litoral é dividida em três sub-regiões: Litoral Norte, Litoral Médio e Litoral Sul. O Litoral Norte - onde se encontra o município de Capão da Canoa, possui uma extensão de 120 km de linha de costa e uma área superficial de 3.700 km².

A geologia da planície costeira do RS é de idade recente, formada por uma extensa planície sedimentar que data do Quaternário. As fácies sedimentares e as feições geomorfológicas encontram-se em sua maioria não consolidadas e ainda em formação e, portanto, sujeitas à erosão e ao retrabalhamento por agentes exógenos, tal fato torna-os frágeis e especificamente vulneráveis às pressões de uso e ocupação do solo, relativos ao recente processo de urbanização do Litoral Norte.

A atual linha de costa apresenta uma orientação geral NE-SO, com praias arenosas semirretilíneas e contínuas, predominantemente dominada por ondas, sendo caracterizado pela ocorrência de uma ondulação de longo período proveniente do SE e por vagas (que resultam da ação de ventos locais) provenientes, principalmente, do E-NE. Especialmente

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 e VILLWOCK, 1992).

A área apresenta um regime de micromaré, controlado por maré astronômica cuja amplitude média situa-se em torno de 0,5 m, sofrendo também influência das marés meteorológicas. Estas podem alcançar de 1,2 m em Tramandaí (ALMEIDA *et al.*, 1997) a 1,6 m em Rio Grande (PARISE *et al.* 2009), sendo responsáveis pela erosão na costa, uma vez que causam a sobre elevação do nível do mar acima do prisma de maré astronômica, produzindo variações ainda maiores quando associadas a marés de sizígia. De acordo com as sequências morfodinâmica as praias do Litoral Norte do RS variam entre intermediárias a dissipativas (TOMAZELLI e VILLWOCK, 1992; TOLDO Jr *et al.*, 1993; WESCHENFELDER, 2002; GRUBER *et al.*, 2003).

Nessa porção do litoral, há uma sequência de ambientes de grande valor ecológico, de significativa produção biológica, e de valiosa importância paisagística. Entre esses ambientes, podem-se considerar as praias marinhas, as dunas frontais, os campos de dunas, os banhados e o notório rosário de lagoas, as matas paludosas e de restinga, até os contrafortes da Serra Geral, formados pelos vales do rio Maquiné e do rio Três Forquilhas, que por sua vez abrigam a reserva da biosfera da Mata Atlântica.

O Litoral Norte é fortemente impactado pela urbanização e, deve seu expressivo crescimento à atração de veranistas que buscam fixar a segunda residência nos municípios litorâneos. Dezenove municípios compõem o Litoral Norte do Estado, cujas economias estão ligadas à construção civil e às atividades de veraneio. Tal fato impulsionou o vultoso investimento em infraestrutura urbana, ainda que deficiente em termos de saneamento, e a ocupação carente de diretrizes e planejamento. Esses fatores caracterizam o impacto ambiental sofrido pelos ambientes costeiros, agravados pela marcante variação sazonal de população, oriunda da capital estadual e das outras regiões do estado, que se utiliza desses espaços para fins de lazer e recreação.

O município de Capão da Canoa abrange uma área de 97 km². Além da sede, o território municipal é composto pelos distritos: Capão Novo, Arroio Teixeira e Curumim.

Metodologia

A avaliação da vulnerabilidade foi realizada por meio da aplicação de uma lista de controle de vulnerabilidade, para a determinação de áreas cuja resiliência esteja ameaçada, portanto, prioritárias às ações de intervenção. Esta ocorreu em duas etapas, através de saídas de campo em setembro de 2009 e fevereiro de 2010. Os 18 km de orla foram subdivididos em perfis de 250 m paralelos à linha de costa, totalizando 71 perfis taxados e analisados, perfazendo um percurso no sentido sul-norte, portanto, o perfil 1 encontra-se no Bairro Navegantes, na divisa com o município de Xangri-Lá, e o perfil 71 no distrito de Curumim, na divisa com o município de Terra de Areia.

Os principais parâmetros que resumem a condição sistemática das dunas foram taxados com notas de 0 a 4, sendo que a primeira representa uma condição de equilíbrio e

a última, um estágio avançado de degradação (TABAJARA *et. al.*, 2012). Os parâmetros foram agrupados em quatro seções:

Seção A (morfologia da duna): A condição geomorfológica influencia na capacidade de regeneração das dunas após eventos de estresse ambiental e está relacionada à própria 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). Parâmetros: área superficial; largura da duna; altura máxima da duna; processo de escarpamento; estágios evolutivos; declividade na face frontal marinha.

Seção B (condição de praia): refere-se ao pós-praia, estando relacionado ao suprimento direto de sedimentos para as dunas frontais. A largura da praia é diretamente proporcional à disponibilidade de sedimentos. Parâmetros: largura do pós praia; suprimento de areia; brechas na face de praia; largura das brechas na face de praia; dunas embrionárias; orientação da linha de costa/deriva e índice de concavidade.

Seção C (característica dos 200 m adjacentes ao mar): contém parâmetros mais abrangentes que sintetizam o âmbito biofísico. Parâmetros: área de *blowouts* dentro do sistema; fuga de areia do sistema para o continente; brechas no sistema de dunas; lado marinho da duna vegetada; se as recentes areias depositadas foram colonizadas por *Blutaparum portulacoides*; cobertura impenetrável; existência de vegetação exótica e sangradouros.

Seção D (pressão de uso): elementos de natureza antrópica que afetam diretamente o equilíbrio das dunas frontais. Parâmetros: acessos de veículos; densidade de caminhos de pedestre; estágio de urbanização; nível de urbanização; posição da urbanização e presença de quiosque na praia.

Após o estabelecimento dos índices, os perfis foram agrupados em níveis (LARANJEIRA, 1997):

Nível 1 (0-20%) - Nível de vulnerabilidade em que o grau de transformação do sistema de dunas não põe em risco a sua capacidade de autorregeneração; estado de degradação das feições não ultrapassa o limiar de resiliência; sensibilidade baixa.

Nível 2 (20-40%) - Nível de vulnerabilidade em que já se percebem sinais de mudanças no conjunto do sistema; a sensibilidade de baixa passa a se acentuar.

Nível 3 (40-60%) - Percebem-se sinais de degradação significativa, já se faz necessária uma certa restrição a utilização. As feições das dunas se posicionam sobre o limiar de resiliência.

