

# Variações Geomorfológicas do Pontal Sul do Estuário da Laguna dos Patos – RS – Brasil

Paulo Victor Lisboa<sup>1\*</sup>, Elisa Leão Fernandes<sup>1</sup>, Jean de Almeida Espinoza<sup>2</sup>, Miguel Albuquerque<sup>2</sup>

1- Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Av. Itália Km 08, Câmpus Carreiros, CEP: 96.203-000. Rio Grande – RS, Brasil.

2- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus Rio Grande, CEP: 96.201-460. Rio Grande-RS, Brasil

\*paulovictor\_ffv@hotmail.com

(Recebido em 26 de dezembro de 2013; aceito em 20 de janeiro de 2015)

O objetivo desse trabalho é avaliar a evolução geomorfológica do Pontal Sul da Laguna dos Patos. Os pontais são projeções no sentido da praia para dentro da laguna, podendo ser considerados uma das feições responsáveis pela reorientação da linha de costa. Um estudo envolvendo alteração da linha de costa, sendo esse um importante elemento geomorfológico de alta dinâmica espacial decorrente de respostas a processos costeiros de diferentes magnitudes e frequências. O estudo foi realizado utilizando o sensoriamento remoto, com seus resultados mostrando que a feição está em um período erosivo, porém com tendência acrescida evidenciada pelo crescimento longitudinal do pontal com valores de deslocamento médio erosivo da linha de costa de 2,11m/ano e 64750 m<sup>2</sup> de área erodida.

Palavras-chave: Pontais arenosos, morfodinâmica estuarina, sensoriamento remoto.

## Geomorphological variations of southern sand spit at Patos Lagoon – RS, Brazil

The aim of this study is to evaluate the geomorphological evolution of southern sand spit from the Patos Lagoon. The spits are projections towards the beach into the lagoon and can be considered one of the features responsible for the reorientation of the shoreline. A study involving alteration of the shoreline, which was an important element geomorphological high spatial dynamics resulting from responses to coastal processes of different magnitudes and frequencies. The study was conducted using remote sensing, with results showing that the feature is in an erosive period, but with a tendency to growth evidenced by the longitudinal growth of the spit with average erosion offset values of the coast line of 2,11m/ year and 64 750 m<sup>2</sup> of eroded area.

Key words: sand spits, estuarine morphodynamic, remote sensing.

## 1. INTRODUÇÃO

Os pontais são projeções no sentido da praia para dentro de uma laguna alongada, fechada ou semifechada, podendo ser considerados como uma das feições responsáveis pela reorientação da linha de costa [1]. Em geral, estão presentes em regiões de micromaré, sob influência de vento bidirecional (NW e S) ao longo do eixo principal da laguna [2]. A direção do vento, amplitude da maré, forma inicial da bacia, além da bidirecionalidade das correntes (N-S), no estuário da Laguna dos Patos atuam na região de encontro entre o oceano e a desembocadura da laguna e as marés meteorológicas [1], e constituem-se nos fatores mais importantes para a gênese, evolução e alterações destas feições.

Um aprofundado estudo morfodinâmico local é decisivo para o entendimento da alteração da linha de costa, sendo esse um importante elemento geomorfológico que apresenta alta dinâmica espacial decorrente de respostas a processos costeiros de diferentes magnitudes e frequências [3]. Um mapeamento sistemático e o acompanhamento de suas mudanças representam ferramentas para a geração de informações de grande valor para o planejamento e gerenciamento costeiro, pois fornecem subsídios para o estabelecimento de faixas de recuos da zona costeira, permitem a determinação de áreas de risco de erosão costeira, e contribuem também com informações para a implantação de obras de intervenção direta na linha de costa [4], [5]. Com isso, a fim de estudar a evolução geomorfológica do Pontal Sul da Laguna dos Patos – RS é necessário um entendimento destes processos, visto que, os pontais são feições geomorfológicas extremamente frágeis [6], e de suma importância para o ecossistema costeiro.

