

# REGENERAÇÃO DE DUNAS FRONTAIS NO BALNEÁRIO DO MAR GROSSO, SÃO JOSÉ DO NORTE (RS).

Ulisses Rocha de Oliveira. Professor Associado da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Email: [ulissesoliveira@furg.br](mailto:ulissesoliveira@furg.br)

José Alfredo Veiga da Cunha. Graduação em Geografia (FURG).

Email: [juca.furg@hotmail.com](mailto:juca.furg@hotmail.com)

Karine Bastos Leal. Graduação em Geografia (FURG)

Email: [karinebleal@gmail.com](mailto:karinebleal@gmail.com)

Rodrigo Silva Simões. Mestre em Geografia (FURG)

Email: [rodrigossimoes@furg.br](mailto:rodrigossimoes@furg.br)

Luiz Liberato Cavalcanti Tabajara. Seagrass Gerenciamento Costeiro Ltda.

Email: [luiztabaja@hotmail.com](mailto:luiztabaja@hotmail.com)

## RESUMO

Este trabalho visa analisar a regeneração de dunas frontais no balneário do Mar Grosso, município de São José do Norte, sul do Brasil, decorrente de ações de manejo, bem como avaliar a estabilidade da costa no local nos últimos anos. Foi realizada a descrição da situação anterior, bem como o acompanhamento do processo de manejo, utilizando relatos e fotografias de campo. Imagens orbitais obtidas no software Google Earth PRO® e imagens de drone possibilitaram caracterizar a situação mais atual do local. Devido a migração de sedimentos eólicos sobre edificações, entre 2005 e 2009 foram aplicadas diversas ações, como técnicas de retenção de sedimentos, de modo que as dunas fossem recuperadas. Houve relativa estabilidade entre os processos erosivos e de sedimentação da linha de costa entre 2006 e 2015, o que foi relevante na manutenção das ações de manejo implantadas.

**Palavras-chave:** Dunas frontais. Ações de manejo. Regeneração dunar. Erosão. Sedimentação.

## INTRODUÇÃO

Dunas costeiras são feições geomorfológicas desenvolvidas junto a praias arenosas, onde ocorre aporte abundante de sedimentos a partir da praia, como resultado do transporte eólico de sedimentos em direção à costa (CARTER, 1988). Segundo Hesp (1999), há uma variedade de dunas costeiras, sendo estas formadas e influenciadas pela existência ou ausência de vegetação. Para Cordazzo; Seeliger (1987), a formação das dunas costeiras decorre da interação entre vento, areia e vegetação, da qual derivam as dunas frontais incipientes, dunas frontais, corredores de deflação e campos de dunas transgressivas.

As dunas frontais são cordões paralelos à costa, convexos, simétricos ou assimétricos, situadas na retaguarda da linha de maré alta na porção superior do pós-praia, formados por deposição eólica na presença de vegetação (HESP, 2002). Para Nordstrom (2010), as dunas frontais fornecem barreiras naturais contra extravasamento da água do mar, inundação, estresse do vento, transporte de sedimento e spray marinho durante tempestades, o que ajuda a manter a integridade geral dos habitats da parte interior da praia. Estas feições ainda protegem o lençol freático contra a salinização além de servir de berçário e também de habitat para várias espécies da fauna e flora.

A mobilidade das dunas, por sua vez, é motivo de constantes conflitos de uso, principalmente devido à presença de balneários em áreas próximas ou sobre dunas. Problemas ambientais relacionados às dunas e sua utilização e conservação são recorrentes na costa oceânica do Rio Grande do Sul. Nas últimas décadas, as dunas costeiras, de forma particular, têm sido alvo

de múltiplos impactos humanos (SEELIGER; COSTA, 1998; CORDAZZO *et al.*, 2006), como a urbanização, a retirada de areia, o pastoreio e o trânsito de veículos automotores. Tais fatos podem barrar a movimentação constante das areias e o ciclo natural de deposição e transporte deste material, constituindo ameaças à sua conservação.

Compatibilizar a preservação do ecossistema dunas costeiras com as necessidades humanas tem se tornado um desafio no mundo e no Brasil, visto que os litorais do mundo estão sendo transformados em artefatos por meio de ações danosas, como a eliminação de dunas para facilitar a construção de edifícios e infraestrutura de apoio (NORDSTROM, 2010). Para isto, regramentos de uso e ocupação da zona costeira vêm sendo criados. No Brasil, as dunas são Áreas de Preservação Permanente, protegidas por legislação específica (Lei 12.651/12 de 25/05/2012 da Presidência da República). Para a realização de qualquer atividade, como construção de casas próximas a linha de costa oceânica, onde ocorrem dunas costeiras, é necessária a autorização do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis). Na costa do Rio Grande do Sul, para realização de obras e ações na orla, além da autorização em nível federal, é necessário obter licença da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental), conforme Lei Estadual nº 11.520/00 de 03/08/2000 do Código Estadual do Meio Ambiente, e das prefeituras municipais conforme a Lei 6.938/81 de 31/08/1981 da Presidência da República. Medidas de controle desenvolvidas entre a sociedade civil organizada e o poder público têm permitido a recuperação de campos de dunas costeiras através de ações de reconstituição dunar, monitoramento, fiscalização, limpeza e educação ambiental (NEMA, 2005).

Este trabalho visa analisar a regeneração das dunas na praia do Mar Grosso, município de São José do Norte, costa oceânica do Rio Grande do Sul. Neste local se estabeleceram relações entre a dinâmica das dunas costeiras e a ação do homem, que em um primeiro momento destruiu e posteriormente mesmo propiciou sua reconstrução. As ações realizadas visando a reconstrução ocorreram na tentativa de conter o processo de migração de dunas em direção à área urbana, visando minimizar os problemas que ocorriam na referida orla marítima, o que possibilitou a regeneração do ambiente dunar. Serão expostos também dados referentes a erosão e a sedimentação das dunas frontais nos últimos anos no local e a situação mais atual das mesmas, alertando para a necessidade de aplicação de novo plano de manejo no local.

## **ÁREA DE ESTUDO**

O Balneário da Praia do Mar Grosso está situado na faixa oceânica do Município de São José do Norte – RS(32°03'12''S; 51°59'36''W), cerca de 10 km ao norte da desembocadura da Lagoa dos Patos (Figura 1) e cerca de 6 km da sede do município, de onde se dá o principal acesso

ao local por meio de uma rodovia. A urbanização neste local é composta atualmente por três aglomerações urbanas próximas, sendo a mais antiga localizada mais próxima da faixa de praia.