Nível 4 (60-80%) - Observam-se mecanismos de pressão muito significativa; as feições das dunas não apresentam mecanismos de resistência aos efeitos negativos; a sensibilidade é elevada.

Nível 5 (80-100%) - Evidenciam-se efeitos de degradação severa e generalizada. Nível de degradação extremamente elevado comprometendo o caráter das geoformas. Limiar de resiliência ultrapassado.

De acordo com essa classificação todos os perfis levantadas no inverno de 2009 e verão de 2010 foram enquadrados nas categorias 1, 2, 3 e 4 não sendo encontrado o nível 5 de vulnerabilidade.

Resultados e Discussões

Vulnerabilidade é o estado de susceptibilidade a danos causados por exposição ao estresse associado com as mudanças ambientais e sociais e da ausência de capacidade de adaptação (ADGER, 2006). Neste trabalho, o termo está associado a um conjunto de condições e atributos que induzem o sistema de dunas a processos de erosão e de degradação, assim como a descaracterização do sistema que se relaciona à praia em equilíbrio.

A partir dos levantamentos feitos em setembro de 2009, buscou-se avaliar o comportamento dos índices de vulnerabilidade (IV) das dunas frontais da orla de Capão da Canoa ao final do inverno, uma vez que todos os fenômenos incidentes típicos dessa estação já teriam atingido seu grau máximo de ocorrências.

Principais variáveis de inverno

Em um primeiro momento, serão analisados somente os perfis que compreendem a área do distrito sede, perfis entre 1 e 14. O fator que mais responde pela alteração dos sistemas de dunas no setor do distrito sede para o período de inverno é o de condição de praia, com variação média de 61%, mas esse fator não representa uma moda no comportamento de vulnerabilidade, pois é logo seguido pelos fatores "A" morfologia da duna (60%), pressão de uso (59%) e característica dos 200 m adjacentes ao mar (50%). Os 14 perfis que correspondem a esse setor altamente urbanizado e densificado da orla de Capão da Canoa apresentam um IV médio de 50% e, portanto, encaixam-se no nível 3 de vulnerabilidade, no limiar de resiliência das dunas frontais, que se encontram bastante degradadas ou até mesmo extintas devido à urbanização. Observa-se que os perfis que mais contribuem para a vulnerabilidade do sistema no setor do distrito sede são os perfis 6, 7, 8 e 10 (Bairro Zona Nova).

A presença do calçadão e da estrutura do Baronda (unidade comercial) representa enormes desequilíbrios no sistema praia-duna, pois as dunas foram praticamente extintas nesse setor e, portanto, expõem as estruturas construídas e a praia à erosão marinha sem que haja estoque de sedimentos disponível para o sistema. Em razão da substituição de grande parte da área de dunas pelo pavimento asfáltico no perfil 6 e nos perfis adjacentes, foi atribuído ao parâmetro morfologia da duna (A) o IP de 100%, indicando altíssima vulnerabilidade global para o trecho.

O perfil 23 localizado no Balneário Jardim Beira Mar, é representativo de uma característica bastante recorrente na morfologia das dunas durante o inverno, quando estão mais suscetíveis aos processos de escarpamento pela ação das marés meteorológicas.

Além da face erosiva encontrada na duna frontal, ainda há presença de vegetação exótica, como a *Acacia trinervis*. A presença de espécies exóticas compõe um fator de vulnerabilidade, pois elas competem com a vegetação nativa, impedindo que

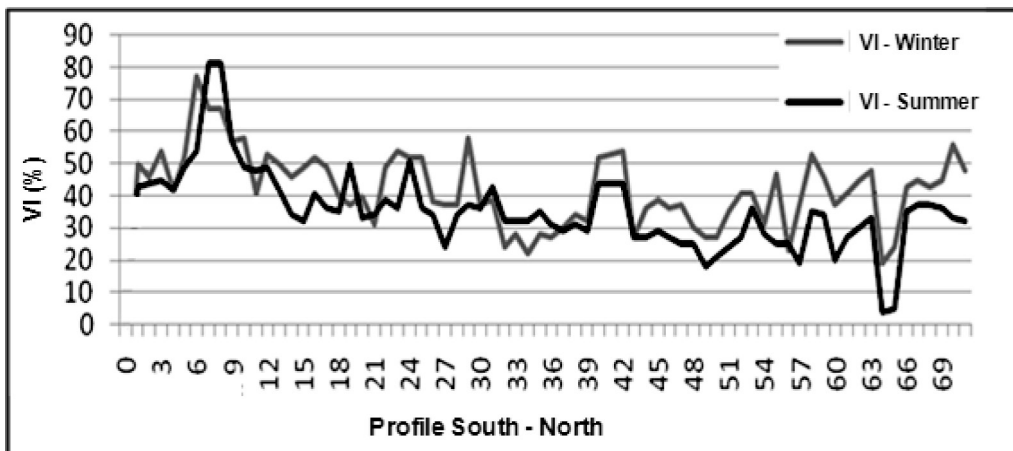
as últimas se fixem, facilitando a perda de areia pela ação eólica e marinha (PORTZ, 2010).

A análise de alguns dos perfis de inverno visa a demonstrar os principais índices parciais (IP) que atuam de maneira mais representativa no sistema de dunas. O comportamento geral dos IV ao longo da orla durante o inverno é mostrado na Figura 1.

A partir da análise da curva de IV da orla de Capão de Canoa, pode-se concluir que os picos de vulnerabilidade para o período de inverno coincidem com os setores mais urbanizados da orla. Torna-se possível observar que o maior pico de vulnerabilidade ocorre no perfil 6, onde grande parte da duna frontal foi substituída pelo calçadão, seguido do pico que ocorre no perfil 29 (Praia do Barco), caracterizando as dunas do distrito sede como altamente vulnerável. A curva decresce abruptamente nos espaços interurbanos sem a presença de urbanização consolidada no sentido sul-norte, voltando a subir no perfil 42 (Capão Novo, posto 4), 54 (Arroio Teixeira) e 70 (Curumim).

Figura 1.

Comportamento do índice de vulnerabilidade de inverno e verão ao longo da orla



Principais variáveis de verão

Os levantamentos realizados para a determinação dos IV de verão das dunas frontais de Capão da Canoa ocorreram em fevereiro de 2010. O mês de fevereiro, após o período das festas de carnaval, representa o fim do veraneio mais expressivo dos meses anteriores, culminando com o máximo de vulnerabilidade para o verão, após todo o impacto gerado pelo intenso uso das praias para fins de lazer. Os perfis que compreendem os setores mais vulneráveis das dunas desses dois distritos são: 40, 41, 42 (Capão Novo), 68, 69, 70, 71 (Curumim).