## 2. METODOLOGIA

Atualmente, na literatura costeira, dois métodos são consagrados para a realização do cálculo do recuo médio da linha de costa: o *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) e o Método do Polígono de Mudança (*Change polygon*). O Método do Polígono de Mudança [7] foi o escolhido para o presente trabalho por apresentar melhores resultados para áreas não homogêneas e quantificar a área erodida/acrescida, além da variação da posição da linha de costa. Para tal estudo foi utilizada imagens orbitais para os anos de 2004, 2007, 2009 e 2012 obtida pelo sensor “QuickBird” através do software Google Earth® (Fig. 1, Tab. 1).

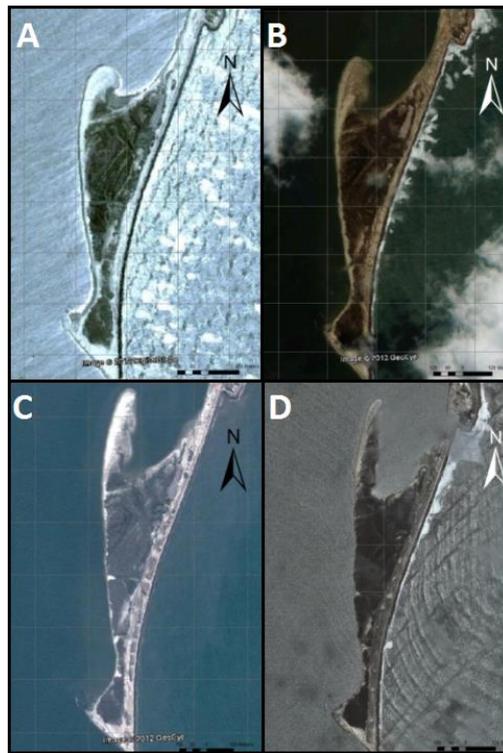


Figura 1: Imagens QuickBird para os anos de 2004 (a), 2007 (b), 2009 (c) e 2012 (d).

Tabela 1: Dados referentes a ano das imagens analisadas, altitudes, resolução e representação do pixel no terreno.

| Ano  | Altitude (m) | Resolução         | Representação do lado do pixel no terreno (m) | Fonte        |
|------|--------------|-------------------|---|--------------|
| 2004 | 2.500 metros | 1112 x 659 pixels | 2.50 metros                                   | GoogleEarth® |
| 2007 | 2.500 metros | 1112 x 659 pixels | 2.50 metros                                   | GoogleEarth® |
| 2009 | 2.500 metros | 1112 x 659 pixels | 2.50 metros                                   | GoogleEarth® |
| 2012 | 2.500 metros | 1112 x 659 pixels | 2.50 metros                                   | GoogleEarth® |

O georreferenciamento das imagens foi efetuado por meio do software ArcGis® 9.3. Os pontos controles (GCPs) escolhidos corresponderam a estruturas que não alteraram longo do tempo. Um mínimo de 15 GCPs foi inserido para cada imagem. A fim de mensurar imprecisões decorrentes a esse processo, adotou-se neste trabalho o padrão de posicionamento geoespacial de imagens proposto pelo Comitê Norte-Americano de Dados Geográficos [8]. Este padrão utiliza o erro residual (*Erro Médio Quadrático* - EMQ) para quantificar o erro médio de georreferenciamento (Tab. 2). A variação máxima aceitável do erro residual gerado pelos pontos de controle deve estar abaixo de 1/2 do valor da escala do mapa, e ser multiplicado por uma constante (1,7308), a fim de se obter um nível de confiança de 95% em relação à posição verdadeira dos pontos na base cartográfica [8].

