

Análise Multitemporal da Cobertura de Dunas ao longo do município de São José do Norte/RS

Jean Marcel de Almeida Espinoza¹

Adilson Pereira Jr¹

João Augusto de Carvalho Ferreira¹

Rua Eng. Alfredo Huch, 475 | Bairro Centro | CEP: 96201-460 | Rio Grande/RS

¹ IFRS – campus Rio Grande

jean.espinoza@riogrande.ifrs.edu.br

Abstract. The present work was to determine the variation of the dune cover along the area of the municipality of São José do Norte, RS between the years of 2005 and 2011. For that, TM-Landsat 5 orbital images of the years 2005, 2006, 2009 and 2011. With these images, the normalized difference snow index (NDSI), classified by thresholds, was calculated, which resulted in a dune image for each date. These images were used together with the technique of detection of changes to analyze variations in the coverage of dunes along the area. The loss on the dune area is a consequence of human occupation and, mainly, changes in vegetation cover, caused by the insertion of exotic species (pinus and eucalyptus). The subtraction in the area of the dune field observed totaled an amount of about 13000 hectares. These data, however, are not yet sufficient to clarify hypotheses about the dynamics of the area. The losses in the dune fields totaled average rates of around 2000 hectares / year, following the pattern of the north-easterly (NE) loam winds.

keywords: remote sensing, image processing, geology, dunes.

1. Introdução

A cobertura de dunas é caracterizada por grandes depósitos de areias oriundas de transporte eólico, em forma de leito e com área que não exceda 125km² (Pye e Tsoar, 2009). Silva et al. (2015) e Giannini et al. (2005) ressaltam que as dunas costeiras são megaformas de areias transportadas caracterizadas como dunas eólicas simples e/ou compostas, que migram da praia rumo ao interior, sendo por isso designados campos de dunas transgressivos (i.e., *transgressive dunes*) e formadas por sedimentos outrora trazidos por ação das ondas até a costa.

Segundo Manso et al. (2001), dois fatores caracterizam os depósitos eólicos costeiros: o estoque de sedimentos disponíveis para o transporte eólico e o regime de ventos.

Este estudo fez uso de cenas do sensor orbital Thematic Mapper (TM – satélite LANDSAT 5) de resolução espacial e 30m, cobrindo a área do município de São José do Norte/RS para os anos de 2005, 2006, 2009 e 2011 com o objetivo de quantificar a alteração na cobertura de dunas ao longo da área do município, através da aplicação da técnica de detecção de mudanças.

O estudo das alterações sobre a cobertura de dunas local aponta indícios de alterações no uso do solo, bem como alterações sobre os ecossistemas presentes, principalmente por ação humana.

2. Material e Métodos

Seqüencialmente, cada uma das cenas passou pelos procedimentos de pré-processamento, constituídos descritos pelo fluxograma metodológico (Fig. 1). Esses passos são discutidos em seqüência.

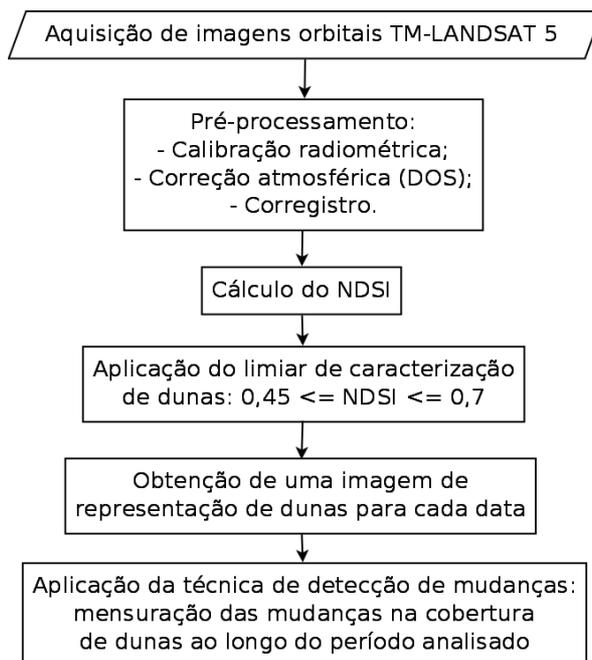


Figura 1: Fluxograma metodológico.