O perfil 71 é usado para exemplificar um típico perfil de verão para a orla de Capão da Canoa. Compreende uma faixa de 250 m no distrito de Curumim e caracteriza-se pela urbanização já consolidada, com predominância de urbanização horizontal e de moradias

de segunda residência, densidade de ocupação média à alta (STROHAECKER, 2007) e, portanto, apresenta grande potencial de poluição visual e sanitária

A pressão de uso acentuada nesse setor representa o IP mais significativo, pois há um grau acentuado do número de residências, restaurantes e quiosques na faixa de praia e no pós-duna, reduzindo a largura das dunas frontais (média de 26 m). Os índices parciais de vulnerabilidade por seção para os distritos de Capão Novo e Curumim apresentaram uma relevância da pressão de uso na alteração do equilíbrio das dunas frontais, com uma variação média de 58%. A curva de distribuição espacial dos níveis de vulnerabilidade relativos para fevereiro de 2010 é mostrada na Figura 1.

O monitoramento das condições ambientais dos sistemas de dunas frontais deve ser contínuo e os dados devem ser sistematicamente coletados, a fim de que os gestores de zonas costeiras possam ser subsidiados com a melhor qualidade e quantidade de dados possíveis.

A natureza das mudanças nos estágios de erosão e acreção das dunas já foi bastante estudado e relatado na literatura científica (ARMAROLI *et al.*, 2013; PYE e BLOTT, 2008; ANTHONY *et al.*, 2006; SAYE *et al.*, 2005). No Rio Grande do Sul existe um equilíbrio dinâmico entre as baixas energias de onda e a formação de um perfil de acreção da praia (e conseqüentemente, maior disponibilidade de sedimentos ao sistema de dunas frontais), e as condições de alta energia de onda que ocasionam perfis de erosão (TABAJARA *et al.*, 2004; PORTZ *et al.* 2010). A intensidade desses processos, no entanto, pode variar de acordo com o nível de degradação das dunas frontais, decorrentes da qualidade do fator antrópico que se expressa através de planejamento e ordenamento territorial, ou pela falta dele. Sendo assim, torna-se imperativo que se analise as mudanças sazonais no comportamento dos índices de vulnerabilidade das dunas frontais, visando ao aprimorando e à qualidade da tomada de decisões por parte do poder público.

Índices de vulnerabilidade de inverno e verão

Para a visualização da curva do comportamento do índice de vulnerabilidade de inverno/verão ao longo da orla de Capão da Canoa, foi realizada a sobreposição dos dois gráficos (Figura 1).

A análise desse gráfico nos permite inferir sobre a relativa superioridade dos valores de índice de vulnerabilidade de inverno, que são em média 7% maiores que os índice de vulnerabilidade de verão. Os pontos em que isso não ocorre são passíveis de investigação mais profunda e de monitoramentos contínuos, para que se estimem linearidades ou descontinuidades nesse comportamento.

Os valores relativos ao índice de vulnerabilidade de inverno e verão de cada perfil foram submetidos ao cálculo de média aritmética, para a determinação da média de vulnerabilidade ao longo do ano. A partir da atribuição de valores de média foi possível setorizar a orla segundo os níveis de vulnerabilidade nos níveis 1 (0-20%), 2 (20-40%), 3 (40-60%) e 4 (60-80%) (Figura 2). Através da setorização, torna-se possível eleger áreas prioritárias para o manejo de dunas, onde os processos de degradação ameaçam os limiares de resiliência das dunas frontais.

A partir da observação gráfica gerada pelos levantamentos, constatou-se que os setores mais vulneráveis coincidem com as zonas mais urbanizadas da orla do município, em especial, os perfis localizados no bairro Centro. A análise do índice de vulnerabilidade médio será feita sobre os perfis mais vulneráveis e passíveis de intervenção através de técnicas de manejo de dunas.

Para o Distrito Sede, foram analisados os perfis 1, 6, 7, 12 e 13. O perfil 1 enquadra-se no nível 3 de vulnerabilidade, pois seu índice médio é de 47%. Os fatores que mais contribuem para a sensibilidade da duna neste setor são as seções B (condição de praia) e D (pressão de uso), porém, a primeira sendo mais significativa no inverno, com uma variação média positiva de 30% em relação ao verão; a última tem uma variação média positiva de 14% em relação ao inverno.

A condição de praia nesse setor é bastante alterada durante o inverno devido à retirada do estoque de sedimentos da praia subaérea durante marés meteorológicas, um indicador bastante claro disso é a ausência de dunas incipientes durante o inverno nesse setor. A pressão de uso aumenta no período de veraneio (dezembro a fevereiro), à medida que se implantam quiosques que degradam a qualidade ambiental da praia devido ao acúmulo de lixo e alteram o transporte de areia. Após este período de veraneio este lixo tende a se acumular no setor de dunas, por meio do trapeamento de resíduos nesta região e da sua fragmentação em itens menores (PORTZ. 2011a).

É possível observar na Figura 3 - perfil 1 a tentativa de mudança no curso de um sangradouro, a partir da implantação de estacas de madeira (inverno, 2009) que já não apresentavam a mesma integridade estrutural durante a verificação em campo de fevereiro de 2010.

Conforme a Figura 3, os perfis 6 e 7 possuem altíssimo grau de vulnerabilidade e enquadram-se no grau máximo (Nível 4). Todas as seções apresentam um alto índice parcial de vulnerabilidade, atenuados pelo parâmetro B (condição de praia), pois estes setores apresentavam uma largura satisfatória da pós-praia à época do levantamento de verão (aproximadamente 60 m). A forte pressão de uso que descaracteriza o sistema praia-duna fragiliza o setor frente aos fenômenos incidentes no inverno (de acordo com a predominância do polígono de inverno).

O perfil 12 pertence ao nível 3 (40-60%) de vulnerabilidade. A presença do canal de drenagem pluvial (sangradouro) interrompendo a continuidade lateral do cordão de dunas frontais é responsável pelos altos IP de cada seção. O fluxo do canal erode as paredes laterais das dunas, além de interromper a alimentação de sedimentos para a duna, uma vez que este fluxo de areia na pós-praia ocorre por saltação ou rolamento. Os sangadouros por vezes podem ter um aumento muito grande do nível de vazão, podendo desestabilizar os taludes das paredes laterais que acompanham o fluxo do canal. Estas áreas também são consideradas as áreas mais vulneráveis à sobre elevação do nível do mar (PORTZ *et al.*, 2014).