Tabela 2: Valores de Erro Médio Quadrático calculados (EMQ) para composição fotográfica.

| Ano  | Erro residual encontrado (cm) | Erro com nível de confiança de 95% (Erro residual * 1,7308) (cm) |
|------|-------------------------------|--|
| 2004 | 1,1509                        | 1,9920   |
| 2007 | 1,0208                        | 1,7668   |
| 2009 | 0,9824                        | 1,7033   |
| 2012 | 1,0345                        | 1,7905   |

No método do polígono de mudança [7], a partir do cruzamento de duas linhas de costa, uma série de polígonos foi criada de forma que estes representem as regiões que estão sofrendo processo de acreção e/ou erosão. Em seguida foi realizada uma subtração dos polígonos correspondentes aos intervalos analisados, determinando como saída, para cada intervalo analisado, um arquivo *raster*, expresso em m<sup>2</sup>, com valores negativos (erosão) e positivos (acreção).

O procedimento descrito anteriormente foi realizado no *software Erdas-Image*®, através da ferramenta *Modeler*. A partir da entrada de dois arquivos vetoriais, o modelo faz uma comparação entre vetores de modo que, é realizada a subtração da informação da imagem mais antiga pela imagem mais recente. A sobreposição destas duas imagens permite a visualização simultânea das áreas erodidas e acrescidas para um dado período, bem como obter o saldo da erosão ou da acreção para a área analisada. No *software MultiSpec*® 3.3, foi possível quantificar os valores, em metros quadrados, das áreas erodidas e em acréscimo de cada uma das imagens binárias.

A resultante desse processo foi um arquivo de texto, o qual disponibiliza informações sobre a área erodida e a área acrescida, nos polígonos selecionados. A diferença entre as áreas de erosão e acreção resultará em uma área final, a qual, quando dividida pelo perímetro da linha externa, resultará no recuo médio da linha de costa. Para o cálculo do deslocamento/ano, é necessário realizar uma divisão entre o recuo médio e o intervalo observado. Para o cálculo do deslocamento/ano, o deslocamento total foi dividido pelo período monitorado, em anos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o período de 2004 a 2007 o Pontal Sul apresentou um comportamento erosivo, com uma redução de 26550 m<sup>2</sup> em sua área, totalizando uma taxa média anual de erosão de 8850 m<sup>2</sup>/ano. O local que apresentou erosão situa-se da região central à extremidade sul do Pontal, com deslocamento médio da linha de costa de 5,46 m, com isso, encontramos a taxa média de deslocamento por ano de 1.82 m/ano. A figura 2 mostra as áreas erodidas e acrescidas do Pontal Sul para esse período. Percebe-se uma tendência de perda área da linha de costa, em contrapartida, um aumento longitudinal do pontal.

Para o período de 2007 a 2009 o Pontal começa a crescer principalmente na direção sul-norte e afinar no sentido leste-oeste (Fig. 3). Porém, sua tendência no total ainda continua erosiva, com uma taxa de redução de 29370 m<sup>2</sup> em área, e uma taxa média anual de aproximadamente 14685 m<sup>2</sup>/ano, com um deslocamento médio de 5.69 m, com isso, encontramos a taxa média de deslocamento por ano, que para esse período foi de 2,48 m/ano. A figura 3 mostra as áreas erodidas e acrescidas e as que se mantem neutras para esse período. Percebe-se que a tendência de perda área da linha de costa se mantem, assim com o aumento longitudinal do pontal.

Para o período de 2009 a 2012 é observada uma redução na taxa de erosão, porém não o suficiente para mudar o patamar erosivo desse período. A área total erodida foi de 19110 m<sup>2</sup>, com uma taxa anual de 9555 m<sup>2</sup>/ano (Fig. 4), com um deslocamento médio de 2,7 m, com isso, encontramos a taxa média de deslocamento por ano de 0,9m/ano. A figura 4 mostra as áreas erodidas e acrescidas do Pontal Sul para esses anos. Percebe-se que tendência de perda área da linha de costa se mantem, porém sua área diminuiu com relação aos períodos anteriores, assim com o aumento longitudinal do pontal.