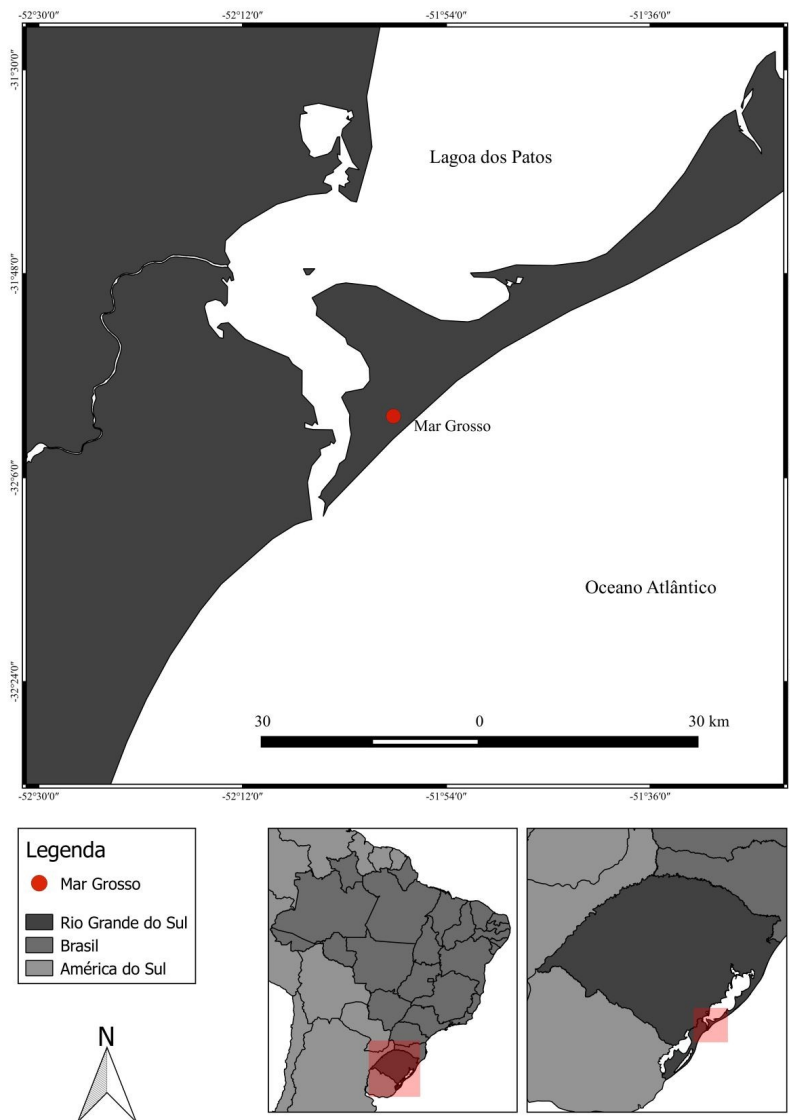


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: elaboração própria

A área de estudo situa-se sobre terrenos holocênicos da chamada barreira IV, barreira costeira arenosa de idade holocênica, em um segmento onde a mesma apresenta característica progradante (DILLEMBURGET *et al.*, 2005), com presença de cristas de praia ou duna, sob alguma influência da desembocadura da Lagoa dos Patos. Apresenta praia arenosa e larga e dunas frontais. As dunas estão entre a faixa de praia e os depósitos sedimentares holocênicos recobertos por pastagem, situados à retroterra. Segundo Oliveira e Calliari (2006) a área de estudo é constituída de areias praias e eólicas basicamente quartzosas e com alto grau de maturidade, com predomínio de areias finas. De acordo com a classificação de Wright e Short (1984), a praia apresenta estágio morfodinâmico banco e cava longitudinal a dissipativo, composta por vários bancos predominantemente longitudinais, sendo os mais rasos geralmente ativos.

Em relação a dinâmica costeira, o sul do Brasil, segundo Nimer (1989), apresenta clima mesotérmico úmido, sem possuir uma estação seca bem definida. A maior influência no clima é o centro de alta pressão do Atlântico Sul, que aliado à proximidade da convergência subtropical e do sistema lagunar Patos-Mirim, imprime características temperadas-quente sobre o local. Os ventos de NE dominam durante a maior parte do ano, mas nos meses de outono e, principalmente, no inverno, associados ao aumento da frequência de passagem de sistemas frontais, ventos de sul, sobretudo de SW começam a ter importância significativa (KRUSCHE *et al.*, 2002). Os ventos mais frequentes provêm do quadrante NE, principalmente na primavera e no verão, enquanto os ventos S-SW possuem frequência secundária e são mais recorrentes no inverno, normalmente associados a frentes frias e tempestades (CALLIARI; KLEIN, 1993). A umidade decresce sob atuação da massa Tropical Atlântica, favorecendo o deslocamento dunar em períodos de tempo bom e vento NE. Ondas de alta energia, geralmente provenientes de SSE, podem ocasionar empilhamento de água na costa e erodir as dunas frontais.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A compreensão do processo de embate socioambiental entre as dunas e a urbanização, bem como as ações de manejo implantadas, foram analisadas mediante acompanhamento das etapas de manejo, entrevistas com participantes (civis e órgãos públicos) e registro fotográfico antes, durante e após as ações de manejo. Fotografias aéreas do exército de 1974 foram utilizadas para auxiliar na caracterização do contexto inicial. Especificamente para descrever a ação de manejo das dunas, iniciada em 2005, foram realizadas reuniões e entrevistas informais com moradores envolvidos no processo de manejo, principalmente com aqueles que tinham residência no local. Com isso, pôde-se organizar e descrever detalhadamente o processo, com órgãos gestores buscando analisar a iniciativa, bem como para avaliar a participação de órgãos governamentais e usuários da praia no processo.

Imagens aéreas e fotografias de campo foram utilizadas para verificar a área da regeneração dunar. Fotografias convencionais foram obtidas durante o processo de contenção e crescimento das dunas, possibilitando caracterizar o processo de modificação das dunas frontais nos diferentes períodos analisados. No balneário do Mar Grosso, há imagens aéreas do período anterior, durante e posterior do processo. Foram adquiridas imagens orbitais obtidas no *software* Google Earth PRO® nas seguintes datas: 12/01/2004, 16/8/2006, 30/8/2009, 8/4/2012, 28/5/2014 e 18/6/2015. As primeiras imagens identificaram a regeneração das dunas enquanto as demais caracterizaram a relativa estabilidade entre a erosão e a sedimentação no local. Imagens de drone foram obtidas em 9/7/2016 e 6/12/2016, possibilitaram identificar a ação de um evento extremo de energia de ondas ocorrido em outubro de 2016. Já imagens obtidas pelo drone em 23/11/2017 foram

utilizadas para verificar a situação mais atual do local. Sobre estas imagens e fotografias aéreas foram aplicadas técnicas de geoprocessamento para análise da variação das dunas frontais na área, através do Método Polígono da Mudança (SMITH; CROMLEY, 2012).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Situação antecedente –Urbanização e a degradação das dunas frontais**

Em relato ao Jornal da Praia em janeiro de 1990, o morador nortense Ilko José Pontes afirmou que na década de 1960 não havia estrada de acesso à praia do Mar Grosso, sendo que para chegar lá era necessário atravessar o “campo do quartel”, pertencente ao exército brasileiro, o chamado “arroio do Laracha” e por fim um campo de dunas, fatos que dificultavam o acesso ao local (CABREIRA, 2006). A partir da construção de uma estrada (Figura 2), que facilitou o acesso, começaram a surgir as primeiras construções.