Embora o perfil 13 (Figura 3) apresente um índice de vulnerabilidade típico para os perfis dessa área, a característica mais marcante é a fuga de areia do sistema de dunas para o continente. Esse perfil apresenta um ponto de conflito interessante, pois o fator que mais altera o equilíbrio do sistema no verão é a pressão de uso (61%). A posição da

Figura 2: Setorização segundo os seus índices médios de vulnerabilidade

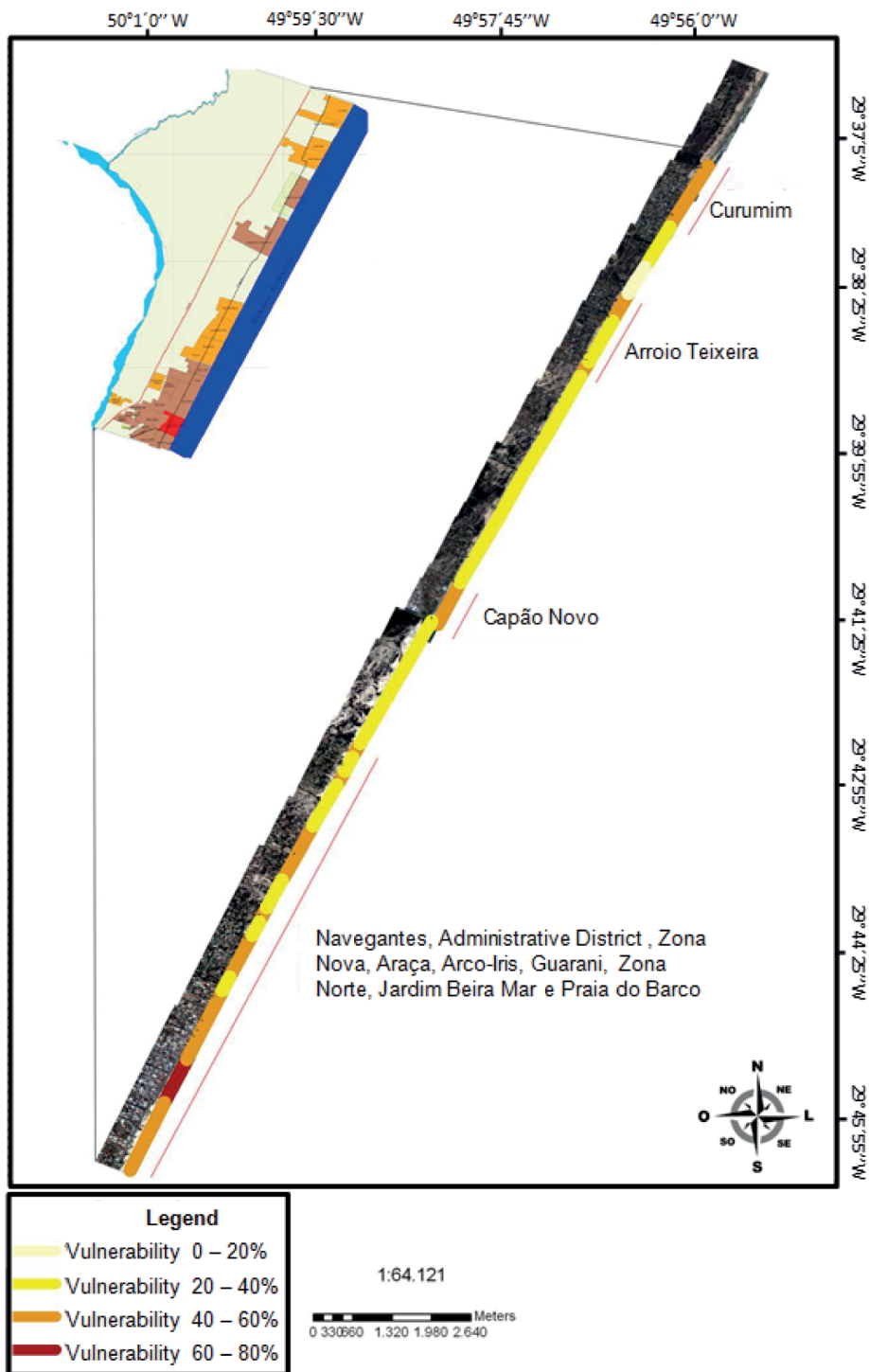
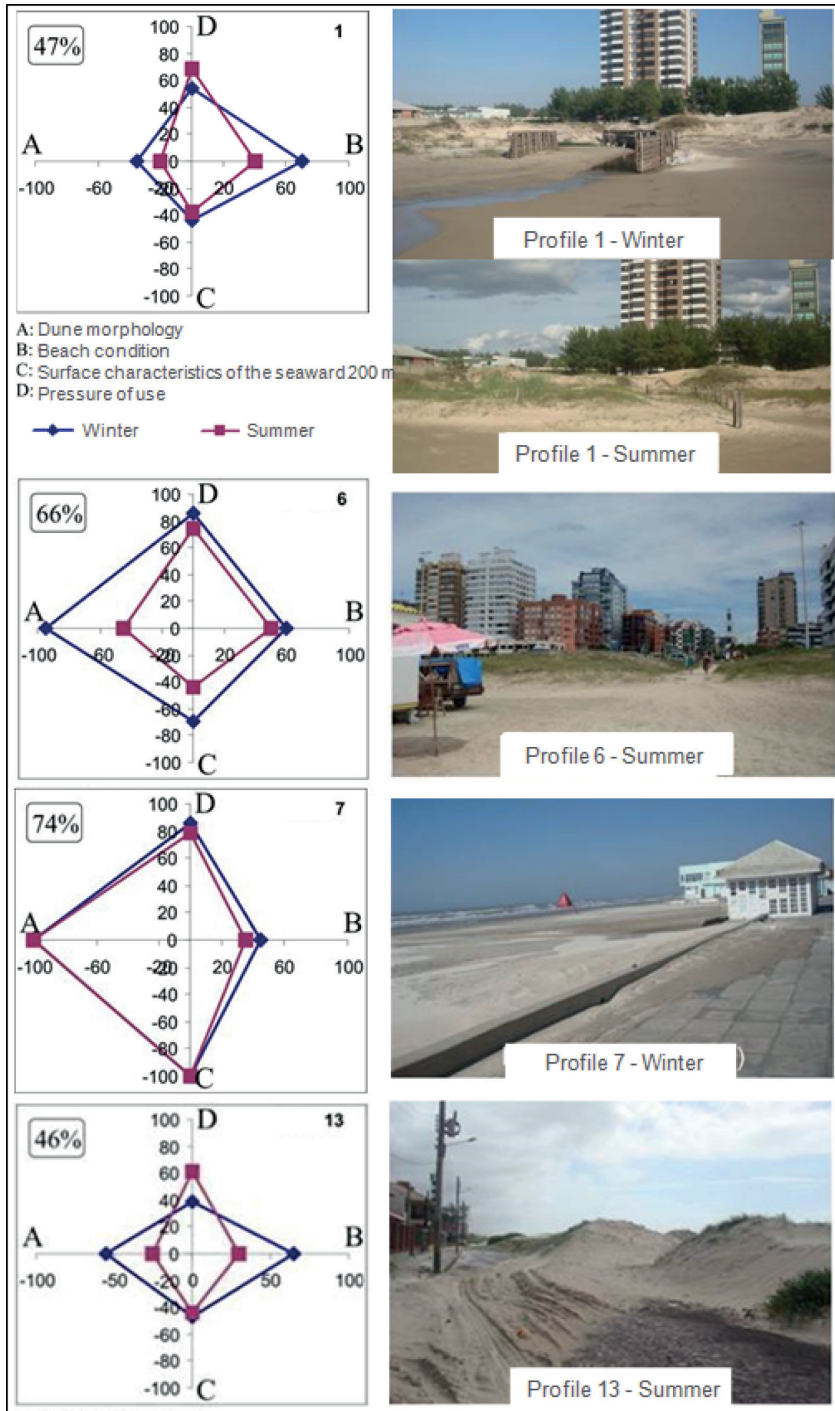


