

## Comportamento morfológico da desembocadura do rio São Mateus, litoral norte do Espírito Santo – Brasil, entre os anos de 1984 e 2009

FABIANA GIACOMIN RAMPINELLI<sup>1</sup>

MAURÍCIO TORRENTGUY<sup>2</sup>

DAMARIS TORRES. PULLIZA<sup>3</sup>

RONEY EDUARDO RODRIGUES<sup>3</sup>

JACQUELINE ALBINO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal Tecnológico do Espírito Santo – IFES

Caixa Postal - - Vitória - ES, Brasil

rampinellifg@gmail.com

<sup>2</sup>CEPEMAR

Av. Carlos Moreira Lima, 90 – 29050-652 - Vitória - ES, Brasil

mauricio.torrentguy@cepemar.com

<sup>3</sup>Sinoptica Sistemas de Informação Geográfica

Rua Araribóia 101 S03 – 29100-340 – Vila Velha - ES, Brasil

{ronney, damaris}@sinoptica.com

<sup>4</sup>Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

Av. Fernando Ferrari, s/n – 29075-010 - Vitória ES, Brazil

jacqueline.albino@terra.com.br

**Abstract.** This study aims to evaluate coastal geomorphological changes occurring over the past 26 years along the delta of Rio São Mateus at Conceição da Barra, north coast of Espírito Santo state, based on multi-temporal analysis of Landsat satellite imagery. We also accessed the influence of climate and waves conditions over the destruction of urban area. The region, which economy is based on tourism, has been subjected to consecutive events of coastal erosion. The municipality has 14.09% of its the area classified as a Permanent Preservation Area and coastal erosion is destroying the national propriety. Identified coastal changes can be associated to the prevailing climate conditions as observed from wave climate and pluviosity historical data sets. As a delta-estuarine system, the region is highly dynamic and unstable by nature. It was observed that shifts in wind direction and wave energy patterns were the main factors to promoted the migration and partial destruction of sand spit, which was located in the Bugia province coastline. There coastal erosion continued and further destroyed part of its urban residential area.

**Palavras-chave:** LANDSAT, erosão costeira, delta, Área de Preservação Permanente

### 1. Introdução

Nos dias atuais, mais de 50% da população mundial vive a menos de 60km do litoral, prevendo-se que, dentro de duas décadas, essa percentagem atinja os 75%. Essa estreita faixa de território corresponde, apenas, a menos de 10% do espaço habitável existente na Terra. Por outro lado, verifica-se que cerca de dois terços das maiores cidades mundiais (com mais de 6 milhões de habitantes) se localizam em zonas costeiras. Constata-se, assim, que nos últimos dois séculos houve um intenso processo de litoralização das sociedades humanas, cujo desenvolvimento tem expressão exponencial Dias et al. (2009); Tagliani (2003).

As zonas costeiras são ambientes de grande interação entre componentes do meio físico, e estes são de fundamental importância na avaliação ambiental de uma região. Em função da diversidade dos agentes incidentes, verifica-se a ocorrência de praias em fase de retração, enquanto outras desenvolvem etapas de acreção, ou seja, encontram-se em estágios progradantes Martins e Urien (2004); Espinoza e Abraham (2005).

Aos problemas relacionados às variações naturais da linha de costa, comuns no litoral do Brasil, soma-se o vetor antrópico. A forma rígida e permanente com que o homem tem ocupado os espaços costeiros e os respectivos investimentos envolvidos na sua fixação acabam por comprometer a qualidade estética e ambiental, levando-se em conta o caráter naturalmente instável das zonas costeiras, colocando em risco a população residente devido à dinâmica dos processos costeiros que atuam na modificação e evolução das feições de relevo Simó e Horn (2004); Ângulo e Soares (1994); Oliveira (2005).

O litoral do município de Conceição da Barra, ES tem grande parte da área urbana situada sobre o delta do Rio São Mateus (Figura 1). Nos últimos anos, particularmente na região da praia da Bugia, praia adjacente ao pontal arenoso localizado na desembocadura do rio, tem sofrido com ocupações irregulares durante as últimas décadas, o que vem trazendo sérios danos ao turismo.



Figura 1: Em destaque o município de Conceição da Barra no estado do Espírito Santo. A esquerda uma foto aérea (8 de março de 2005) da foz do Rio São Mateus. No canto inferior esquerdo da foto aérea, no ano de 2005, da porção final do que ainda resta do bairro da Bugia

Uma alternativa viável e amplamente aplicada para o fornecimento destas informações de variações é o emprego das técnicas de sensoriamento remoto, as quais permitem analisar imagens da superfície terrestre adquiridas por meio de sensores a bordo de aviões, dirigíveis e satélites, sendo estes últimos utilizados no presente trabalho devido a escassez de imagens locais disponíveis, assim como a facilidade de obtenção destas informações via satélite.