Figura 2: Área de estudo em 1974, com dunas frontais preservadas, com pouca ocupação e uma recém construída via de acesso. Fonte: Exército brasileiro.

Há relatos que a prefeitura municipal em algum momento cedeu mão de obra e condução para o transporte de materiais. O loteamento foi iniciado na área através de Contratos de Cessão. Assim que os lotes doados foram sendo ocupados, o referido balneário aumentou sua estrutura urbana rapidamente. O desenvolvimento urbano, já em seu período inicial, degradou o cordão de dunas frontais, seja pelo pisoteio, abertura de trilhas e ruas e retirada de areia para aterro dos banhados. No fim da década de 1970, pensando em um atrativo para que os moradores da cidade utilizassem mais o local, foi realizada uma terraplanagem junto à praia, a partir do limite de preamar em direção ao continente, retirando toda a areia das dunas frontais junto ao balneário, fato

repetido algumas vezes em anos posteriores. Com isto a porção defrontante a área urbana mantinha contato direto com a faixa de praia (Figura 3).



Figura 3: Imagem orbital de 12/1/2004, período em que praticamente não havia dunas frontais no balneário do Mar Grosso. Fonte: Google Earth PRO®.

Com a retirada ou degradação das dunas frontais, o terreno entre as edificações e a praia começou novamente a ser preenchido pelos sedimentos transportados pelos ventos da praia para o continente próximo. Como nesta área havia pouca cobertura vegetal e nenhum outro obstáculo, as areias migravam livremente até a primeira barreira que encontravam (as casas). A predominância do vento de ENE na primavera e verão ocasionavam então a migração de sedimentos para o interior da planície neste local, provocando o empilhamento de areia nas áreas onde estavam locados os imóveis, pois estes eram os primeiros obstáculos que os sedimentos encontravam, trazendo transtornos aos moradores que viam os sedimentos invadir suas casas (Figura 4).



**Figura 4:** Empilhamento de areia sobre residências no balneário do Mar Grosso em 2005.  
Fonte:acervo pessoal.

A prefeitura de São José do Norte, a cada início de temporada de veraneio, deslocava para o balneário um contingente de maquinário e funcionários para fazer a retirada de areias junto às casas que estavam sendo invadidos pelas dunas, além de promover novos processos de terraplanagem no local.

### **Ações de manejo implantadas**

O período entre 2005 e 2011 refere-se ao momento onde o processo de manejo ou captura dos sedimentos que chegavam à porção frontal ao balneário do Mar Grosso ocorreu, com regeneração das dunas frontais. Como relatado, no início deste período o balneário estava desprovido de dunas frontais, removidas por ação antrópica. A área que sofreu regeneração foi de aproximadamente 300.000 m<sup>2</sup>, apresentando aproximadamente 1.000 m de comprimento, paralelo à linha de costa, e cerca de 300 m de largura, entre o limite superior da praia e a área urbana.

A partir do verão de 2005/2006, a Secretária de Agricultura, Pesca e Meio Ambiente, SMAPEMA hoje extinta, incumbida de organizar o balneário para o verão de 2006/2007, fez uma consulta à comunidade local e um monitoramento, baseado na observação empírica, a cada semana durante cerca de um ano. Assim, chegou-se à conclusão que o vento que mais contribuía para o acúmulo de areia nas áreas habitadas era o vento de ENE. Com base nestas informações, começou a ser implantado um projeto experimental para o manejo da área em frente ao balneário do Mar Grosso. A ideia da recuperação da faixa de dunas foi sugerida pela comunidade junto a Secretaria

Municipal de Coordenação e Planejamento do município, como uma solução menos impactante ambientalmente, menos onerosa e efetivamente eficaz, no que se refere à implantação e monitoramento do projeto. Para isto, diversas iniciativas, ou ações, foram tomadas.

Foram então realizadas reuniões para informar sobre a implantação do projeto de recuperação, buscando a cooperação no monitoramento e manejo da área. Houve articulação política, na qual a Secretaria de Agricultura Pesca e Meio Ambiente (unificada na época); Secretaria Municipal de Coordenação e Planejamento e Secretaria Municipal de Obras e Urbanismo possibilitaram as condições necessárias ao início das atividades (maquinário e pessoal). A partir disso definiu-se que a coordenação das atividades ficaria com a Secretaria da Agricultura, Pesca e Meio Ambiente, a análise e deferimentos com a Secretaria Municipal de Coordenação e Planejamento, o efetivo operacional ficaria a cargo da Secretaria Municipal de Obras e Urbanismo e o recolhimento e segregação de restos vegetais decorrentes da poda das árvores a cargo da Empresa Contratada pela Prefeitura Municipal para Coleta de Resíduos Sólidos;

A cada poda urbana executada, os resíduos vegetais, destituídos de lixo doméstico e outros materiais potencialmente contaminantes, eram recolhidos e encaminhados para a faixa de praia, sendo depositados manualmente, formando assim uma barreira de contenção que proporcionou a agregação das partículas de areia, evoluindo para o aumento em volume e altura dos depósitos de areia neste trecho junto a praia. A colocação destes obstáculos seguiu a orientação das dunas nas áreas adjacentes, ao sul e ao norte do balneário (Figura 5), na forma de “L”. Este processo foi iniciado em meados de junho de 2006, ou seja, no início da estação de inverno, e durou um período aproximado de 3 a 5 meses. Houve também a colocação de galhos e ramos de podas na extensão longitudinal da orla, em frente ao calçadão (Figura 5).





Figura 5: (a) Imagem orbital datada de 16/8/2006 identificando o período de início de contenção das dunas frontais no balneário do Mar Grosso onde foram inseridas pequenas quantidades de areia junto à praia, em forma de “L” e galhos e ramos de podas na extensão longitudinal da orla. Fonte: Google Earth PRO®.

Considerando a influência de todos os fatores bióticos e abióticos do período que se estendeu até novembro, foi possível perceber um pequeno crescimento das dunas, para cerca de 0,80 m de altura. Ao longo desse período, observou-se o surgimento de vegetação *Snecio Crassiflorus* e *Panicum Racemosum*, características do ambiente dunar, contribuindo no quadro evolutivo das mesmas (Figura 6).



Figura 6: Incremento das armadilhas de contenção dos sedimentos utilizando galhos de casuarina oriundo das podas do balneário. Ano de 2006. Fotos: Autores.