2.1 Aquisição dos dados

Para a análise multitemporal utilizaram-se imagens orbitais do sensor TM-LANDSAT 5 para os anos de 2005, 2006, 2009 e 2011. Obtidas no repositório eletrônico do Serviço Geológico Americano ([www://earthexplorer.gov](http://earthexplorer.gov)). As imagens foram obtidas sem custos, em formato TIFF e nível de processamento L1T (Fig. 2).

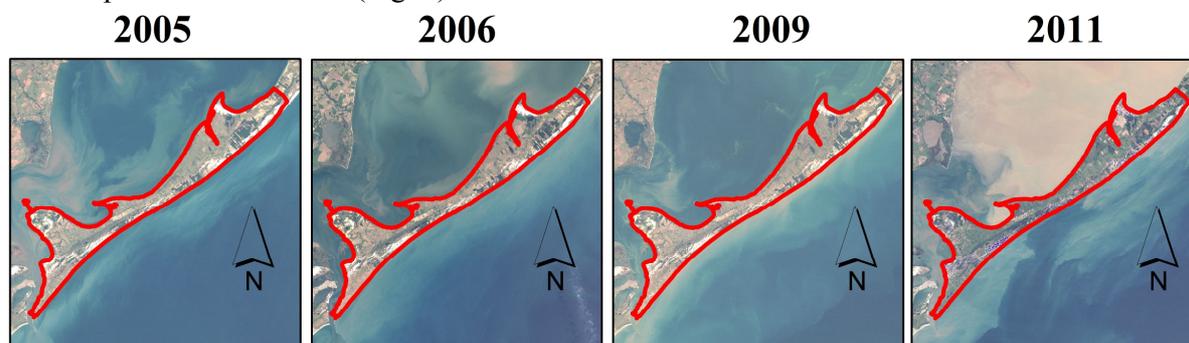


Figura 2: Cenas TM-LANDSAT 5 utilizadas

2.2. Pré-processamento

1º passo de pré-processamento: Calibração

A correção radiométrica dos dados consiste na transformação dos valores pictóricos da imagem de contadores digitais (CD) para valores de radiância espectral. Para a calibração radiométrica foi utilizado o *software ENVI*, empregando o algoritmo de calibração proposto por Jensen (2012) – equação:

$$L = a.CD_{ij} + b$$

Onde,

- a: Coeficiente linear de relação entre os níveis de radiância e os níveis de representação dos contadores digitais de cada pixel. Também chamado de ganho do sensor;

- b: Menor valor de radiância registrado pelo sensor em condição de ausência de exposição. Também chamado de Offset;
- $CD_{i,j}$: representa o valor de intensidade do pixel em contadores digitais, referente a um pixel na posição (i, j);

Com o emprego desta equação sobre os valores dos contadores digitais de uma imagem aplica-se a transformação dos valores de cada unidade pictórica da cena para uma escala de radiância. Essa transformação dos valores dos pixels de contador digital (CD) para valores de radiância é realizada empregando os fatores de calibração presentes nos metadados da imagem.

2º passo de pré-processamento: Correção atmosférica

A correção atmosférica foi empregada com o intuito de reduzir os efeitos de dispersão atmosférica, bem como aprimorar o contraste e reduzir os erros sobre os dados-imagem utilizados. Para tanto, foi empregada a técnica de subtração do pixel negro (Dark Object Subtract - DOS). No DOS a interferência atmosférica é estimada diretamente a partir dos contadores digitais (CD) da imagem. Para a aplicação desta técnica não há a necessidade de se obter dados sobre as condições atmosféricas na data de obtenção das imagens.

O DOS assume que existem alvos (pixels) negros nas imagens (e. g. sombras e água profunda), onde os valores se aproximariam ao máximo do CD (contador digital referente ao pixel da imagem) mais baixo na imagem, equivalente a cerca de 1% de reflectancia. Porém, os valores desses pixels representam valores de CD superiores aos esperados, consequência do espalhamento atmosférico, e por isso esses pixels escuros servem de referência para a correção do espalhamento atmosférico.