Com a intenção de analisar o processo dominante (erosão ou acreção) para todo o período estudado. Podemos afirmar que nesse período a taxa total de erosão, é bem maior que a de acreção, resultando em um saldo erosivo ao final do período (Fig. 5). A área total erodida foi de 64750 m<sup>2</sup>, com uma taxa anual de 8093

m<sup>2</sup>/ano. Para a linha de costa o deslocamento médio da linha de costa foi de 16.88 m, resultando numa taxa média de deslocamento por ano de 2,11 m/ano.

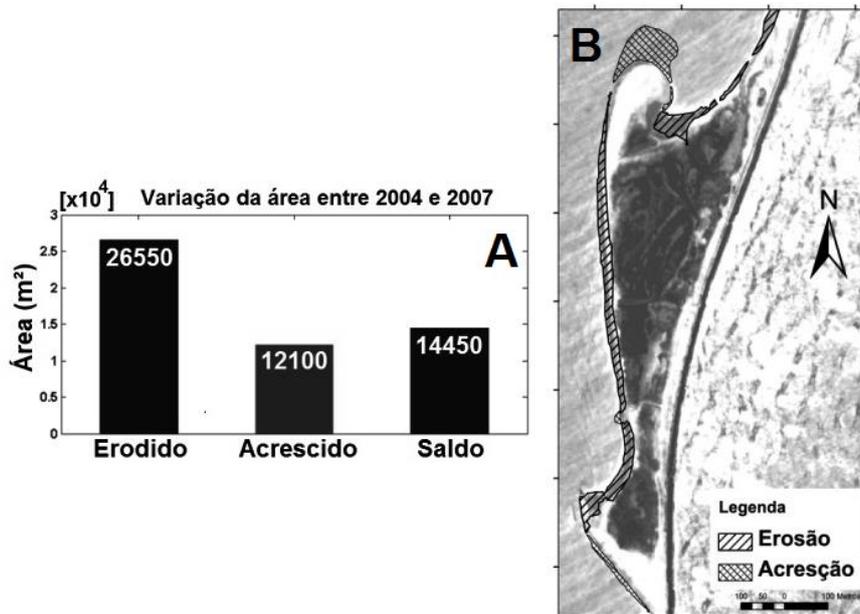


Figura 2: Gráfico de barras com os valores da área erodida e acrescida do Pontal Sul, o saldo entre elas (A). Evolução da área do Pontal para os anos entre 2004 e 2007, sobreposta a uma imagem QuickBird, do ano de 2004, com suas composições espectrais (Bandas) para o período de 2004 e 2007 (B).

