

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Efetividade de Métodos Estruturais na Construção de Dunas Frontais

Luiz Liberato Tabajara, Luiz Roberto Martins, Everaldo Rigelo Ferreira

Pesquisas em Geociências, 27 (1): 97-109, maio/ago., 2000.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20185>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - maio/ago., 2000.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Efetividade de Métodos Estruturais na Construção de Dunas Frontais

LUIZ LIBERATO TABAJARA¹; LUIZ ROBERTO MARTINS² & EVERALDO RIGELO FERREIRA¹

¹ Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Caixa Postal 15001
CEP 91509-900, Porto Alegre, RS - Brasil

² Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica – GECO, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15001
CEP 91509-900, Porto Alegre, RS - Brasil

(Recebido em 03/00. Aceito para publicação em 07/00)

Abstract - Frontal dunes are beach natural defenses against the rise of coastal waters and waves during storm surges, promoting a sand storage for beach restoration when erosion problems occurs. The management of coastal areas must include the protection of the existing dunes and the reclaiming of the disturbed ones. The employment of a simple device method in the stabilization of frontal dunes were tested in a pilot area (1 km long of beach line) in Osório county (RS, Brazil). The most effective system employed were simple fences parallel to the coastline and transverse fences to the dominant winds. The material used in the manufacture of these tracks, was dry grass of *junco* and *tiririca* plants tied to bamboo's sticks, according a regional workmanship's method. The most favorable year period to the management begins in spring, when strong winds from NE quadrant increase in frequency and velocity. Meanwhile the more expressive sedimentation rate in the dunes occurs between December and February when the sand supply to the beach is larger, transported through waves of normal incidence and lower energy. This discussed method could be applied in other dune management projects along the Rio Grande do Sul coastline.

Keywords - dune management, sand fence, deposition rate

INTRODUÇÃO

As praias são reconhecidas pelos administradores litorâneos pela sua função recreativa e como recurso econômico por seus atrativos naturais ao turismo e ao veraneio, no entanto, desconhecem a função de proteção das praias e dunas nos casos de elevação do nível do mar e embate das ondas altas. As dunas frontais constituem um reservatório de areia que alimenta a praia durante as tempestades, e funcionam igualmente como elemento de absorção parcial da elevada energia de ondas incidentes na costa durante os períodos de erosão. É um recurso ambiental formador da paisagem da praia e abriga uma fauna especialmente adaptada aos rigores deste habitat.

As praias do litoral Norte do Rio Grande do Sul são extensas e retilíneas, com orientação geral NE-SW (Fig. 1), e constituídas por sedimentos arenosos de tamanho fino, unimodal, com amplo predomínio da composição quartzosa (Martins, 1967; Tomazelli & Vilwock, 1992). As dunas frontais são feições maiores, que se destacam dentro de uma topografia de praia suave, com estado morfodinâmico dissipativo-intermediário e com baixa variabilidade temporal (Toldo Jr. *et al.*, 1993). Pelos registros de Motta (1969), as ondas incidentes no Litoral Norte

tem duas direções predominantes, NE e SE. A ação do vento NE, vento local e mais freqüente na região, origina a formação de vagas. As ondas de SE ou "swell", apresentam comprimento de onda maiores e períodos de onda mais longos (superiores a 10 s.), sendo originadas a centenas de quilômetros da costa, por ação do Anticiclone Móvel Polar. A altura anual de onda significativa é de 1,5 m, entretanto, ondas muito maiores, que excedem freqüentemente 3,5 m, são comuns durante o inverno (Calliari *et al.*, 1998). As maiores oscilações do nível do mar, relacionam-se com os agentes meteorológicos, ventos do quadrante sul juntamente com a migração dos centros de baixa pressão. Estas condições de alta energia geram uma zona de surfe totalmente dissipativa, segundo Wright & Short (1984), e freqüentemente ocorre o empilhamento do trem de ondas na costa, provocando escarpas na base da duna frontal.

Além dos aspectos agressivos naturais citados, nas dunas das nossas praias são observados impactos antrópicos, tais como: extração clandestina de areias, terraplanagem dos cômodos de areia em projetos de urbanização e/ou para manter a vista da paisagem, pisoteio, "cross", depósitos de lixo e inúmeros caminhos de acesso à praia por entre os cordões de dunas. Portanto, ações que visem recuperar

e controlar o uso deste espaço costeiro, protegido pela Lei Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei Federal nº. 3759 de 1984), tornam-se imprescindíveis no desenvolvimento de programas de planejamento ambiental.

O Departamento de Recursos Naturais Renováveis (DRNR) da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado do Rio Grande do Sul foi responsável, no passado, por serviços de contenção de dunas costeiras, viabilizando em alguns lugares, o processo de ocupação do litoral Norte do Estado. Este trabalho, marco de uma época, e o seu conhecimento empírico adquirido, não nos legou nenhuma memória técnica. O projeto teve que buscar na experiência de alguns dos seus funcionários aposentados, as técnicas artesanais de confecção de esteiras para fixação de dunas, que utilizam como matéria prima palhas de *junco* e *tiririca*, vegetais abundantes nas zonas marginais das lagoas e banhados da planície costeira.

O presente trabalho faz uma análise do nível de eficiência destes materiais como método de estabilização e contenção de areias que transgridem para o continente desde a praia, situando experimentos com disposições diferentes à exemplo de outros trabalhos realizados no mundo, especialmente os relatados no Corpo de Engenheiros dos Estados Unidos (CERC).

No panorama de grandes programas internacionais que procuram preservar e utilizar racionalmente a zona costeira, podemos indicar os vinculados à Comissão Oceanográfica Intergovernamental - COI (UNESCO) como o projeto "Coastal Change" e seu componente CZAR (*Coastal Zone as a resource in its own Right*), que considera a zona costeira como um recurso em si e merecedora de estudos específicos ligados ao seu conhecimento e manejo eficiente. Neste sentido, o presente estudo satisfaz os requisitos do CZAR e testa os problemas ligados a erosão costeira na linha de costa sul-brasileira.