Portanto, para vias de correção executou-se a determinação estimada dos valores para um alvo de referencia (pixel negro) e, então, subtraiu-se cada banda espectral pelo respectivo valor de referência. Como resultado, obteve-se uma cena reduzida dos efeitos atmosféricos.

3º passo de pré-processamento: Corregistro

A correção geométrica das cenas visou a representação espacial dos dados em um sistema de coordenadas geográficas padrão, garantindo a coincidência espacial.

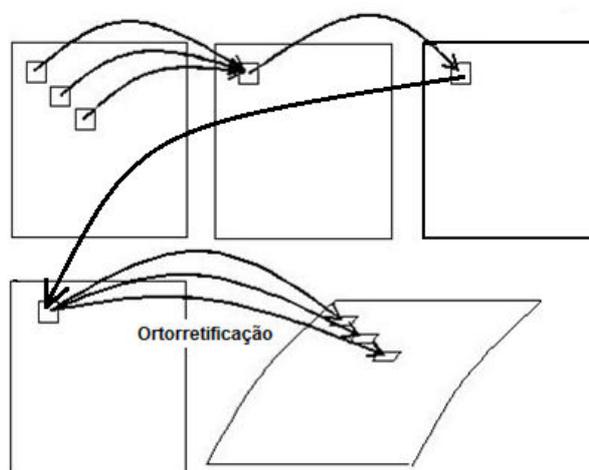


Figura 3: Representação do processo de corregistro

O corregistro dos dados foi realizado junto ao software ENVI que aplica os seguintes passos de processamento sobre as imagens:

1. Aquisição de pontos de controle homólogos entre as cenas;

2. Cálculo da matriz de transformação espacial para a imagem ajustada em relação a imagem-base;
3. Corregistro da cena.

Com este processo, cada cena utilizada foi representada em um sistema de coordenadas geográficas padrão, permitindo correlacioná-las espacialmente (i.e., *UTM-WGS84-17S*). O processo constituiu a última etapa de pré-processamento imposta aos dados

2.3. Processamento

Cálculo do NDSI

Para determinação das áreas de duna, foi executado o cálculo do índice de neve ou branco (NDSI – Normalized-Difference Snow Index) para cada cena, a partir do que propôs Hall et. al (1995). Para o sensor TM, o cálculo é feito através da expressão:

$$NDSI = (B2 - B5) / (B2 + B5)$$

Os valores de NDSI determinados ficaram compreendidos entre -1 e +1. A aplicação de limiares entre 0,45 e 0,7 foi adotado como o intervalo correspondente à área de dunas de interesse para todas as cenas. A partir daí foi determinada a área de dunas para cada cena.

Detecção de mudanças na cobertura de dunas

O cálculo do ganho e/ou perda de dunas consistiu a relação aritmética simples de variação de área (ΔA), indicada na equação seguinte, onde quando ΔA é positivo tem-se que a região sofreu ganho, quando negativo a região sofreu perda.

$$\Delta A = A_f - A_i$$

Onde, A_f equivale à área na data final do levantamento e A_i corresponde à área na data inicial do levantamento. Com isso, foi gerada uma imagem de mudanças para a cobertura de dunas em cada intervalo analisado.

3. Resultados e discussões

Atualmente, o campo de dunas móveis da área de estudo apresenta cerca de 47,34 km². Essa área atual é decorrência de forte redução na cobertura de dunas, de modo que é possível identificar que, ao longo dos anos, há perda das células sedimentares que gradativamente reduziram o campo de dunas, interiorizando os sedimentos no campo de dunas transgressivas. Atualmente, esta dinâmica natural encontra-se comprometida devido a implantação de vegetação exótica (pinus).

Quanto a morfologia desses conjuntos de dunas, é possível afirmar que as subáreas ocorrem dunas que progridem para o interior do continente no sentido NE, denotando assim que os ventos que sopram no quadrante NE são os de maior competência no transporte eólico (75% dos dias do ano para a região).

Em 6 anos de observação, há resultante negativa sedimentos nos campos de dunas, deste modo pode-se dizer que para os intervalos de 2005-2006, 2006-2009 e 2009-2011 houve constante perda de área de dunas. Os dados de mudança na cobertura de dunas estão presentes nas Figuras 4 e 5.