Figura 3:
Gráfico poligonal de sobreposição dos índices de vulnerabilidade inverno/verão



urbanização, que ocupa a área de pós-duna, associado a uma alta densidade de caminho de pedestres que degradam a vegetação, liberam areia para o transporte eólico, gerando uma situação de avanço dos lóbulos de deposição e a formação de um corredor de deflação eólica que atinge a rua e as casas.

Em Capão Novo, os 2 perfis mais relevantes, por possuírem um alto índice de vulnerabilidade médio, são os perfis 41 e 42. Este setor abriga, predominantemente, moradias de segunda residência e apresenta potencial intermediário de poluição visual e sanitária. A comparação do comportamento de índice de vulnerabilidade sazonal nos dois perfis mostra que a maior variação ocorreu na seção A, em aproximadamente 20%. A morfologia das dunas frontais encontra-se alterada em razão da presença de quadras de esporte e sedes de clubes no pós-duna, reduzindo drasticamente a largura dos cordões de dunas, e expondo-os a uma maior vulnerabilidade no período de inverno.

Em Arroio Teixeira, o ponto de maior vulnerabilidade está associado à presença de um grande sangradouro, correspondente ao perfil 58. O sangradouro nesse setor escoava uma grande quantidade de água, aumentando a convexidade da praia e a erosão lateral das dunas frontais. Devido à influência do sangradouro, somado à menor largura da pós-praia ao norte do município, o IP que apresentou maior variação inverno/verão foi o da seção B (35% de variação), seguido pelo IP da seção C (18%), devido à falta de colonização das areias depositadas por espécies pioneiras como a *Blutaparion portulacoides*. A alta variação do IP da seção B pode estar relacionada ao aumento da vazão do sangradouro no inverno, associada à remoção de sedimentos no pós-praia.

Nas adjacências de Arroio Teixeira, encontram-se os únicos perfis da orla de Capão da Canoa que se encaixam no nível 1 de vulnerabilidade (0-20%), representando um ótimo grau de equilíbrio morfoecológico.

Fenômenos incidentes sobre as dunas frontais durante os períodos de inverno e verão

Pôde-se observar através da análise do índice de vulnerabilidade médio de inverno e verão que o índice de vulnerabilidade médio de inverno para todos os perfis da orla do município de Capão da Canoa varia na ordem de 7% em relação ao índice de vulnerabilidade médio de verão para a mesma área. É importante, no entanto, que se avalie a contribuição de cada seção e seus índices de vulnerabilidade parciais médios, para que se possa inferir a natureza dos fenômenos que os agravam.

O maior índice de vulnerabilidade parcial médio durante o inverno corresponde à seção B (condição de praia) (IP médio: verão 33; inverno 59), ao passo que o maior IP médio para o verão pertence à seção D (pressão de uso) (IP médio: verão 42; inverno 33). Esses dados corroboram o conhecimento sobre a morfodinâmica das praias abertas e dominadas por ondas, em suas variações sazonais, bem como sobre o fato de ocorrer um uso intenso das praias no verão para fins de lazer, caracterizado pela predominância do IP médio da seção D no período do verão.

O Efeito das Ressacas sobre o Sistema Praia-Duna

As regiões extratropicais de ambos os hemisférios são caracterizadas pela contínua migração de características sinóticas, resultando na alta variabilidade atmosférica em curto prazo. Os sistemas de anticiclones e frentes associadas exercem um considerável impacto sobre essas regiões (JONES e SIMMONDS, 1993). A costa sul do Brasil é submetida a elevações positivas do nível do mar devido à influência dos ventos do quadrante SE e S, associados a passagens de sistemas frontais e vórtices de ciclones (PARISE *et al.*, 2009).

Os ciclones extratropicais (baixa pressão), resultantes de sistemas frontais, geram diferenças nos gradientes de pressão atmosféricos, produzindo fortes ventos que geram as marés meteorológicas. Essas por sua vez, transferem energia em forma de ondulação para o mar, incidindo na costa brasileira principalmente entre os meses de abril a outubro (TABAJARA *et al.*, 2004).

As praias do litoral do Rio Grande do Sul apresentam um perfil morfodinâmico dissipativo, o que resulta em um perfil de praia com baixa declividade. Com a passagem de sistemas frontais e à ciclogênese sobre o oceano, durante esses eventos de alta energia, ocorre um empilhamento do trem de ondas na costa, resultando em um escarpando a face marinha da duna (TOMAZELLI e VILLWOCK, 1992), bem como a erosão de uma parte considerável do estoque sedimentar do pós-praia. A praia do Cassino, Litoral Sul do Rio Grande do Sul, por exemplo, apresenta um comportamento sazonal, com erosão episódica associada a eventos de alta energia mais frequentes no inverno, e longos períodos de acreção relacionados ao regime hidrodinâmico normal (PARISE *et al.*, 2009).