MATERIAL E MÉTODOS

O "Plano Experimental de Manejo das Dunas das Praias de Osório-RS", in: Tabajara (1999), desenvolvido sob o patrocínio da Fundação o Boticário de Proteção à Natureza, vem promovendo ações para recuperar e conservar as dunas das praias de Atlântida Sul e Mariápolis, situadas no município de Osório, litoral Norte do Rio Grande do Sul (Figs. 1 e 2). Trata-se de um programa piloto de 1

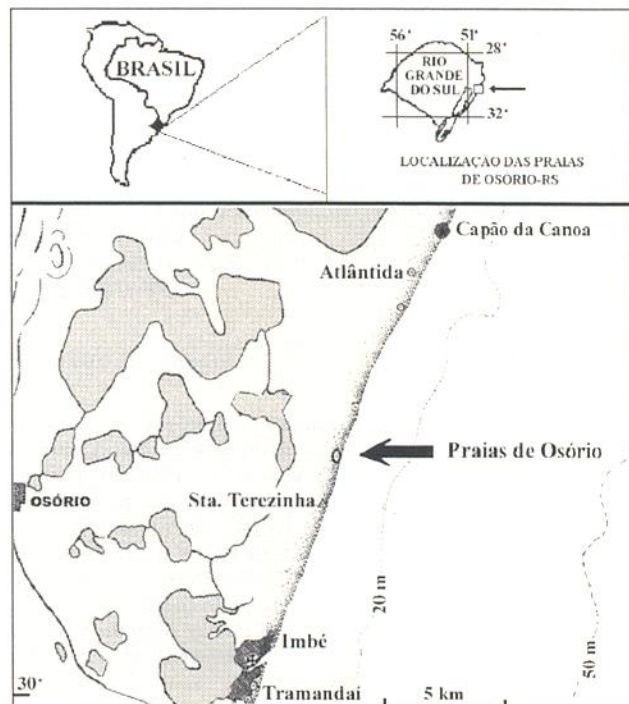


Figura 1 - Localização das Praias de Osório no litoral Norte do Rio Grande do Sul.

km de extensão de praia (5 ha) que pode ser resumido em três etapas:

- Atividades de diagnóstico das zonas sujeitas a erosão e mapeamento:
 - levantamento aerofotográfico com o uso de Fotografias Aéreas de Pequeno Formato - 50 mm, (Fig. 2), fotointerpretação e geração de um mapa geomorfológico na escala 1:1.800.
- Atividades de recuperação das dunas frontais:
 - disposição de esteiras de palha e cobertura morta junto as áreas de manejo,
 - uso de espécies fixadoras de dunas (*Senecio classiflorus*, *Panicum racemosum* e *Spartina ciliata*), através da germinação das sementes selvagens colhidas no campo de dunas ou por métodos vegetativos: colheita de colmos em áreas estabilizadas e transplante para os sítios desvegetados sujeitos a intensa movimentação de areia.
- Atividades de controle da degradação:
 - programa de Educação Ambiental na escola do Balneário de Atlântida Sul,
 - campanhas de Conscientização Pública,
 - ordenamento do espaço costeiro na área de abrangência do projeto e controle do acesso dos usuários à praia,
 - medidas à nível de legislação municipal e vigilância ambiental.

O princípio básico no manejo de dunas é a manutenção de uma satisfatória cobertura vegetal sobre a duna frontal. Isto previne a transgressão de areias para o interior do continente onde se desvincularia do sistema praial. Nos programas existentes na Austrália (*Soil Conservation Service of NSW*, 1990), na costa do Golfo do Texas (*Texas General*

Land Office, 1991) e na costa Oeste do USA (*Oregon Department of Land Conservation and Development*, 1989), indicados por Marra (1993), o manejo de dunas costeiras envolve a aplicação dos princípios de uso correto da terra, recuperação das dunas com distúrbios e organização das atividades recreativas.

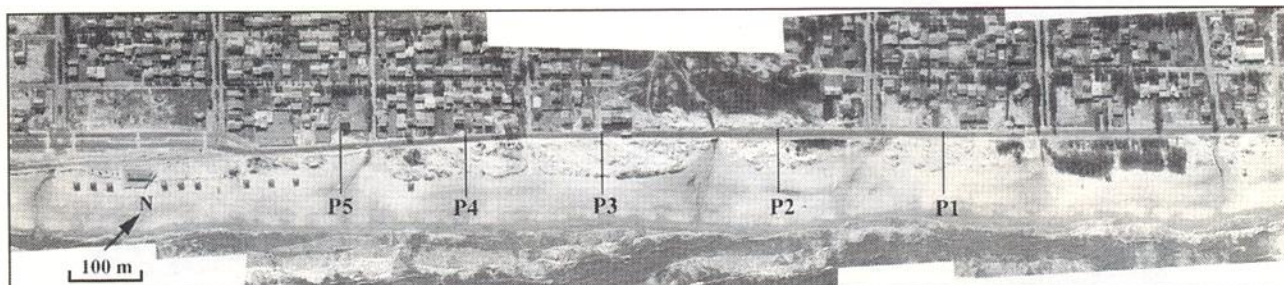


Figura 2 - Mosaico de fotografias aéreas mostrando a área do Programa Piloto.

Dentro do Programa de Manejo, as atividades de recuperação obedeceram um plano experimental de estabilização e construção de dunas frontais, à saber:

- experimento 1: alinhamento e construção de cercados transversais a direção dos ventos do quadrante NE (predominantes), seguindo metodologia regional - (Fig. 3);
- experimento 2: alinhamento e construção de cercados duplos ao longo da duna frontal para aumentar a sua altura e largura - (Fig. 4). O duplo cercado manteve-se equidistante 4 m entre si e paralelo com a linha da costa (NE / SW);
- experimento 3: cobertura da superfície livre da duna com galhos de poda e palhas (Fig. 5), criando uma barreira física capaz de trapear a areia e iniciar a estabilização do substrato pelo desenvolvimento da cobertura vegetal, conforme Beckenkamp (1994);
- experimento 4: alinhamento e construção de um cercado simples, composto por esteiras confeccionadas com palhas de *Junco sp*, ao longo da duna frontal para aumentar a sua altura (Fig. 6); e
- experimento 5: alinhamento e construção de um cercado simples, composto por esteiras confeccionadas com palhas de “tiririca” (*Scirpus sp*) (Fig. 7).

O alinhamento das estruturas trapeadoras de areia nos experimentos 2, 4 e 5, seguiu a formação geral das dunas frontais remanescentes, mantendo o paralelismo em relação ao mar, numa distancia entre 80 a 90 metros da zona de mesomaré, segundo os trabalhos relatados no *U.S. Army Corps of Engineers* (1984).