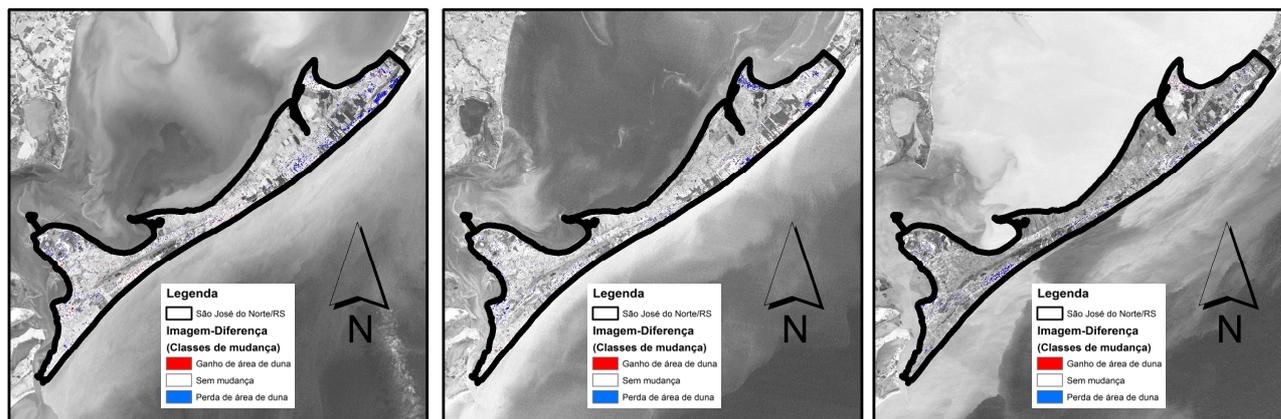


Figura 4: Áreas de duna entre os anos de 2005-2006, 2006-2009 e 2009-2011.

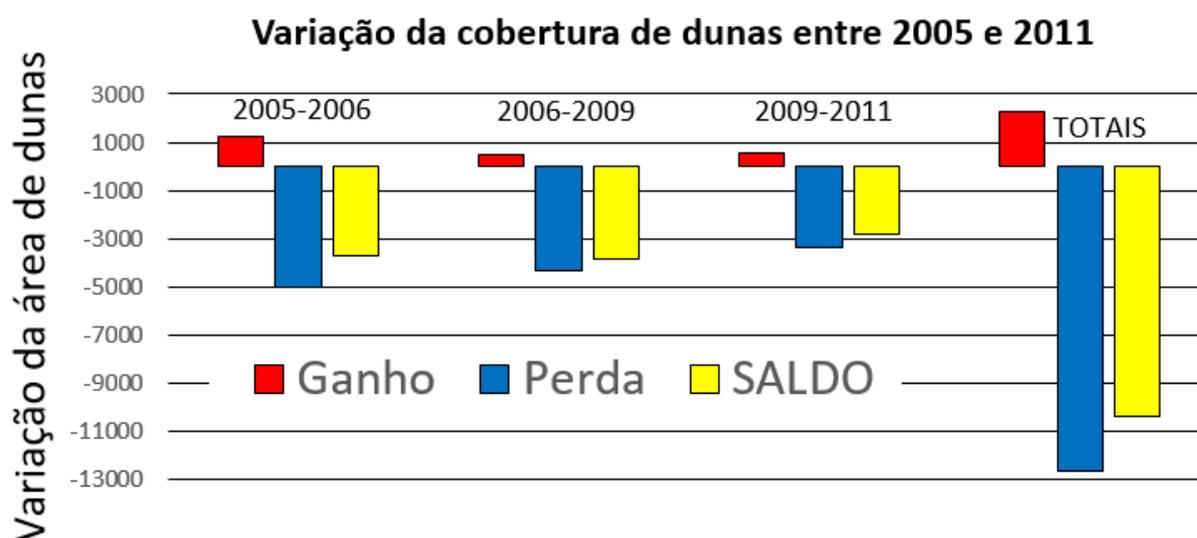


Figura 5: Gráfico de representação da variação de área de dunas

A subtração na área do campo de dunas é observada de maneira evidente para todo o período, totalizando um montante de cerca de 13000 hectares. Esses dados, contudo, não são ainda suficientes para esclarecer as hipóteses sobre a dinâmica da área. As áreas de perda dos campos de dunas totalizaram taxas médias da ordem de 2000 hectares/ano.