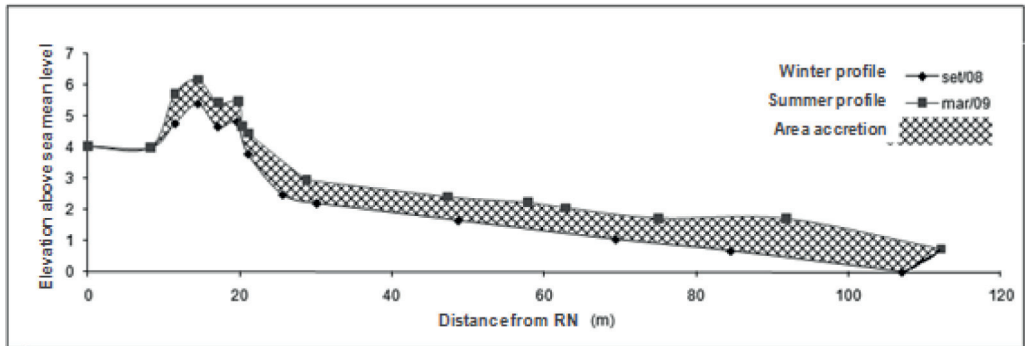
O impacto sobre o sistema de dunas, e, conseqüentemente, o volume de areia erodida, depende da frequência e intensidade de cada evento (OVERTON e FISHER, 1988). A incidência de marés meteorológicas gera brechas e escarpas, além da retirada de sedimentos da praia subaérea para a praia submarina. Este processo também facilita o processo de erosão eólica que mais tarde dá origem a bacias de deflação (HESP, 2002). Os impactos decorrentes das marés meteorológicas também podem ser identificados pela presença ou ausência de dunas embrionárias. Estas são formações recém-desenvolvidas pela deposição de areia em meio a obstáculos, normalmente da vegetação pioneira (HESP, 2000).

O início da primavera marca um regime de energia de ondas mais moderado e a recomposição do perfil praial (TABAJARA *et al.*, 2004), conseqüentemente, os índices de vulnerabilidade são menores no período de verão, quando o sistema atinge sua máxima acreção, e maiores durante o inverno, principalmente os índices parciais de vulnerabilidade relativos aos índices A e B. A dinâmica de remoção e recomposição sedimentar no pós-praia e na duna pode ser ilustrada por perfis topográficos perpendiculares à linha de costa, medidos nos períodos de inverno e verão (Figura 4).

Os processos de recuperação do sistema de dunas se iniciam imediatamente após a passagem das tempestades, com a chegada de novo aporte de sedimentos. Este processo de recuperação, dependendo da intensidade e frequência com o qual os eventos ocorrem, pode ter início imediatamente após a passagem da tempestade e permanecer em curso por mais de dois anos e meio depois da tempestade (SUANEZ, 2012). No Rio

Grande do Sul, entre os anos de 2005 e 2006, durante o monitoramento para o projeto de Manejo de Dunas no município Xangri-lá, foi registrado um evento meteoceanográfico catastrófico, produzido pela passagem de um ciclone extratropical, desencadeando um processo acentuado de erosão, sendo os processos de reconstrução ineficientes durante este período (PORTZ, 2010).

Figura 4. Cotas altimétricas da duna e pós-praia, distrito sede de Capão da Canoa



População Sazonal

O maior índice de vulnerabilidade parcial médio (IP) registrado para o verão pertence à seção D, pressão de uso, com uma variação média de 43%. Não é difícil inferir sobre as causas da preponderância da contribuição dessa seção no verão, uma vez que o período é marcado pelo intenso fluxo sazonal de população que se dirige para o litoral, pressionando de maneira significativa os recursos naturais litorâneos.

As atividades de turismo e veraneio são altamente impactantes sobre as dunas costeiras, no caso de Capão da Canoa, os setores de alta densidade ocupacional concentram também uma alta densidade de caminhos de pedestres; acessos para veículos e estruturas a beira mar, como quiosques fixos e móveis, que contribuem para a morte da vegetação e submetem as frágeis dunas frontais à erosão eólica dos ventos de NE.

O município carece de dados exatos sobre a sua população, entretanto, algumas estimativas foram feitas para o ano de 2005. Com base na média de consumo de água e energia elétrica por habitante, bem como a partir da produção de resíduos sólidos, contabilizando uma população sazonal de aproximadamente 100.000 pessoas, sendo que a população permanente estimada pelo IBGE para o mesmo período era de 37.800 pessoas (STROHAECKER, 2007). É importante mencionar que alguns dos impactos de pressão de uso são de natureza permanente, como a presença de estradas, ruas e posição da urbanização, ao passo que outros são de natureza temporária, como o aumento do número de trilhas para pedestres. Os últimos constituem foco de estratégias de gestão e manejo imprescindíveis para a manutenção dos sistemas de dunas frontais (WILLIAMS, 2001).

A pressão humana sobre os ambientes costeiros é intensificada pela tendência social de mudar-se para perto da costa. O ritmo crescente de alterações humanas na paisagem e o potencial das pessoas para reconstruir a natureza de modo a provir serviços e funções ecológicas exigem que as atividades antrópicas sejam reconsideradas de muitas maneiras que permitam torná-las mais compatíveis com a natureza (NORDSTRON, 2008).

Somando-se os processos resultantes da dinâmica natural, que induzem a uma alta vulnerabilidade, principalmente durante os meses de inverno com os processos antrópicos estabelecidos durante os meses de verão, torna-se necessário o estabelecimento de técnicas que reduzem as perdas ambientais e mantenham as funções naturais do sistema de dunas de proteção da costa contra eventos de tempestade. Considerando ainda os processos de erosão e à carência de ações que minimizem este processo e à falta de comprometimento dos usuários da praia que induzem a descaracterização cênica do ambiente (PORTZ, 2010), desenvolve-se um cenário de degradação ambiental que se opõe com a situação econômica deste município, que depende diretamente do turismo e do veraneio.

No sentido de minimizar os danos exercidos sobre o sistema de dunas, o órgão ambiental estadual (FEPAM) a partir de 2004, exige o desenvolvimento de planos de manejo de dunas. Este plano ao controlar as formas de utilização e apropriação do espaço de dunas, além de controlar a degradação da vegetação, destaca as implicações do Código Florestal Brasileiro (Artigo 3º) que considera este ambiente como área de preservação permanente (PORTZ et al, 2011).