Ao longo de um ano (março/98 a março/99), as variações nos perfis de praia-duna foram acompanhadas através de nivelamentos geométricos. Para tanto, se elegeu no meio de cada quadra do balneário de Atlântida Sul, áreas para o monitoramento topográfico em função do grau de impacto da duna frontal e existência de estruturas de referência permanentes (RN principais), tais como: postes, muro de residências e abrigos de salva vidas. Em cada perfil se instalou um nível de referência secundário na base da duna frontal, utilizando canos de PVC de 100 mm, enterrados na areia com testemunhador à percussão, e preenchidos com uma mistura de cimento e areia.

Após a instalação das estruturas de estabilização e construção de duna, em julho de 1998, a dinâmica das areias também pode ser monitorada através da leitura de réguas graduadas entre - 50 cm e 50 cm, fixadas nas dunas e localizadas por teodolito.

Como perfil de controle (P9), escolheu-se uma duna frontal estabilizada com vegetação natural, situada em uma região não urbanizada e de uso extensivo, 1 km ao sul da área de manejo.

Para análise das variações dos perfis de praia-duna e dos correspondentes volumes de areia ao longo do tempo, considerou-se todo o campo de dunas, faixa com extensão em torno de 40 a 50 m, situada entre o pós-praia e a estrada interpraia (Fig. 2 e Fig. 8), estendendo-se 10 m além da base da duna (escarpa), com a finalidade de incluir também a duna embrionária.



Figura 3 - Experimento 1: esteiras transversais aos ventos do quadrante NE, predominantes.



Figura 4 - Experimento 2: cercados duplos de esteiras paralelas à linha do mar.



Figura 5 - Experimento 3: cobertura morta com galhos de *Casuarina* sp.



Figura 6 - Experimento 4: cercado simples paralelo ao mar, confeccionado com palhas de *juncos* amarradas a taquaras.

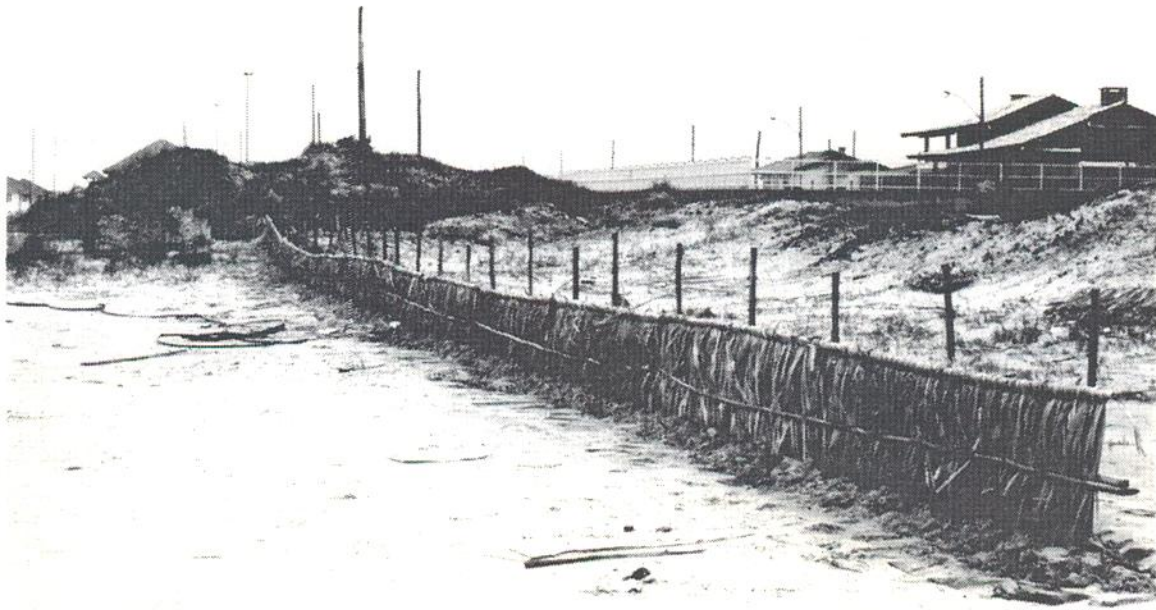


Figura 7 - Experimento 5: cercado simples paralelo ao mar, confeccionado com palhas de *tiráica* amarradas a taquaras.

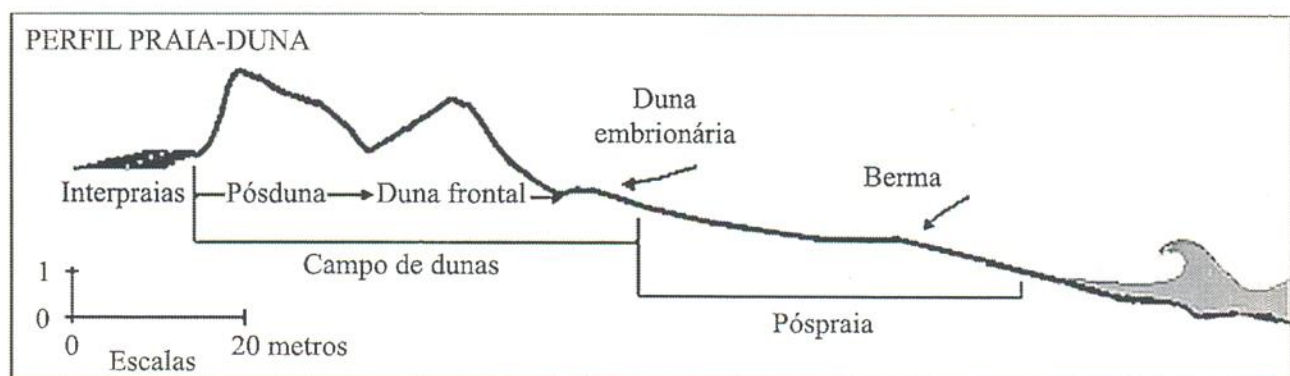


Figura 8 - Perfil praia-duna esquemático das feições morfológicas encontradas no campo de dunas das praias de Osório-RS.

RESULTADOS

Variação dos perfis de praia

A variação dos perfis praia-duna (P1, P2, P3, P4 e P5) representativos dos 5 experimentos do projeto e a duna de controle (P9) estão apresentados na figura 9. O campo de dunas objeto deste estudo, apresenta feições do tipo, duna primária, duna frontal e pós-duna (Fig. 8), diferenciadas por espécies vegetais que se sucedem em função da tolerância ao "spray" marinho, abrasão eólica, umidade e níveis de nutrientes no solo.