Essa avaliação também permitiu espacializar as áreas onde predominam as perdas de área de dunas. Como esperado, as maiores perdas concentraram-se no principal barlavento destes campos de dunas (a NE), ao passo que os maiores ganho concentram-se no seu principal sotavento (a SW) (Figura 4)

4. Considerações Finais

Durante os 6 anos de observação, pode-se afirmar que as dunas eólicas do município de São José do Norte/RS são megaformas em constante processo de expansão rumo a Lagoa dos Patos, muito embora ocorram episódios de perda de sedimento ao longo desse período. A ocorrência de perdas ao longo da área apresenta-se como o maior responsável pela manutenção do quadro de redução observado.

Essas informações, contudo, ainda insuficientes para estabelecer a compreensão definitiva das causas das modificações ocorridas, o que definiria a evolução da área de estudo. Estudos futuros devem acompanhar essa evolução em diferentes escalas temporais, longo e curto prazo, de modo a

integrar com os dados meteorológicos, observando-se os efeitos da sazonalidade e de eventos climáticos regionais e globais sobre o padrão evolutivo dessas megaformas.

Referências Bibliográficas

AMARO, V. E. ; GOMES, L. R. S. ; LIMA, F. G. F. ; SCUDELARI, A. C. ; NEVES, C. F. ; BUSMAN, D. V. ; SANTOS, A. L. S. . Multitemporal Analysis of Coastal Erosion Based on Multisource Satellite Images, Ponta Negra Beach, Natal City, Northeastern Brazil. *Marine Geodesy*, v. 00, p. 01-25, 2014.

ARAÚJO, V.D. Caracterização Geológica Tridimensional e Monitoramento de Dunas no Litoral Oriental do Rio Grande do Norte. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica – PPGG), UFRN. Natal, RN, dezembro de 2006.

CASTRO, A. F. ; AMARO, V. E. ; SOUTO, M.V.S. ; GRIGIO, A. M. ; FREITAS, C.C.M. . Modeling and development of a computational system for evaluation of the coastal dynamics of Macau area, Rio Grande do Norte State, Brazil. *Journal of Coastal Research*, v. 1, p. 1648-1652, 2011.

FRANCO, C. G. M. ; AMARO, V. E. ; SOUTO, M. V. S. . Prognóstico da erosão costeira no litoral setentrional no Rio Grande do Norte para os anos de 2020, 2030 e 2040. *Revista de Geologia (Fortaleza)*, v. 25, p. 37-37, 2012.

GIANNINI, P.C.F. ; ASSINE, M.L. ; BARBOSA, L.M. ; BARRETO, A.M.F.; CARVALHO, A.M. ; CLAUDINO-SALES,V. ;MAIA, L.P. ; MARTINHO, C.T; PEULVAST,J-P.;SAWAKUCHI, A.O; TOMAZELLI, L.J. Dunas e Paleodunas Eólicas Costeiras e Interiores. *Quaternário do Brasil*. Holos, Editora. Ribeirão Preto, 2005. 235-257.

FERNANDES, L.R.; AMARAL, R.F. Paisagem costeira do litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte (Brasil): evolução temporal e padrões espaciais dos campos de dunas móveis. *Revista da Gestão Costeira Integrada*. Portugal, 2013.

FERREIRA, A.T.S. Geoprocessamento de dados meteo-oceanográficos (cor do oceano e temperatura da superfície do mar) aplicado ao monitoramento ambiental na costa setentrional do Rio Grande do Norte. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica – PPGG), UFRN. Natal, RN, setembro de 2009, p. 6-7.

MUEHE, D. 2005. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 04, número 07, 2005.

PYE, K. ; TSOAR. H. *Eolian Sand and Sand Dunes*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Berlin, 2009
SOUZA, C. R. G. (Org.) ; SUGUIO, K. (Org.) ; OLIVEIRA, P. E. (Org.) ; Oliveira, A. M. S. dos (Org.) . *Quaternário do Brasil*. 1. ed. Ribeirão Preto: Holos Editora Ltda, 2005. v. 01. 378p .