Com a implementação dos planos pelos municípios, espera-se que ocorra um aumento do grau de conservação e manejo do ecossistema de dunas, por meio do controle e ordenamento das atividades neste ambiente e da recuperação das áreas em processo de degradação.

Considerações finais

A qualidade da tomada de decisões na gestão integrada de zonas costeiras depende da disponibilidade de informação e do constante monitoramento ambiental, somados a fatores socioeconômicos e culturais, envolvendo a participação e conscientização das populações que habitam as áreas sob gerenciamento.

A metodologia que envolve o uso da lista de controle de vulnerabilidade de dunas costeiras mostra-se bastante confiável e seus resultados providenciam uma radiografia dos principais problemas e conflitos existentes. A delimitação do problema ocorre de forma rápida e econômica, possibilitando rápido acesso e interpretação das informações elaboradas, auxiliando gestores e comunidades na identificação dos parâmetros que mais alteram o equilíbrio desses sistemas naturais. É importante, no entanto, que haja uma continuidade no monitoramento da vulnerabilidade das dunas costeiras, preferencialmente, utilizando-se também dos recursos de pesquisa mais aprofundadas, como levantamentos topográficos e análises de macroescala, como, por exemplo, verificação de cenários de elevação do nível do mar e acompanhamento da morfodinâmica da costa a longo prazo.

Os levantamentos de verão e inverno evidenciaram quais parâmetros acentuam a degradação ambiental das dunas frontais em suas diferenças sazonais, configurando esta

metodologia como um excelente indicador de onde os gestores devem focar suas ações. A natureza cíclica de processos de erosão e acreção do perfil relacionado à praia pode ser alterada em razão da forte pressão de uso exercida pelo homem nos ambientes costeiros e, agravada pelas atividades de lazer e turismo. A intrincada relação entre dinâmicas naturais e interferência antrópica sobre determinados ambientes, exige dos vários setores da sociedade uma mobilização crescente na criação de planos de gerenciamento. A tomada de decisão deve ser norteada pelas evidências obtidas por monitoramento ambiental; estabelecimento de objetivos precisos e avaliação de opções estratégicas.

O delineamento das áreas prioritárias para o manejo – que se trata de um grupo homogêneo e contínuo com elevados índices de vulnerabilidade ($IV > 60\%$), decorrente de uma urbanização equivocada que avançou sobre as dunas, norteia o foco das ações de manutenção do equilíbrio natural por parte das municipalidades.

A questão primordial da avaliação sazonal de características do sistema de dunas é o entendimento da relativa superioridade dos valores de índice de vulnerabilidade de inverno, que são em média 7% maiores que o índice de vulnerabilidade de verão, o que altera o consenso sobre a interferência humana como principal vetor de vulnerabilidade deste ambiente. Outra consideração é a diferenciação da contribuição parcial dos indicadores, sendo o maior índice de vulnerabilidade parcial médio durante o inverno corresponde à seção B (condição de praia), ao passo que o maior índice de vulnerabilidade parcial médio para o verão pertence à seção D (pressão de uso).

A soma destas conclusões deverá ser levada em consideração no delineamento das estratégias de manejo de dunas, que, atualmente, são focadas apenas no período de verão e apenas para minimizar os efeitos dos usos de praia.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, L. E. S. B.; ROSAURO, N.; TOLDO, E. E.; GRUBER, N. L. S. Avaliação a profundidade de fechamento para o litoral norte do Rio Grande do Sul. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1997 Belo Horizonte. Anais, Minas Gerais: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997.

ANTHONY E. J.; VANHEE, S.; RUZ, M. Short-term beach–dune sand budgets on the north sea coast of France: Sand supply from shoreface to dunes, and the role of wind and fetch. *Geomorphology*, v. 81, p. 316–329, 2006. DOI: 10.1016/j.geomorph.2006.04.022

_____. An assessment of the impact of experimental brushwood fences on foredune sand accumulation based on digital elevation models. *Ecological Engineering*, v. 3, p. 41-46, 2007. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2007.05.005

ARMAROLI, E. T.; ARMAROLI, C.; GROTTOLI, E.; HARLEY, M. D.; CIAVOLA, P. Beach morphodynamics and types of foredune erosion generated by storms along the Emilia-Romagna coastline, Italy. *Geomorphology*, v. 199, p. 22–35, 2013. doi:10.1016/j.geomorph.2013.04.034

GRUBER, N. L. S.; TOLDO JR., E. E.; BARBOZA, E. G.; NICOLODI, J. L. Equilibrium Beach and Shoreface Profile of the Rio Grande do Sul Coast - South of Brazil. **Journal of Coastal Research**, Coconut Creek, FL, v. 12, n. 2, p. 496-519, 2003.

HESP, P. A. **Coastal Sand Dunes - Form and Functions**. CDVN Technical Bulletin n° 4. Palmerston North, Nova Zelândia: Rotorua, 2000, 28 p.

_____. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. **Geomorphology**, v. 48, n. 1-3, p. 245-268, 2002.

JONES, D. A.; SIMMONDS, I. A climatology of Southern Hemisphere extratropical cyclones. **Climate Dynamic**, v. 9, p. 131-145, 1993.

LARANJEIRA, M. C. **Vulnerabilidade e gestão dos sistemas dunares: o caso das dunas de Mira**. 1997. 193 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física e Ambiente) - Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa, 1997.

NORDSTRON, K. F. **Beach and Dune Restoration**. New York: Cambridge University Press, 2008. 200 p.

OVERTON, M. F.; FISHER, J. S.; YOUNG, M. A. Laboratory investigation of dune erosion. **Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering**, v. 114, n. 3, p. 367-373, 1988. doi:10.1016/j.coastaleng.2011.09.003

PARISE, C. K.; CALLIARI, L. J.; KRUSCHE, N. Extreme storm surges in the south of Brazil: atmospheric conditions and shore erosion. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, n. 3, p. 75-188, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592009000300002>.

PORTZ, L.; MANZOLLI, R. P.; GRUBER, N. L. S.; CORRÊA, I. C. S. Tourism and Degradation in the Coastline of Rio Grande do Sul: Conflicts and Management. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, BR, v. 22, p. 153-166, 2010.

PORTZ, L.; MANZOLLI, R. P.; IVAR DO SUL, J. A. Marine debris on Rio Grande do Sul north coast, Brazil: spatial and temporal patterns. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, Portugal, v. 11, n. 1, p. 41-48, 2011a.