Todos os perfis de praia, antes do manejo em agosto de 1998, apresentavam dunas remanescentes com diferentes formas, tamanho e inclinação, níveis de estabilização e de cobertura vegetal. Ao final do estudo em março de 1999, todas as dunas frontais aumentaram tanto em extensão como na altura. Ao progredirem no sentido do mar, diminuiram a declividade do lado marinho, atingindo valores próximos a 20%, o que resultou em formas mais convexas e estáveis do terreno frente aos ventos soprados do mar.

Observa-se nos perfis P1 e P4 (Fig. 9), no final do período de monitoramento, uma grande quantidade de areia migrando do sistema praial no sentido do continente. Apesar de serem os perfis de maior crescimento ao longo do tempo, demonstra que somente métodos estruturais (cercados e cobertura morta sobre a duna frontal) são insuficientes para a estabilização de dunas em áreas cuja a vegetação foi destruída pelo excesso de pisoteio. Já os perfis P2 e P9, ambos situados em vazios populacionais, apresentaram um vigoroso trapeamento das areias na frente da duna, devido a presença de uma vegetação abundante.

Taxas de sedimentação

As taxas de sedimentação média ocorridas nos 6 perfis de praia analisados, entre março/98 e março/99, estão na Figura 10. Constata-se que houve neste período, mesmo durante o inverno, uma constante acresção de areia às dunas frontais da área de manejo, favorecidas pelas condições meteorológicas e pela ausência de grandes ressacas capazes de provocar erosão no perfil praial.

As menores taxas de sedimentação média ocorreram no início da primavera com $6,36 \times 10^3$

$\text{cm}^3/\text{metro linear}/\text{dia}$. A partir da segunda quinzena de novembro de 1998, ocorre o aumento no suprimento de areia ao campo de dunas, atingindo a média máxima em fevereiro de 1999 com $88,96 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{metro linear}/\text{dia}$, para depois diminuir no final do verão para $43,39 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{m}/\text{dia}$.

A capacidade máxima de trapeamento dos experimentos e da vegetação, frente ao transporte eólico, transitou com picos nos meses de dezembro e fevereiro, variando entre 72 a $158 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{m linear}/\text{dia}$, dependendo do segmento da praia analisado.

Volume de areia acumulado

O volume de areia acumulado nas dunas frontais, 223 dias após a instalação dos sistemas de manejo, estão representados na figura 11. Preenchida a capacidade de retenção de areia pelas esteiras instaladas no campo, o volume médio de areia acumulada foi de $8,58 \text{ m}^3/\text{m linear de praia}$. Os experimentos mais efetivos no processo de trapeamento das areias transportadas pelo vento, desde a praia, foram o experimento 4 ($14,11 \text{ m}^3/\text{m}$) e o experimento 1 ($12,49 \text{ m}^3/\text{m}$), respectivamente; um cercado simples de palhas de juncos paralelo ao mar e cercados transversais ao vento dominante (NE). Eficiência acima da média obteve o perfil de controle (P9) com $10,31 \text{ m}^3/\text{m}$. Próximo a média situou-se o experimento 2 (cercados duplos paralelos ao mar), acumulando $7 \text{ m}^3/\text{m}$. Abaixo da média estiveram o experimento 5 (cercado simples de palha de *tiririca* paralelo ao mar), com acúmulo de $6,35 \text{ m}^3/\text{m}$, e o experimento 3, o menos efetivo de todos, com apenas $1,31 \text{ m}^3/\text{m}$ de areia acumulada na duna frontal por metro de linha de praia.

Os blocodiagramas representativos dos relevos do campo de dunas 1, antes do manejo e ao final do estudo, apresentam-se na figura 12. Eles foram produzidos a partir do levantamento planialtimétrico realizado no início de setembro 1998 e monitorados através da leitura das réguas até fevereiro de 1999. Observa-se na comparação entre os dois relevos, um acúmulo de areia bem mais significativo no lado à barlavento (NE), resultando numa acresção de $852 \text{ m}^3/168$ dias em toda essa unidade de manejo.

Esta metodologia foi prejudicada pela constante retirada das réguas pelos transeuntes do campos de dunas, mesmo assim, estes resultados indicam o predomínio da direção de transporte das areias no sentido NE para SW.