Ao passo que eram criadas armadilhas para conter as areias, próximas ao limite de preamar, os sedimentos que estavam sobre ou próximos as casas eram retirados, em ações semelhantes as realizadas antes do período de manejo. Considerando as condicionantes no Termo de Referência da FEPAM, para Uso da Faixa de Praia, não houve nova terraplanagem. A ação de retirada da areia foi pontual e específica. Só para a retirada da areia do calçadão nesse momento

foram necessárias cerca de 60 a 80 cargas em caçambas que transportam cerca de 8m<sup>3</sup> por caçamba, o que equivale a até 640m<sup>3</sup> de sedimento. A areia foi movimentada a até 30 m de distância do calçadão, em direção ao mar, onde estavam as armadilhas de retenção de areia. As operações foram realizadas por uma retroescavadeira, por um carregador e por 3 caçambas, tendo duração entre 2 a 3 semanas.

Com o crescimento gradual das dunas na parte frontal da área de manejo, mais próximas da praia e mais distantes da área urbana, foram colocados uma maior quantidade de galhos e palhas de pinus, aumentando o tamanho do anteparo permeável ao transporte das areias eólicas por saltação na praia e por consequência das dunas. No início do processo, em 2006 e 2007, as dunas cresceram a uma altura de 0,80 a 1,20 m, e a largura aumentou para cerca de 10 m, momento em que a vegetação pioneira começou a se desenvolver (Figura 6a). Notou-se que, concomitante a esta deposição, ocorreu o desenvolvimento de vegetação. Após um ano de trabalho, foram alcançados resultados positivos na recuperação do cordão frontal e no restabelecimento da cobertura vegetal nativa;

Neste período também foram colocadas palhas de pinho como cobertura morta em uma área de 3.000 m<sup>2</sup> em cima das dunas na quadra ao lado do calçadão, na porção mais próxima às casas. Após esta intervenção, foram colocados na base destas dunas, materiais orgânicos que eram retirados dos arroios e das valas da estrada da praia, para que a ação do vento não removesse os sedimentos e continuassem a fixar as dunas frontais. Com a colocação das galharias de casuarinas ou pinus, o que propiciou a regeneração das dunas mais próximas à praia, e da estabilização da área junto às casas, uma das três ruas de acesso à praia foi fechada. O fechamento da rua ao trânsito de veículos permitiu uma melhora no ordenamento do espaço de recreação e lazer, propiciando o crescimento da vegetação nativa e a melhor estabilização das dunas em direção ao mar. Tal aspecto minimizou o trânsito de veículos e pedestres sobre as dunas em regeneração, propiciando o crescimento da vegetação nativa e do próprio sistema dunar;

Na medida do crescimento da vegetação e estabilização da geoforma eólica, as ações de manejo foram sendo ampliadas: ordenamento da estrada de acesso por meio de estacas de eucaliptos auto clavadas e espalhamento de cobertura morta sobre as áreas adjacentes. Com a duna frontal estabilizada, foi criado um braço de duna com material orgânico a esquerda da entrada da estrada da praia, a cerca de 20 m, na frente do local, aumentando a duna em “L”, onde foram fixadas as dunas e utilizadas toras de eucaliptos, visando proteger a madeira de insetos, cupins e da umidade, os quais foram estaqueados na areia nas áreas de acesso à praia, visando protegê-las. As toras de eucaliptos foram estaqueadas na areia, nas adjacências da estrada de acesso ao balneário, nas extremidades das dunas a uma distância de 2 m destas, e aproximadamente 0,70 m acima do solo.

## Desenvolvimento dunar e estabilidade da linha de costa

Dados de observação e medições precárias durante as ações realizadas, identificaram que entre 2007 a 2008 as dunas alcançavam altura de 1,50 m tendo 15 m de largura. Entre 2008 e 2009 a altura das dunas passou para até 2,30 m e 22 m de largura, estruturada paralela a linha de costa numa área mais próxima à praia e distante das residências. Entre 2009 e 2010, os valores de altura chegaram a quase 3 m em alguns locais, tendo as dunas aproximadamente 30 m de largura. A partir de 2011 alguns locais chegam a quase 4 m, atingindo os 38 m de largura em alguns locais. No final do processo de manejo a área de dunas, que era praticamente ausente em seu início, passou para algo em torno de 27.000 m<sup>2</sup>. Com isso, o limite praia duna passou a ficar cerca de 30 m das edificações defrontantes ao mar (Figura 7).



Figura 7: Fotografias mostrando os sedimentos invadindo as casas, em 2005, e a mesma área estabilizada, com desenvolvimento e estabilização das dunas frontais ao fundo, longe das moradias no período posterior a ação de manejo.  
Fonte: acervo pessoal

Com a regeneração dessas dunas frontais, o limite entre a ocupação e as dunas passou a ficar relativamente estabilizado pela vegetação. O limite duna-praia ficou então mais afastado das edificações, sendo que as edificações passaram a ficar mais protegidas da ação marinha (espraçamento durante ressacas e spray salino) pelo próprio campo de dunas. Este conjunto de ações de manejo propiciaram a regeneração das dunas. No entanto, a ação de manejo nada mais fez que reorganizar a sedimentação na porção frontal ao balneário, utilizando técnicas que já haviam sido implantadas com sucesso na praia do Cassino (NEMA, 2005). Tais ações, somadas ao prosseguimento do transporte sedimentar em direção ao local propiciaram as alterações morfométricas, sendo possíveis devido a relativa estabilidade da linha costa no período do manejo, que foi fundamental para o êxito do manejo.

Estudos que analisaram a variação da linha de costa na praia do Mar Grosso não apontam uma característica evolutiva clara. Estudos de Long; Paim (1987) mostram que para o início do século, de 1875 a 1962, a partir da raiz do molhe leste até 3km para o norte, teria havido retração da linha de costa (erosão) de 400m, correspondente a uma taxa de 5m/ano. Segundo estes autores, as observações não são bastante precisas nem muito confiáveis tendo em vista as

escalas das cartas e das fotografias aéreas usadas. Já dados apresentados pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH (MOTTA, 1969), indicam progradação da linha de costa (sedimentação) de 260m entre 1911 e 1918 a uma taxa de 32,5m/ano e de 20m entre 1919 e 1922, com taxa de 6,6 m/ano, um comportamento erosivo de 240 entre 1922 e 1950, a uma taxa de 8,57m/ano, e um novo período de sedimentação entre 1950 e 1956, de expressivos 320m, correspondente a uma taxa de sedimentação de 53,3m/ano.

Lelis (2003) e Lelis; Calliari (2004) analisaram 14km de faixa de praia entre a base do molhe leste, desembocadura da Lagoa dos Patos, e o segmento onde situa-se o balneário do Mar Grosso, utilizando levantamentos aerofotogramétricos. Segundo os autores, infelizmente somente foi possível a análise no período 1974/2000. Também não foi possível a determinação da linha de dunas frontais. Os valores obtidos por Lelis (2003) e Lelis; Calliari (2004) foi o limite praia seca e praia molhada (chamada de preamar pelos autores). Estes obtiveram valores tanto de retração (erosão) quanto de progradação (sedimentação) na linha de costa entre as duas cenas analisadas, predominando valores erosivos, com maior erosão a cerca de 3 km dos molhes, onde há foco de concentração de energia de ondas (SPERANSKI; CALLIARI, 2006), e maior sedimentação próximo ao balneário do Mar Grosso, a cerca de 10 km do molhe leste.