PORTZ, L.; MANZOLLI, R. P.; CORRÊA, I. C. S. Tools for Environmental Management Applied to the Coastal Zone of Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, Portugal, v. 11, n. 4, p. 459-470, 2011b. DOI: 10.5894/rgci278

PORTZ, L.; ROCKETT, G. C.; FRANCHINI, R. A. L.; MANZOLLI, R. P.; GRUBER, N. L. S. Coastal dune management: the use of geographic information system (GIS) in the development of management plans in the coast of Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, Portugal, v. 14, n. 3, p. 517-534. 2014. DOI:10.5894/rgci445

PYE, K., BLOTT, S. J. Decadal-scale variation in dune erosion and accretion rates: an investigation of the significance of changing storm tide frequency and magnitude on the Sefton Coast, UK. **Geomorphology**, v. 102, p. 652-666, 2008.

SAYE, S. E.; VAN DER WAL, D.; PYE, K.; BLOTT, S. J. Beach–dune morphological relationships and erosion/accretion: An investigation at five sites in England and Wales using LIDAR data. **Geomorphology**, v. 72, p.128–155, 2005. doi:10.1016/j.geomorph.2005.05.007

SEPLAG - Secretaria Estadual do Planejamento e Gestão do RS. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: < www.seplag.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=349_> Acesso em 15 mai. 2010

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**. 2007. 398 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SUANEZ, S.; CARIOLET, J.-M.; CANCOUËT, R.; ARDHUIN, F.; DELACOURT, C. Dune recovery after storm erosion on a high-energy beach: Vougot Beach, Brittany (France). **Geomorphology**, v. 139-140, p. 16–33, 2012. doi:10.1016/j.geomorph.2011.10.014

TABAJARA, L. L., DILLENBURG S. R.; BARBOZA E. G. Morphology, Vegetation and Sand Fence Influence on Sand Mobility of the Foredune System of Atlântida Sul Beach, Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Coastal Research**, Coconut Creek, FL, v. 39, p. 616-621, 2004.

TABAJARA, L. L.; GRUBER, N. L. S; PORTZ, L. Dunas frontais de Xangri-Lá, litoral Norte do RS: inventário, classificação e escolha de áreas prioritárias ao manejo. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, BR, v. 39, n 1, p. 35-52, 2012.

TOLDO JR., E. E.; DILLENBURG, S. R.; ALMEIDA, L. E. S. B.; TABAJARA, L. L.; MARTINS, R. R.; CUNHA, O. B. P. Parâmetros morfodinâmicos da praia de Imbé-RS. **Pesquisas**, Porto Alegre, BR, v. 20, n. 1, p. 27-32, 1993.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. Considerações sobre o ambiente praias e a deriva litorânea ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul. **Pesquisas**, Porto Alegre, BR v. 19, n. 1, p. 3-12, 1992.

WESCHENFELDER, J.; AYUP-ZOUAIN, R. N. Variabilidade morfodinâmica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, BR, v. 29, n.1, p. 3-13, 2002.

WILLIAMS, A. T.; ALVEIRINHO-DIASB, J.; GARCIA NOVOC, F.; GARCÍA-MORAC, M. R.; CURRD, R.; PEREIRAE, A. Integrated coastal dune management: checklists. **Continental Shelf Research**, v. 21, n. 18–19, p. 1937–1960, 2001. doi:10.1016/S0278-4343(01)00036-X

Submetido em: 31/10/2014

Aceito em: 31/07/2015

<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC140491V1932016>

IMPACTOS NO SISTEMA DE DUNAS: DINÂMICA NATURAL VERSUS INTERFERÊNCIA ANTRÓPICA

LUANA PORTZ
JOÃO PEDRO DE MOURA JARDIM
ROGÉRIO PORTANTIOLO MANZOLLI
NELSON SAMBAQUI GRUBER

Resumo: A orla de Capão da Canoa, RS, intercala áreas de alta densidade ocupacional com áreas não urbanizadas que preservam suas características naturais. Neste trabalho, buscou-se analisar o índice de vulnerabilidade das dunas frontais, a partir de levantamentos de campo realizados no inverno e verão, utilizando-se uma lista de parâmetros. A partir da taxação destes, atribuiu-se um índice de vulnerabilidade para cada perfil. Os valores mais altos coincidiram com as áreas mais urbanizadas do município, devido à posição da urbanização que reduz a largura dos cordões de dunas frontais. A superioridade dos valores do índice de vulnerabilidade de inverno ao de verão altera o consenso sobre a interferência humana como principal vetor de vulnerabilidade. Os fatores que mais contribuíram para a degradação das dunas frontais foram: a condição de praia, no inverno, e a pressão de uso, no verão, indicando a alta fragilidade de alguns perfis ao longo da orla.

Palavras-chave: dunas frontais, índice de vulnerabilidade, Capão da Canoa

Abstract: The shoreline of Capão da Canoa, RS, alternates densely populated areas with non urban empty spaces that still have their natural features preserved. This paperwork aimed to evaluate the foredunes vulnerability, by field evaluation along the shoreline in wintertime and summertime, using a field checklist. After rating some parameters, a Vulnerability Index was established for each profile. The highest values matched the most densely populated areas in that municipality, due to the position of the urban area that often shortens the width of the foredune ridges. The superiority of the wintertime vulnerability index when compared to summertime, changes the consensus about the human interference as the main vector of vulnerability. The major factors contributing to foredune degradation were: beach condition during winter time and use pressure, during summertime, indicating the high vulnerability associated with some profiles along the shoreline.

Keywords: foredunes, vulnerability index, Capão da Canoa

Resumen: El litoral de Capão da Canoa, RS, alterna zonas densamente pobladas con espacios de vacíos urbanos que preservan sus características naturales. El objetivo de este artículo fue evaluar el grado de vulnerabilidad de lo cordón dunar, por la evaluación de campo en invierno y el verano, utilizando una lista de verificación de campo. A partir de la obtención de los parámetros, un índice de vulnerabilidad se estableció para cada perfil. Los valores más elevados corresponden las zonas más densamente pobladas en ese municipio, tanto en invierno como en verano, debido la posición de la zona urbana, que a menudo reduce el ancho de lo cordón dunar. Los principales factores que contribuyen a la degradación de dunas litorales fueron: las condiciones de la playa durante el invierno y los usos humanos, durante el verano, lo que indica la alta vulnerabilidad asociada con algunos perfiles a lo largo del litoral.

Palabras clave: cordón dunar, índice de vulnerabilidad, Capão da Canoa