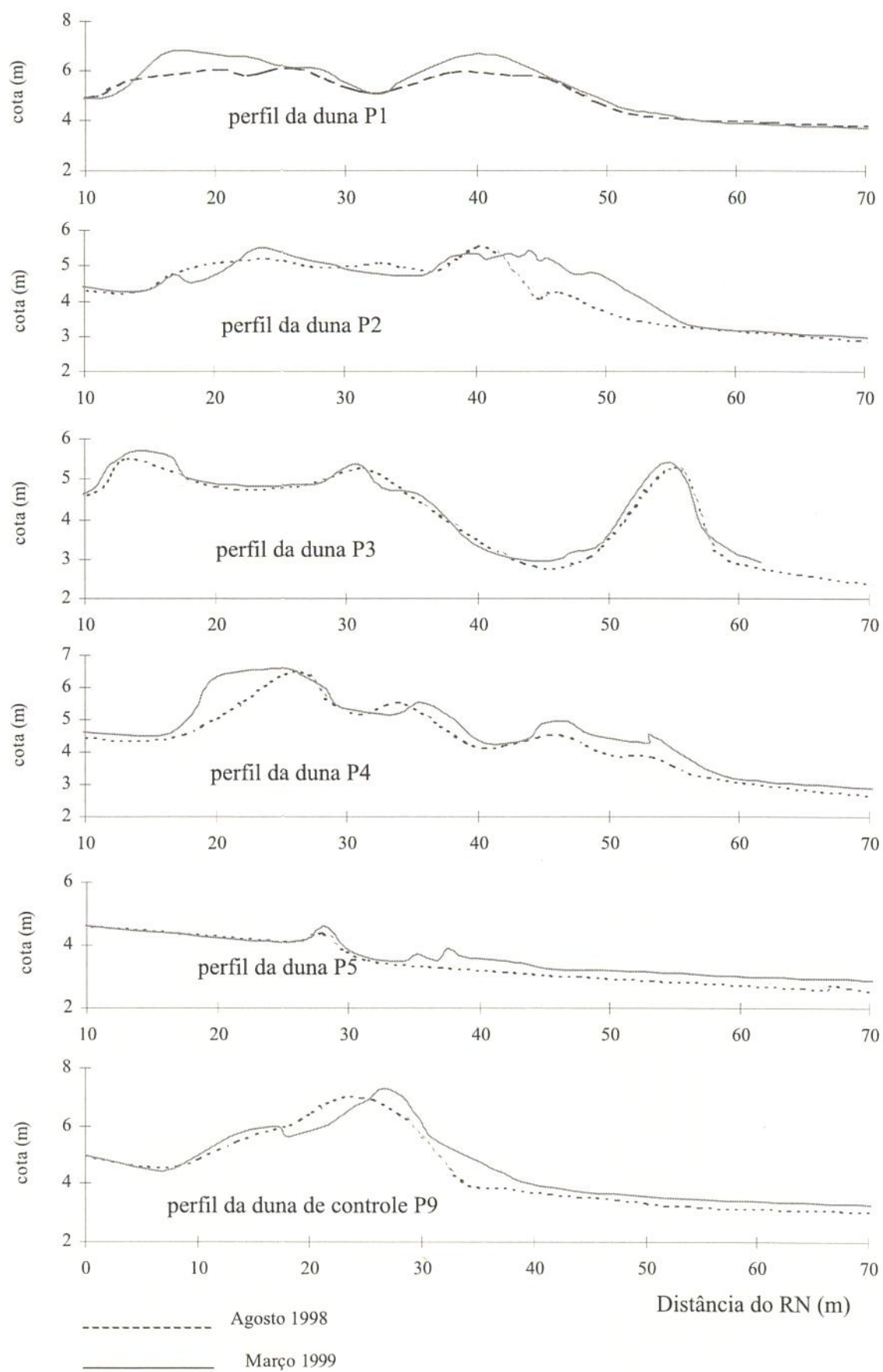


Figura 9 - Variação dos perfis das dunas manejadas (P1, P2, P3, P4 e P5) e da duna de controle (P9), entre agosto de 1998 a março de 1999.

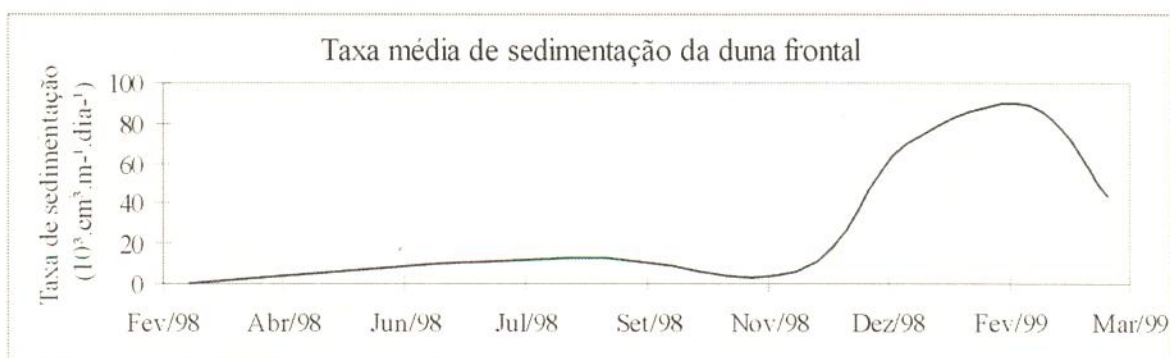


Figura 10 - Taxas de sedimentação média nas dunas frontais do segmento litorâneo estudado (1 km).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Taxas de deposição

O período de execução do projeto foi dominado por um clima seco por influência do fenômeno “la nina” que é o resfriamento das águas do Pacífico Sul Oriental com efeito na circulação das massas de ar no hemisfério sul. O clima de ondas também foi afetado, não se registrando no período nenhuma grande ressaca decorrente de ciclones extratropicais na área de estudo. Em consequência, o perfil da zona de supramaré e da duna frontal mantiveram-se sempre com tendências deposicionais, verificando um pequeno crescimento mesmo durante o inverno (Fig. 10). Por outro lado, as baixas taxas de sedimentação na duna frontal verificados nos meses de setembro, outubro e novembro de 1998, estão associados a deflação eólica proporcionada pelos intensos ventos NE de primavera (Fig. 13), sem contudo, haver uma correspondente alimentação de areia à praia.

O potencial de areia na praia é uma função do suprimento de areia devido ao regime de ondas, extensão da praia e velocidade do vento (Short & Hesp, 1982). Durante o verão, as ondas de baixa energia produzem a migração dos bancos de areia situados na praia submarina no sentido da praia subaérea, que se fundem à zona de maré, aumentando o suprimento de areia e a extensão da praia. Justamente, no período de primavera/verão, ocorre o aumento na frequência e nas velocidades dos ventos do quadrante NE (Fig. 13), que favorecem o transporte das areias continente adentro.

Esta situação favorável ao crescimento das dunas frontais ocorreu na área de estudo, a partir da segunda quinzena de novembro de 1998, quando as taxas de sedimentação começaram a aumentar, atingindo valores máximos de até $157,85 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{m}/\text{dia}$ entre dezembro/98 e fevereiro de 1999, declinando para o final do verão.

Efetividade dos experimentos

Os resultados de campo demonstram que a disposição das esteiras não precisa ser perpendicular a direção do vento predominante, e funcionam mesmo construídas com alguma angulosidade em relação a direção de transporte das areias pelos ventos. Portanto, a instalação de cercados simples paralelos a linha de costa (experimento 4 - Fig. 6) é o método estrutural mais eficiente e de menor custo para a estabilização e construção de dunas frontais. Mas, pelo fato, do maior aporte de areia advir do lado NE, de onde sopram os ventos predominantes, e pela necessidade de ordenar o acesso dos usuários à praia, pode-se empregar um sistema misto, ou seja: uma ou duas esteiras dispostas transversais ao vento dominante NE (experimento 1 - Fig. 3), na borda à barlavento, seguida de um cercado simples paralelo a linha de costa, numa extensão mínima de 30 m.