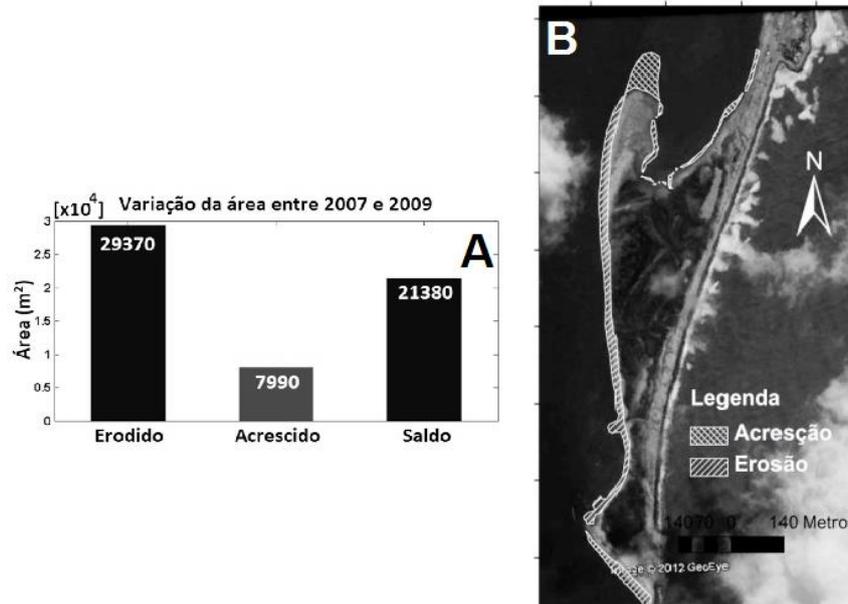


Figura 3: Gráfico de barras com os valores da área (m<sup>2</sup>) erodida e acrescida do Pontal Sul, o saldo entre elas para o período de 2007 e 2009. Evolução da área do Pontal para os anos entre 2007 e 2009, sobreposta a uma imagem QuickBird, do ano de 2007, com suas composições espectrais (Bandas)

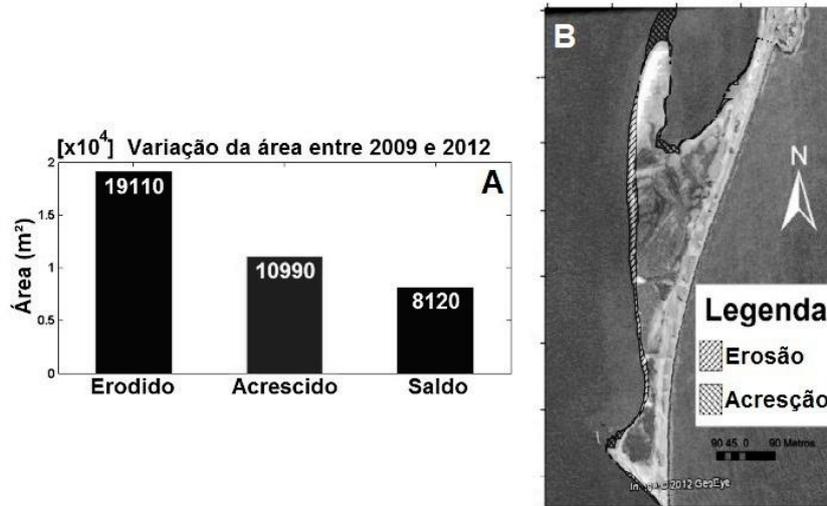


Figura 4: Gráfico de barras com os valores da área erodida e acrescida do Pontal Sul, e o saldo entre elas. Evolução da área do Pontal para o período entre 2009 e 2012, sobreposta a uma imagem QuickBird, do ano de 2004, com suas composições espectrais (Bandas) para o período de 2009 e 2012.

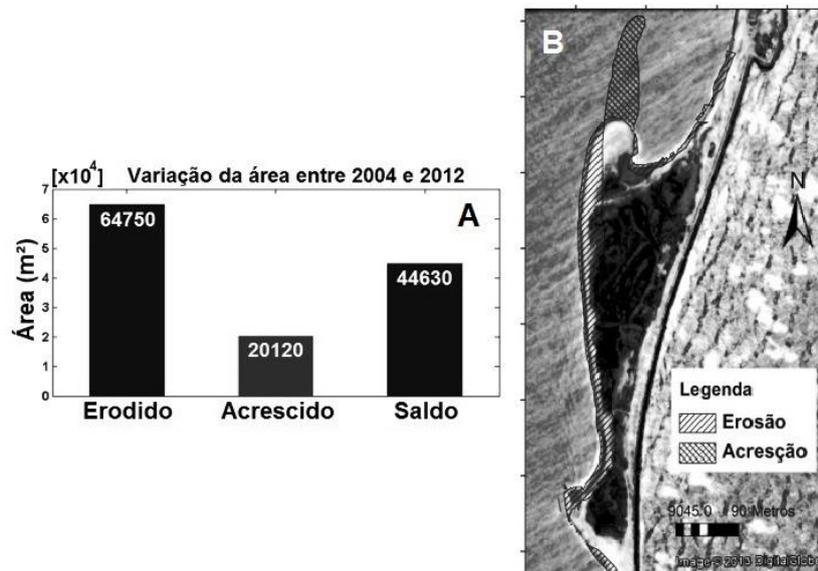


Figura 5: Gráfico de barras com os valores da área erodida, acrescida, e o saldo entre elas para o período total de 2004 e 2012. Evolução da área do Pontal para o período entre 2004 e 2012, sobreposta a uma imagem QuickBird, do ano de 2004, com suas composições espectrais (Bandas).