Usando o acervo de imagens orbitais do *software* Google Earth PRO®, Simões (2015) quantificou a distância das ocupações defrontantes ao mar em relação ao limite entre a praia e a duna frontal (*set-back*). Segundo este autor, o balneário do Mar Grosso apresentou distância média entre as edificações e o limite superior da praia de 87,21 metros em agosto de 2006, de 105,05 m em agosto de 2009 e 107,47 m em maio de 2014, identificando a recomposição das dunas frontais neste período, associando o maior ganho de valor a ação de manejo descrita neste trabalho. Leal *et al.* (2018) analisaram as cenas do Google Earth de 2006, 2009, 2012, 2014 e 2015 com o Método Polígono da Mudança (Figura 8). Estes autores encontraram desenvolvimento dunar entre agosto/2006 e agosto/2009 de 4,79 m, valores que foram incrementados pela ação de recuperação das dunas acima descrita. Entre agosto/2009 e abril/2012 o deslocamento também foi positivo, de 3,53 m, entre abril/2012 e maio/2014 de 1,03 m e de maio/2014 a junho/2015 de 3,98 m, sempre valores de sedimentação superando os de erosão no limite praia duna.

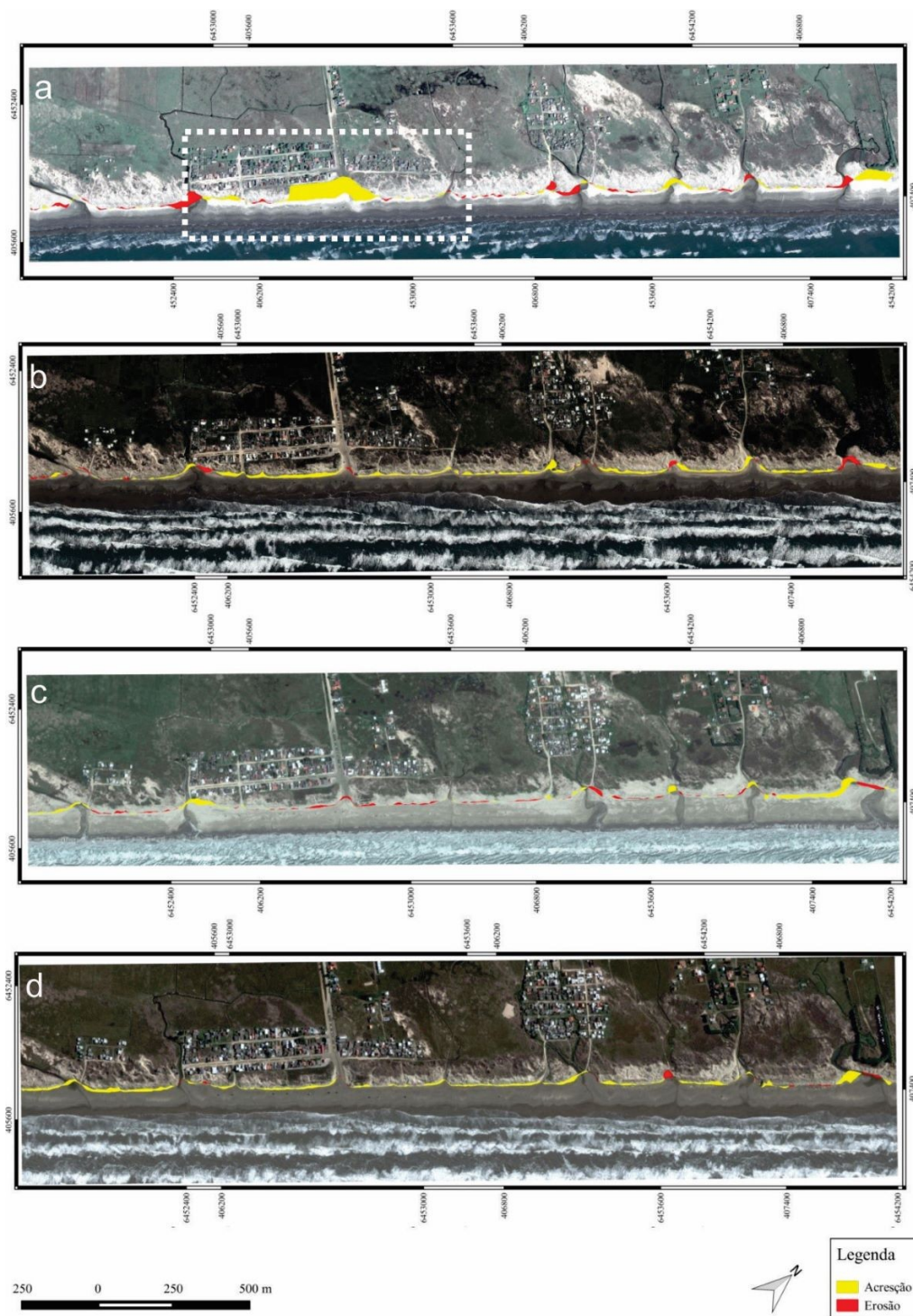


Figura 8: Variação da área composta por dunas frontais no balneário do Mar Grosso em: a) entre 16/8/2006 e 30/8/2009; b) entre 30/8/2009 e 8/4/2012; c) entre 8/4/2012 e 28/5/2014; d) entre 28/5/2014 e 18/6/2015. Fonte: Modificado de Lealet *et al.* (2018).

A área de estudo situa-se num trecho de barreira progradante e côncavo da costa (DILLEMBURGET *et al.*, 2000). Nestes segmentos embaiados, segundo Dillemburg *et al.* (2000) e Barletta (2006), ocorre maior atenuação da energia de onda. Neste local há influência da desembocadura da Lagoa dos Patos, que fornece sedimentos para a plataforma adjacente. Mesmo com esta influência estuarina, esta praia apresenta variabilidade morfológica condizente com praias oceânicas dominadas por onda. De acordo com Oliveira; Calliari (2006) ao realizar estudos da

morfodinâmica da praia do Mar Grosso, constataram setores com taxas de erosão e acreção, além de diferenças sazonais na morfologia da praia. A figura 9 mostra a variação da linha de costa em 2016, com retração das dunas de cerca de 9,6 m decorrente do impacto de um evento de extrema energia de onda ocorrido em outubro de 2016. Isto demonstra que as dunas defrontantes ao balneário do Mar Grosso, apesar de terem boa capacidade de regeneração, estão susceptíveis a eventos extremos de alta energia de onda.