A instalação de duplas fileiras de cercas, com as cercas individuais espaçadas aproximadamente 4 vezes a altura da esteira (ver experimento 2 - Fig. 4), apresentou muito bom desempenho no período de maior velocidade de ventos e de elevado aporte de sedimentos (primavera/verão), quando a capacidade de trapeamento das suas esteiras foi

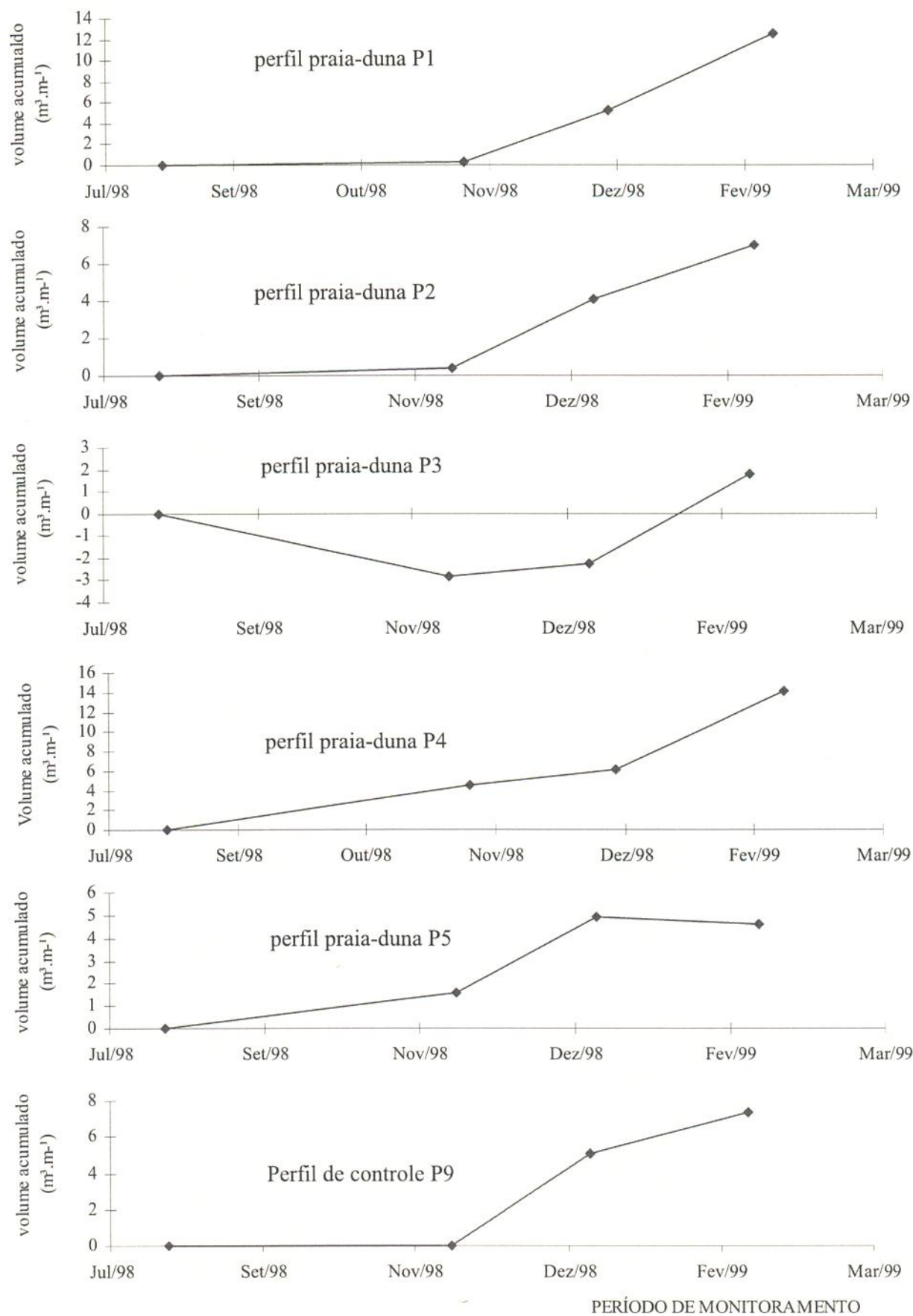
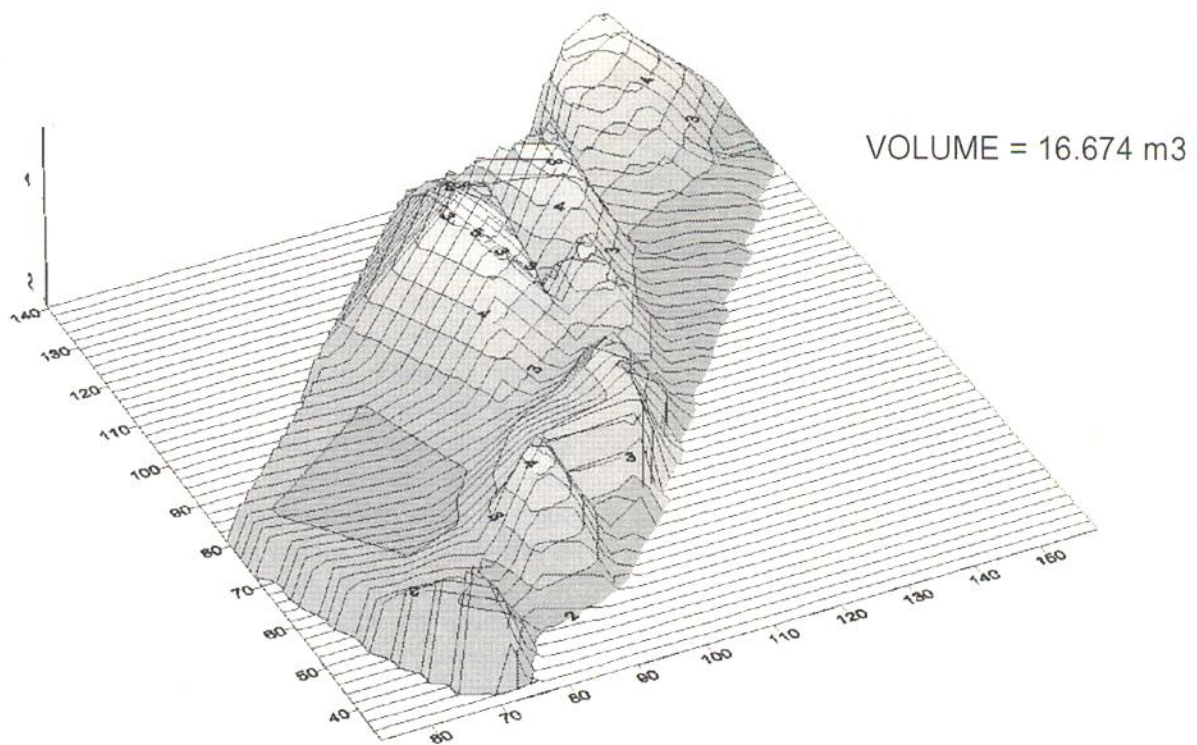


Figura 11 - Volume de areia acumulada nos perfis de praia-duna (P1, P2, P3, P4 e P5) e no perfil de controle (P9), entre agosto de 1998 a março de 1999.