## 2. Área de estudo

A região caracterizada por planícies costeiras estreitas com contribuição de aportes fluviais e limitada pelos tabuleiros da Formação Barreiras está associada a praias dissipativas e intermediárias, com dunas frontais, expostas às ondas incidentes e em retrogradação Albino et al. (2006). O município tem sua economia voltada ao turismo e o clima da região é tropical úmido favorecendo o desenvolvimento de um manguezal, do Estuário do Rio São Mateus, ocupando área aproximada de 11 km<sup>2</sup> Bernini et al. (2006).

As ondas para a região *offshore* são caracterizadas com altura significativa ( $H_s$ ) entre 0,5 e 4,5 m, período de pico ( $T_p$ ) entre 4 e 20 segundos e direção de pico ( $D_p$ ) entre N e SW CEPEMAR (2009). De modo a contribuir com o entendimento do comportamento da linha de costa no município de Conceição da Barra apresenta-se no presente artigo uma análise do

comportamento da linha de costa utilizando a análise de parâmetros de ondas chuvas e ventos com a utilização de técnicas de geoprocessamento espacial que permitiram qualificar e quantificar as tendências erosivas e progradacionais da linha de costa nas áreas estudadas. Além disso buscou-se utilizando a Lei Federal nº 4.771 de 15 setembro de 1965 - o Código Florestal, delimitar na margem do rio principal a área necessária a preservação permanente.

### 3. Metodologia de Trabalho

As imagens utilizadas foram adquiridas pelo sensor TM (Thematic Mapper) a bordo dos satélites LANDSAT 5 e 7 e encontram-se disponibilizadas pelo site do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)), assim como imagens georreferenciadas obtidas do site da USGS – Serviço Geológico Americano ([www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)).

Primeiro foi realizada a seleção de imagens que encontram-se entre os anos 1973 a 2009; georreferenciamento das imagens; determinação das linhas de costa utilizando o *software* ENVI (Environment for Visualizing Images) aproveitando a informação fornecida pelos valores de refletância das bandas vermelha e infra-vermelha para distinguir a interface terra-água; superposição e análise comparativa das linhas. Os dados foram avaliados em termos de progradação e/ou regressão da linha de costa ao longo dos anos utilizando o *software ArcGIS 9.2*, com a opção “*merge*” para a junção dos dados temporais. Após a junção dos polígonos utilizou-se o comando “*erase*” para extrair os polígonos formados entre duas linhas de costa consecutivas para assim quantificar as variações temporais entre as datas representadas.

Para análise da ocupação urbana tomou-se como base a Lei Federal nº 4.771. Baseado nesta premissa foi gerado uma projeção de área de influência do rio São Mateus utilizando o recurso “*buffer wizard*” no *ArcGIS*. Esta área foi gerada para delimitar a Área de Preservação Permanente as margens do rio São Mateus. Após ser gerado o polígono que define por lei a APP foi feito então o cálculo em m<sup>2</sup> de área urbana que se localiza em Área de Preservação Permanente (APP). Para isso foi utilizada a ferramenta de intersecção entre polígonos “*Intersect*”, utilizando os polígonos de mancha urbana a cada ano e *buffer* de APP correspondente, gerando como produto dados que refletem a área urbana em m<sup>2</sup> dentro das APP's.

Dados de vento foram obtidos de relatórios desenvolvidos pela CEPEMAR (2009) e pelo INCAPER (ENCAPA, 1981). Os dados de clima de ondas e ventos oceânicos foram obtidos a partir do modelo global de restituição de ventos e ondas de *offshore* para o período de 1970 e 2007, também de CEPEMAR (2009). Para analisar os dados climáticos utilizamos o site do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)) com a base no município de Linhares, dada a escassez de dados para o município de Conceição da Barra. Para o parâmetro pluviosidade utilizou-se o trimestre novembro-dezembro-janeiro por ser o trimestre mais chuvoso.

### 4. Resultados e Discussão

Em relação aos parâmetros de chuva, para as décadas de 80, 90 e 2000 os dados analisados mostram que na região onde encontra-se a bacia do rio São Mateus, no trimestre novembro-dezembro-janeiro, as médias pluviométricas não se alteraram muito ao longo dos 30 anos, apresentando-se, de acordo com a classificação adotada, entre “extremamente chuvoso” e “muito seco”.

Analisando o parâmetro de vento observou-se que houve muito pouca variação ao se comparar as décadas, predominando ventos no quadrante N-NE, com a presença de ventos oriundos do Oceano Atlântico devido às massas aquecidas Tropical Atlântica e Equatorial Atlântica, levando em consideração o padrão de distribuição de ventos característicos para a região descrita por CEPEMAR (2009).

Para o parâmetro de ondas observa-se para a região a predominância no sentido do quadrante E-NE, e também no sentido SE-S, com ampla maioria offshore com HS entre 1.5 e 2.5m e TP inferior a 10s, para da primeira década analisada. Porém o padrão da distribuição das ondas na década seguinte, 1991 a 1999, apresenta-se um pouco alterado com um declínio na frequência de ondas no quadrante E-NE e um aumento no quadrante S-SE. O mesmo também pode ser observado em relação ao período onde ocorre aumento na frequência de ondas com períodos acima de 12s. O padrão para a década seguinte retoma ao da década de 80.