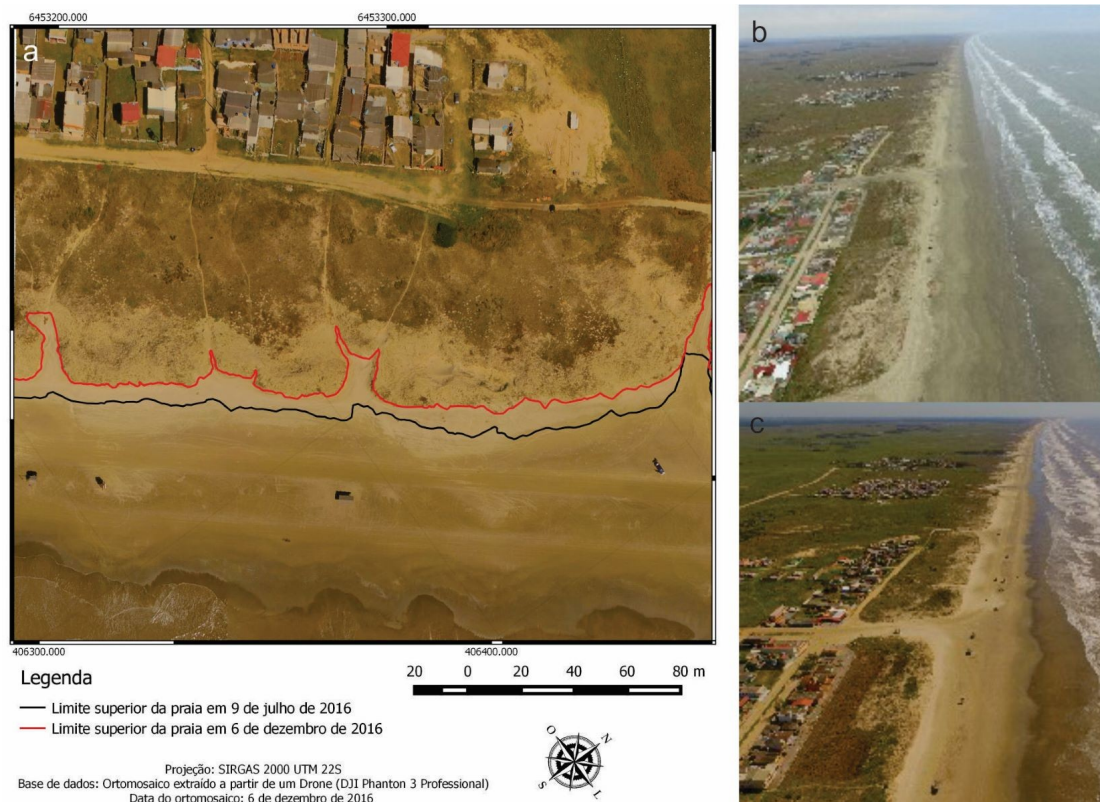


Figura 9: a) Variação da linha de costa no balneário do Mar Grosso entre 9/7/2016 e 6/12/2016, identificando a retração das dunas no período. b) Fotografia aérea oblíqua em 9/7/2016, antes do evento de alta energia hidrodinâmico analisado. c) Fotografia do trecho em 6/12/2016, depois do evento analisado. Fonte: acervo pessoal

No entanto, as taxas de retração (erosão) neste local tende a ser menores que em outras locais da costa oceânica do Rio Grande do Sul mais expostos a alta energia de onda. Em relação ao impacto deste evento extremo ocorrido em outubro de 2016, Oliveira *et al.* (2017), utilizando fotografias aéreas de drone, identificaram que a retração das dunas frontais na praia do Mar Grosso (9,6 m) foi menor que na Praia do Farol (21,8 m) e de Mostardense (13,8 m), situadas mais ao norte, praias mais distantes da influência do estuário da Lagoa dos Patos e com maior energia de onda. Outra comparação desta natureza pode ser estabelecida entre os trabalhos de Martelo; Nicolodi (2018) e Tabajara *et al.* (2018). Para Martelo; Nicolodi (2018), que mediram perfis de praia antes e depois do evento de outubro de 2016, foi notável a intensidade do evento de 27-28 de outubro, cuja ação das ondas retirou grande quantidade de sedimento da face de praia, mas as dunas continuaram mantendo sua formação próxima da anterior do evento (retração de 2,9m). Por sua vez, os perfis de praia medidos por Tabajara *et al.* (2018) coletados em Xangri-lá, ainda mais ao norte que

Mostardense e praia do Farol, mostram que o recuo médio dos perfis das dunas frontais foi de 7,4m e máximo de 13m.

Segundo Lelis (2003) as baixas taxas de erosão da praia do Mar Grosso, representam um indício de que o transporte litorâneo na costa do Rio Grande do Sul é, na verdade, bidirecional, sendo o transporte líquido para norte em função dos eventos de tempestade, algo que pode ser reavaliado sempre que possível. Além disso, estas praias estão sob influência da descarga estuarina. Segundo este autor, a influência dos sedimentos finos provindos da Lagoa dos Patos não é tão forte como na praia do Cassino, mas ocorre. O volume de sedimentos é maior do lado do Cassino, mas também tem sua relevância ao norte, no Mar Grosso. Este aporte pode atenuar a energia de ondas e enfraquecer os eventos erosivos. Deve-se considerar também que a ampliação dos molhes e alteração de sua geometria e o descarte de sedimentos no estuário e plataforma podem ter auxiliado no aporte sedimentar do sistema praial a partir dos anos 2000, fato que deve ser melhor analisado.

Se por um lado as taxas de erosão não são muito significativas na área de estudo, comparando com áreas adjacentes ao estuário, o aporte de sedimentos eólicos na área de estudo também pode não ser tão significativo como em outros locais da costa oceânica do RS. Tomazelli (1990) analisou a rosa dos ventos para o período entre 1970 e 1982 para três estações meteorológicas da costa oceânica do Rio Grande do Sul: Torres, Imbé e Rio Grande, esta última próxima a área de estudo, e aplicou para estas áreas a fórmula de Deriva Potencial Eólica Resultante (RDD), proposta por Fryberger (1979) a qual analisa os ventos que sopram acima de 5m/s e não considera a umidade dos sedimentos, grau de coesão e rugosidade superficial. Os resultados mostram a direção de deriva resultante (RDD) apontando para SW, sendo a deriva potencial na estação de Rio Grande menor que nas estações mais ao norte. Ressalta-se que a deriva potencial de sedimentos apresenta sazonalidade decorrente da radiação solar anual. Nas áreas próximas ao estuário da Lagoa dos Patos há ainda a influência do balanço hídrico regional e atividades antrópicas introduzidas no estuário (SEELINGER; ODEBRECHT, 2010). A área de estudo vem tendo um comportamento um pouco mais estável que praias mais expostas, tanto na erosão provocada pelos eventos de alta energia de onda, quanto na sedimentação eólica provocada pelo vento local. Esta relativa estabilidade pode ter tido algum efeito no êxito do processo de manejo das dunas descrito neste trabalho, podendo esta metodologia não ter o mesmo sucesso em áreas mais dinâmicas, sobretudo onde as taxas erosivas superem as de sedimentação.