EXPERIMENTO 1 ANTES DO MANEJO



EXPERIMENTO 1 APÓS O MANEJO

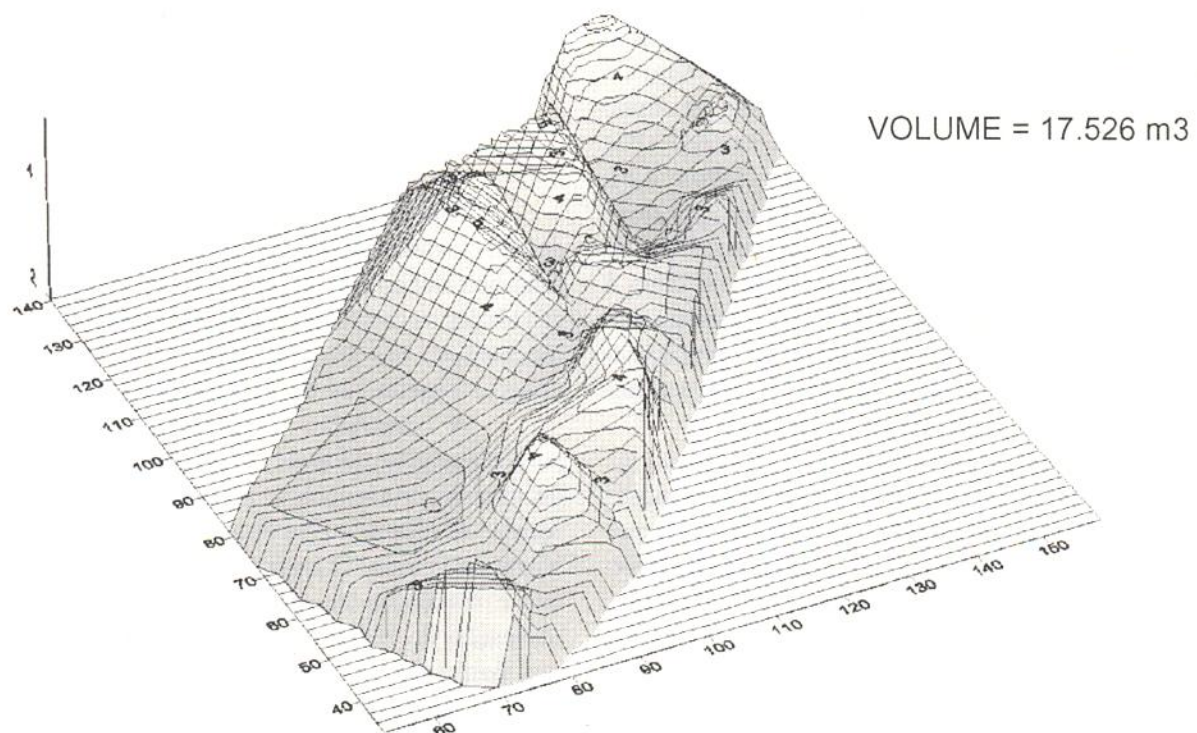


Figura 12 - Blocodiagrama do relevo do experimento 1, antes do manejo (agosto/98) e após o manejo (fevereiro/99).

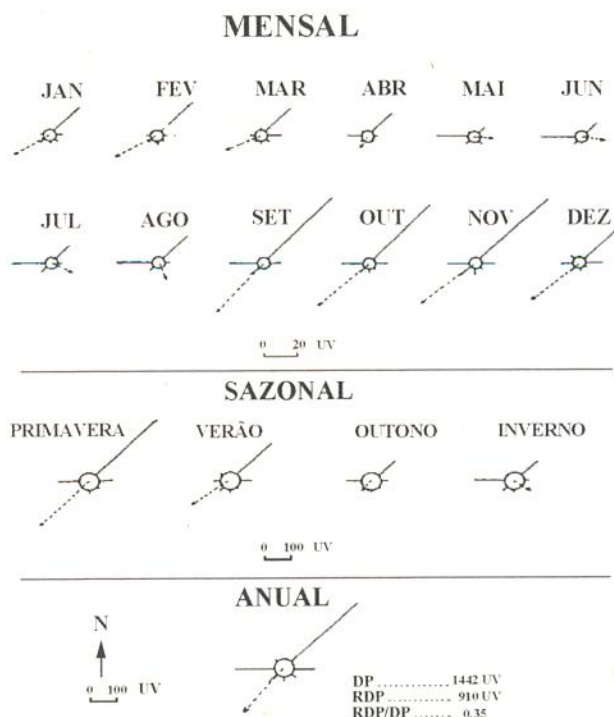


Figura 13 - "Rosa de areia" mensal, sazonal e anual correspondente ao potencial de deriva das areias pelos ventos incidentes na área de estudo, segundo Tomazelli (1994).

comprovada pelo rápido preenchimento do seu lado a barlavento. No entanto, por ter um custo de instalação maior, não compensa a sua utilização nos segmentos costeiros com baixo transporte de areia.

O experimento 3 (Fig. 5) apresentou valores negativos de crescimento, de agosto a novembro de 1998, ocorrendo a deposição e o acúmulo de areia, somente no verão. O perfil de nivelamento (P3) monitorou uma zona de fuga de areia (*Blow out*), caracterizado por um buraco na duna frontal por onde o vento oblíquo à praia, aumenta o sua velocidade de fluxo provocando deflação da superfície da duna à sotavento. O sistema empregado para o crescimento da duna foi o de cobertura morta, sendo numa densidade insuficiente, para evitar a ação dos ventos fortes e o transporte das areias nesta zona crítica.

O emprego de galhos de *Casuarina sp.* como cobertura morta sobre superfícies arenosas desvegetadas, não se aconselha em função da germinação das suas sementes. A disseminação desta vegetação exótica sobre o sistema natural de duna, além de descaracterizar a paisagem, não protege a duna contra a erosão provocada pelo embate das ondas, como a vegetação nativa portadora de estoques e raízes adventícias.