#### 4. DISCUSSÕES

Estudos realizados por [2] verificaram que durante o período estudado ocorreram variações na área do Pontal, e modificações geomorfológicas se processaram intercalando períodos de acresção e erosão. No entanto, no final do período de análise (1947 - 2003) o Pontal apresentou um crescimento líquido de 154% em área e 304,35 m em extensão (N - S). O presente trabalho mostra que houve uma alteração na área do Pontal para o período de 2004 a 2012, já que foi visto uma maior taxa de erosão do que de deposição. A região mais sul e central do Pontal estão mais sujeitas a processos erosivos, enquanto que na região mais norte do Pontal a acresção prevalece.

[2] destacam também que diversas variações na área do Pontal revelam que o mesmo apresenta uma tendência líquida evolutiva, intercalando períodos de erosão e acresção. Isso sugere que o período escolhido

para o presente trabalho é de erosão. Os resultados deste trabalho indicam que as obras portuárias intensificaram esta tendência.

Sobre a manutenção do Pontal, está vinculada a vários fatores, dentre eles: suprimento de material sedimentar arenoso, sentido do transporte litorâneo, influência dos Molhes, e pouca profundidade. Como houve uma alteração significativa da configuração do Molhe Leste, a evolução dessa feição será modificada, aumentando seu crescimento longitudinal, como dito por [9].

## 5. CONCLUSÕES

Foi visto que a tendência do Pontal é ter seu crescimento longitudinal. Com isso, espera-se que ocorra uma maior deposição na região norte do Pontal, e o contrário acontecendo nas regiões central e sul, onde se espera uma maior erosão devido à hidrodinâmica local. É evidente que o período de maior crescimento do pontal nos anos analisados foi entre 2009 e 2012. As taxas de acreção nesses anos foi a maior durante todo o período investigado, com um valor de 20120 m<sup>2</sup>. Porém levando em consideração todos os anos de análise, isto é, de 2004 a 2012, a taxa de erosão foi maior, apesar da tendência de crescimento do pontal, já que é visto um crescente aumento na taxa de acreção.

- 
1. Zencovitch VP. Processes of coastal development. Translated by D. G. Fry and edited by J. A. Steers. Oliver and Boyd, Edinburgh; 1967. 738 p
  2. Antiquiera JAF, Calliari LJ. Características sedimentares da desembocadura da Laguna dos Patos. *Gravel*, 2005; 3: 39-46.
  3. Camfield FE, Morang A. Defining and Interpreting Shoreline Change. *Ocean & Coastal Management*, 1996; 32 (3): 129-151.
  4. Anders FJ, Byrnes F. Accuracy of shoreline change rates as determined from maps and aerial photographs. *Shore and Beach*, 1991; 16:17-26.
  5. Crowell M, Leatherman SP, Buckley, M. K. Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. *Journal of Coastal Research*, 1991; 7(3): 839-852.
  6. Komar PD. *Beach Processes and Sedimentation*. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall.pp. 432, 1976.
  7. Smith MJ, Cromley RG. Measuring historical coastal change using GIS and the change polygon approach. *Transactions in GIS*, 2012; 16 (1): 3-15.
  8. Federal Geographic Data Committee (FGDC-STD-007.3). *Geospatial Positioning Accuracy Standards (part 3): National Standard for Spatial Data Accuracy*. Washington, DC, Federal Geographic Data Committee; 1998. 25p
  9. Rosen PS. Origin and processes of cusped spit shorelines. In: Cronin, L.E. (ed), *Estuarine Research*, vol.2. Academic Press, New York; 1975. p. 77-92