Um outro aspecto reflete a utilização e conservação das próprias dunas no período posterior ao manejo realizado. Na figura 10 percebe-se que a configuração das dunas decorrente do período de manejo, em forma de “L” (ver Figura 7) permanece, bem como a cobertura vegetal está mantida. No entanto, logo a sul desta área as dunas vêm se desestabilizando e começam a migrar sobre a orla urbana, tendo influência de uma drenagem.



Figura 10: Imagem da área de estudo em 23/11/2017 obtida por drone destacando dois polígonos, em verde a área que sofreu a ação de manejo e em vermelho, uma área logo ao sul, mostrando necessidade de nova ação, visando sua regeneração. Fonte: acervo pessoal

Se durante as ações de manejo houve mobilização da comunidade e educação ambiental visando preservar e regenerar as dunas, a falta da continuidade disso no período posterior pode desencadear problemas futuros relacionados a migração de sedimentos eólicos sobre as edificações, decorrentes do pisoteio, da abertura de trilhas, retirada da vegetação fixadora de dunas, somados a ação dos processos erosivos marinhos ocorridos recentemente, sobretudo o evento extremo de alta energia de onda de outubro de 2016. Na figura 10 percebe-se que há necessidade de retomar a ação de manejo nesse segmento da costa identificado, ao sul de onde foi implantada a ação de manejo descrita neste trabalho. Neste ponto as dunas estão entrando novamente em colapso.

Ressalta-se que sistemas estruturais de manejo de dunas são considerados baratos, eficientes e de baixo impacto na construção de dunas frontais (Tabajara *et al.*, 2000). Eles interferem na estrutura física do perfil de velocidade dos ventos que atuam mais próximos a superfície da praia, onde os processos de saltação de grãos são mais importantes. Desta forma, se comportam como um anteparo permeável ao vento, assim como a vegetação, por onde os sedimentos eólicos depositam no seu entorno. O potencial de deriva resultante dos ventos provenientes da retroterra ou do mar e, em segundo lugar, a largura da praia e o nível de umidade do sedimento, são as variáveis mais importantes no suprimento eólico para as dunas frontais, sendo interdependentes (TABAJARA *et al.*, 2006a). Em relação a cobertura vegetal, o *Panicum racemosum* (gramíneas da América do Sul) é a espécie de vegetação com maior capacidade de fixação e promover o crescimento ascendente de dunas frontais, mostrando esta uma relativa uniformidade lateral de disposição na duna (TABAJARA *et al.*, 2006b).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS



O desenvolvimento urbano inicial do balneário do Mar Grosso, juntamente com o desconhecimento da dinâmica dunar, levou a tomada de ações que geraram a supressão das dunas e o transporte de sedimentos por ação eólica sobre edificações. A partir disso ocorreram novas ações, mas desta vez no sentido de buscar uma regeneração das dunas frontais no local.

No projeto de manejo das dunas da praia do Mar Grosso, a construção de dunas frontais empregou aterros e galharias colocadas no pós-praia superior a barlavento das residências. Isto se iniciou em 2005, juntamente com a conscientização da população sobre o tema, tendo êxito após a tomada de diversas ações. A relativa estabilidade da linha de costa, com a movimentação da linha de costa e o aporte sedimentar foram fundamentais no processo, durante e após as ações de manejo. A regeneração ocorreu progressivamente a partir das ações de manejo somadas da quantidade de sedimentos eólicos (areia fina) que chegam ao local pela praia. Os ganhos para o balneário foram a proteção da ingressão marinha durante tempestades/períodos erosivos, proteção das residências do spray salino e sedimentos, preservação da biodiversidade e melhorias na paisagem costeira.

No entanto, levando em consideração os dados obtidos nos últimos anos, faz-se a necessidade de nova intervenção desta natureza na área de estudo, somando ações de manejo e educação ambiental. A partir de 2016, um novo segmento de dunas frontais, próximo de onde foram realizadas as ações de recomposição dunar, começou a se desestabilizar, decorrente de processos erosivos causados pelo oceano adjacente (evento de outubro de 2016), mas também pela perda de vegetação pioneiradecorrente do pisoteio, fazendo com que algumas dunas situadas a sul da área em questão estejam novamente migrando em direção as edificações defrontantes ao mar. Este alerta deve servir para a retomada de ações preservacionistas e de manejo costeiro no local.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BARLETTA, R.C. **Teste e aplicação de modelos parabólicos de refração-difração com ênfase na propagação de ondas sobre parcéis**. Florianópolis, SC. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. 155p. 2006.

BRASIL.**Lei 6.938/81, de 31/08/1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL.**Lei 12.651/12, de 25/05/2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006 e dá outras providências.

CABREIRA, M. **Praia do Mar Grosso, São José do Norte, RS: Território Vazio ou Paraíso Desconhecido?** Rio Grande.Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande. 2006. 52p.

CALLIARI, L.J.; KLEIN, A.H.F.Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. **Pesquisas**, No.20, Vol.1, p. 48-56, 1993.

CARTER, R.W.G. **Coastal Environments: An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastline**.Academic Press, London. 1988.617p.

- CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. Composição e distribuição da vegetação nas dunas costeiras ao sul de Rio Grande (RS). **Ciência e Cultura**, No.39, Vol.3, p.321-324, 1987.
- CORDAZZO, C.V.; PAIVA, J.B.; SEELIGER, U. **Guia ilustrado das plantas das dunas da costa sudoeste Atlântica**. USEB, Pelotas. 2006. 107p.
- DE OLIVEIRA A.O.;CALLIARIL.J. Morfodinâmica da praia do Mar Grosso, São José do Norte/RS. **Gravel**. Vol.4. p,23-36, 2006.
- DILLENBURG, S.R; ROY, P.S; COWELL, P.J; TOMAZELLI, L.J. Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by shoreface translationbarrier model (STM). **Journal of Coastal Research**,No.16, Vol.1, p.71-81, 2000.
- DILLENBURG, S.; TOMAZELLI, L.J.; MARTINS, L.R.; BARBOSA, E.G. Modificações de longo período da linha de costa das barreiras costeiras do Rio Grande do Sul. **Gravel**, Vol.3, p.9-14,2005.
- FRYBERGER, S.G. Dune forms and Wind regime. In: MCKEE, E.D. **A study of global sand seas**. U.S. Geological survey. 1-52: 83-134. 1979.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER-FEPAM. **Lei Estadual nº 11.520/00 de 03/08/2000**.Plano Ambiental Municipal.
- HESP. P.A. The beach back shore and beyond. In: SHORT, A.D. (Org.), **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. Jonh Wiley & Sons. p.145-169. 1999.
- HESP, P.A. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. **Geomorphology**,No.48, p.245-268, 2002.
- KRUSCHE, N.; SARAIVA, J.M.B.; REBOITA, M.S.**Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS**. Ed. Universitária/UFSM, Santa Maria. 2002. 84p.
- LEAL, K.B.; OLIVEIRA, U.R. ESPINOZA, J.A. Variação do limite praia duna nos Balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino e Barra do Chuí – RS no intervalo entre 2003-2015. **Quaternary and Environmental Geociences**,No.9, Vol1, p.25-37, 2018.
- LÉLIS, R.J.F. **Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul**. Rio Grande. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do RioGrande. 81p. 2003.
- LÉLIS, R.J.F.; CALLIARI, L.J. Historical shoreline changes near lagoonal and river stabilized inlets in Rio Grande do Sul State, southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, No.39, p.301-305, 2004.
- LONG, T.; PAIM, P.S. Modelo de evolução histórica e holocênica da Lagoa dos Patos, RS. I Congresso da Associação Brasileira de estudos do Quaternário (ABEQUA). **Anais**.Porto Alegre.1987.
- MARTELO, A.F.;NICOLODI, J.L. As dunas frontais e sua função frente às inundações da costa: validação de dois modelos de erosão como ferramenta para a gestão costeira aplicados na praia do Mar Grosso, RS. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 44, Edição especial: X Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro. p.223-241. 2018.
- MOTTA, V.F. **Relatório-diagnóstico sobre a melhoria e o aprofundamento do acesso pela barra de Rio Grande**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, RS. 1969. 144p.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**.IBGE, Rio de Janeiro. 1989.422p.
- NORDSTROM, K.F. **Recuperação de praias e dunas**. Tradução - Silvia Helena Gonçalves. Oficina de Textos, São Paulo. 2010. 263p.

NÚCLEO DE EDUCAÇÃO E MONITORAMENTO AMBIENTAL-NEMA. **Plano de Manejo das Dunas Costeiras do Município do Rio Grande/RS**. Documento Técnico. 2005.

OLIVEIRA, U.R.; SIMÕES, R.S.; GAUTÉRIO, B.C.; ESPINOZA, J.M.A.E. Impactos do ciclone extratropical de outubro de 2016 sobre localidades costeiras do litoral médio e sul do Rio Grande do Sul. X ENCOGERCO. Anais. Rio Grande. 2017.

SEELIGER, U.; COSTA, C.S.B. Impactos naturais e humanos. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. (Orgs.) **Os Ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil**. Rio Grande: Ecoscientia. p.219-226. 1998.

SEELINGER, U.; ODEBRECHT, C. **O Estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações**. Editora da FURG, 2010. 210p.

SIMÕES, R.S. **Análise da distância média entre as ocupações a beira-mar e o limite superior da praia nos balneários São Simão, Mostardense, Praia do Farol e Mar Grosso, RS**. Rio Grande; Universidade Federal do Rio Grande. 83p. 2015.

SMITH, M.J.; CROMLEY, R.G. Measuring historical coastal change using GIS and the change polygon approach. **Transactions in GIS**, No.16, Vol.1, p.3-15, 2012.

SPERANSKI N.S.; CALLIARI, L.J. Rio Grande do Sul. In: MUEHE, D. (Org.) **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Ministério do Meio Ambiente. p.446-454.2006.

TABAJARA, L.L.; MARTINS, L.R.; FERREIRA, E.R. Efetividade de métodos estruturais na construção de dunas frontais. **Pesquisas em Geociências**, 27 (1):97-109, 2000.

TABAJARA, L.L.L; ALMEIDA, L.E.S.B.; FONSECA, V.P. Seasonal Variations and Controlling Factors of Aeolian Transport at Atlântida Sul Beach, Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Coastal Research**. Special Issue 39, 2006a, 611-615.

TABAJARA, L.L.L; DILLEMBURG, S.R.; BARBOSA, E.G. Morphology, Vegetation and Sand Fence Influence on Sand Mobility of the Fore dune System of Atlântida Sul Beach, Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Coastal Research**. Special Issue 39, 2006b, 616-621.

TABAJARA, L.L.; SIMÕES, R.S.; OLIVEIRA, U.R. Diferenças na erosão de curto período em dunas frontais situadas em setores progradante e retrogradante do litoral do Rio Grande do Sul. II SBPA/XI ENCOGERCO. Anais. Florianópolis. 2018.

TOMAZELLI, L.J. **Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da província costeira do Rio Grande do Sul, com ênfase no sistema eólico**. Porto Alegre. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 270p. 1990.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. **Marine Geology**, No.56, p.93-118, 1984.

## **REGENERATION OF FRONTAL DUNES IN THE MAR GROSSO BEACH, SÃO JOSÉ DO NORTE, RS.**

### **ABSTRACT**

This work aims to analyze the regeneration of frontal dunes in the Mar Grosso beach, São José do Norte, southern of Brazil, resulting from management actions, as well as to evaluate the stability of the coast in the area in recent years. A description of the previous situation and monitoring of the management process was made, using reports and photographs. Orbital images obtained in the Google Earth PRO® and images of drone have made it possible to characterize the most current situation of the Mar Grosso beach. Due to the migration of the aeolian sediments on the buildings, many anthropic actions, such as sand retention techniques, were applied from 2005 until 2009, which resulted in the regeneration of the frontal dunes. There was a relative stability of the coastline between 2006 and 2015, which was relevant in maintaining the management actions implemented.

**Key-words:** Frontal dunes. Management actions. Dune regeneration. Erosion. Sedimentation.

## **REGENERACIÓN DE DUNAS FRONTALES EN EL SITIO COSTERO DO MAR GROSSO, SÃO JOSÉ DO NORTE, RS.**

### **RESUMEN**

Este trabajo busca analizar la regeneración de dunas frontales en el sitio costero do Mar Grosso, municipio de São José do Norte, derivadas de acciones de manejo, así como evaluar la estabilidad de la costa en el local en los últimos años. Para ello se hizo una descripción de la situación anterior y seguimiento del proceso de manejo, utilizando relatos y fotografías de campo. Las imágenes orbitales obtenidas en el software Google Earth PRO® y imágenes de drone han hecho posible caracterizar la situación más actual del local. Debido a la migración de sedimentos eólicos sobre edificaciones, a partir de 2005 se aplicaron diversas acciones, desde la movilización personal, pasando por técnicas de retención de sedimentos, de modo que las dunas fueran recuperadas, lo que ocurrió alrededor de 2009. Hubo relativa estabilidad de la línea de costa entre 2006 y 2015, lo que fue relevante en el mantenimiento de las acciones de manejo implantadas.

**Palabras-clave:** Dunas frontales. Acciones de manejo. Regeneración das dunas. La erosión, Sedimentación.

Recebimento: 28/11/2018

Aceite: 23/10/2019