O perfil de nivelamento (P5), responsável pelo monitoramento do experimento 5, sofreu forte

influência de proximidade ao sangradouro em relação aos demais experimentos - Figura 2. Os sangradores tem importante papel no balanço de sedimentos pois nas épocas de chuvas no continente são os transbordos naturais das águas, carreando grandes quantidades de sedimentos de volta para o mar. No entanto, também provocam o rebaixamento do pós-praia, permitindo uma maior ação das ondas nas áreas adjacentes. Para impedir a erosão da duna frontal, os administradores devem fazer o prolongamento das manilhas responsáveis pela saída das águas pluviais do balneário para a praia.

Nestes locais onde o suprimento de areia para formar a duna é pequeno, deve-se construir a duna através de areia vindas de outros lugares com a utilização de máquinas, preparo do terreno e plantio de vegetais capazes de estabilizar a duna, conforme metodologia aplicada pelo *Texas General Land Office* (1991) e pelo *Soil Conservation service of NSW* (1990).

A vegetação formada por espécies pioneiras, resistentes as inundações marinhas no pós-praia-*Blutaparon portulacoides* e *Paspalum vaginatum*, apresentaram um papel fundamental na formação das dunas embrionária e na migração da duna frontal em direção ao mar. No período de verão, associado ao crescimento na altura da duna, ocorrem mudanças na vegetação com a substituição competitiva pelo capim de praia (*Panicum racemosum*), que é capaz de resistir mais ao ressecamento, acompanhando a maior taxa de deposição.

CONCLUSÃO

Todo o Programa de Reabilitação de Dunas deve ter como princípio básico a manutenção de uma boa cobertura vegetal, através do controle das atividades recreativas e dos acessos à praia, e de recuperação das áreas de risco com métodos estruturais e vegetativos de construção de duna.

A construção de dunas utilizando esteiras para contenção de areia, produzidas através do uso de matéria prima local e métodos artesanais, é uma forma de desenvolvimento sustentável do litoral Norte do Estado. O emprego das técnicas de confecção e instalação de esteiras nas dunas, a partir da utilização da palha do *junco* e *tiririca*, abundantes nos banhados e lagoas da região, pode assegurar renda e emprego aos moradores do litoral.

Os testes de campo usando estruturas para estabilizar e construir dunas artificiais, sob várias condições, nos permite afirmar o seguinte:

- a) A cerca deve ser mantida paralela a linha de costa, numa distância variável do nível do mar entre 80 a 100 m, afim de evitar o freqüente ataque de ondas. A presença das dunas remanescentes vegetadas é que definem a distância correta em direção a costa e em relação a crista do berma.
- b) Em razão do sentido do transporte eólico predominar do NE para o SW, esteiras transversais ao vento dominante podem ser instaladas no lado à barlavento da duna, próximo aos sangradouros. Em áreas de praia de uso mais intensivo, as esteiras transversais também tem finalidade de organizar o acesso a praia, evitando a formação de *blowouts*.
- c) A acumulação de areias pelos cercados não é constante e varia com o segmento da praia, distância dos sangradouros, estação do ano e de ano para ano. Pelos resultados obtidos neste artigo, recomenda-se a instalação de esteiras nas praias do sul do Brasil a partir do início da primavera. Nas áreas com pouco suprimento de areia, cercados com até 80 cm de altura, como os construídos com palhas de *tiririca*, são suficientes. Em áreas de maior aporte, cercados com 1,20 m de altura, confeccionados com palhas de *junco*, defendem melhor a ação erosiva do vento, possibilitando uma acumulação mais efetiva.
- d) As dunas construídas por esteiras devem ser estabilizadas com vegetação pois as cercas se deterioram e liberam areia. Enquanto as esteiras são imediatamente efetivas no trapeamento das areias, logo que são instaladas, a vegetação exige preparo do terreno, estação para a colheita e o plantio, e tempo para iniciar o acúmulo das areias. Portanto, o cercado de areia é útil para acumular areia antes que a vegetação plantada torne-se estabilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beckenkamp, P. R. C., 1984. Projeto de recuperação e fixação de dunas costeiras do Balneário Cassino-RS. In: SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 7., 1994, Itajaí. **Resumos...** Itajaí, Univali.
- Calliari, L. J.; Speranski, N.; Boukareva, I., 1998. Stable Focus of Wave Rays as a Reason of Local Erosion at the Southern Brazilian Coast. *Journal of Coastal Research*. SI (26) ICS'98 **Proceedings**, p. 19-23.
- Marra, J. J. 1993. Sand Management Planning in Oregon. *Coastal Zone*, 93:1913-24.
- Martins, L. R. 1967. Aspectos texturais e deposicionais dos sedimentos praias e eólicos da planície costeira do Rio Grande do Sul. **Publicação Especial**, 13. Porto Alêgre: Escola de Geologia/UFRGS. 102 p.
- Motta, V. F. 1969. **Relatório Diagnóstico Sobre a Melhoria e o Aprofundamento do Acesso pela Barra do Rio Grande**. Porto Alegre: IPH/UFRGS. 144 p.
- Nações Unidas, 1983. **Tecnologias para o control de la erosin costera**. Nova York: DAESI/Nações Unidas. ST/ESA/116. 142 p.
- Short, A. D. and Hesp P.A., 1982. Wave Beach and Dune Interactions in Southeastern Australia. *Marine Geology*, 48: 259-284.
- Soil Conservations Service Of NSW, 1990. **Coastal Dune Management: A manual of Coastal Dune Management and Rehabilitations Techniques**. Sidney: Soil Conservations Service of NSW. 75 p.
- Tabajara, L. L. 1999. **Plano Experimental de Manejo das Dunas das Praias de Osório-RS**. Porto Alegre: Ceclimar/ Ufrgs. Relatório Técnico Conclusivo (inédito). 28 p.
- Toldo Jr., E. E.; Dillenburg, S.R.; Almeida, L.E.S.B; Tabajara, L.L.; Martins, R.R. e Cunha, O.B.P., 1993. Parâmetros Morfodinâmicos da Praia de Imbé, RS. **Pesquisas**, 20 (1):27-32.
- Tomazelli, L. J. 1994. Morfologia, Organização e Evolução do Campo Eólico Costeiro do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, 21(1):64-71.
- 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**, 19 (1):3-12.
- Texas General Land Office (1991). **Dune Protection and Improvement Manual**. In: Garry Mauro (ed.) Austin, Texas, Resource Management and Development. 25 p.
- Wright, L. D. & Short, A. D. 1984. Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: A synthesis. *Marine Geology*, 56: 93-118.
- U. S. Army Corps Of Engineers, 1984. **Shore Protections Manual**. 4a. ed. Vicksburg, MS: Army Engineer Waterways Experiment Station. 2v. p. 37-53.