Analisando as alterações morfológicas da região observa-se que houve grandes alterações principalmente na foz do rio, próximo ao bairro da Bugia, como mostra a Figura 2. A deposição de um pontal arenoso no ano de 1973 de direção norte-sul, em 1984 erode e projeta-se rumo ao rio. No ano de 1991 percebe-se que o pontal novamente estreita-se e ocorre a deposição de sedimentos no início da conexão do pontal arenoso com o continente, formando um esporão, observando-se também que foi nesta década que ocorreu a grande retirada do mesmo e tornando cada vez mais evidente a deposição do sedimento na margem direita do rio, com a criação da barra arenosa sul-norte. Para o ano de 2000 é observada a ausência do esporão no sentido norte-sul e começo do acúmulo de sedimento na porção sul da foz do rio. No ano de 2003, observa-se o “crescimento” do esporão já no sentido sul-norte, observando a projeção da barra arenosa no sentido sul-norte para o ano de 2009.

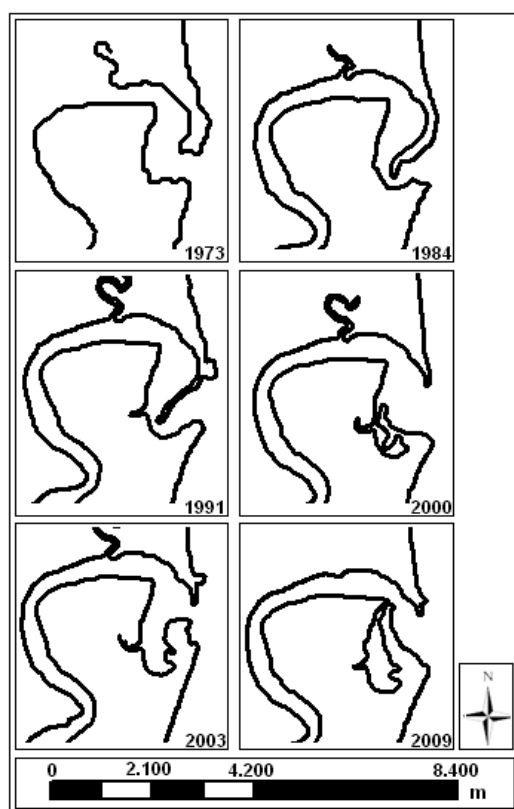


Figura 2: Mosaico das linhas de costa (ArcGIS 9.2) detalhando a foz do Rio São Mateus. Nota-se a variação da deposição/retirada de areia da barra arenosa nos dois sentidos (sul-norte) ao longo dos anos, onde era antigamente localizado o bairro da Bugia.

Processos de contenção nas praias próximas a desembocadura já podem ser observados em outubro de 2009 (Figuras 3.b), diferentes da situação das praias mais afastadas da foz do rio (Figuras 3.a).

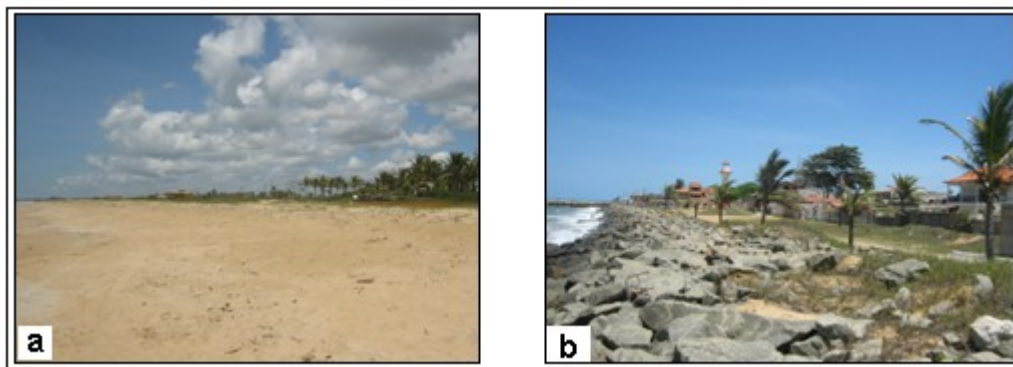


Figura 3: (a) Praia localizada ao norte da foz do Rio São Mateus. Grande extensão da faixa de areia com presença de vegetação característica. Em (b) a ação erosiva da água do mar com a retirada total da faixa de areia. Destaque para a presença de pedras colocadas como contenção pela prefeitura local. (Outubro 2009).

Através de análises das imagens de satélites podemos observar até o presente momento uma grande variação na área urbana da cidade de Conceição da Barra com um crescimento considerável da cidade em direção ao mangue assim como na direção a margem esquerda do rio (Figura 4), juntamente com o grande avanço das construções ao longo dos anos (Figura 4.5).

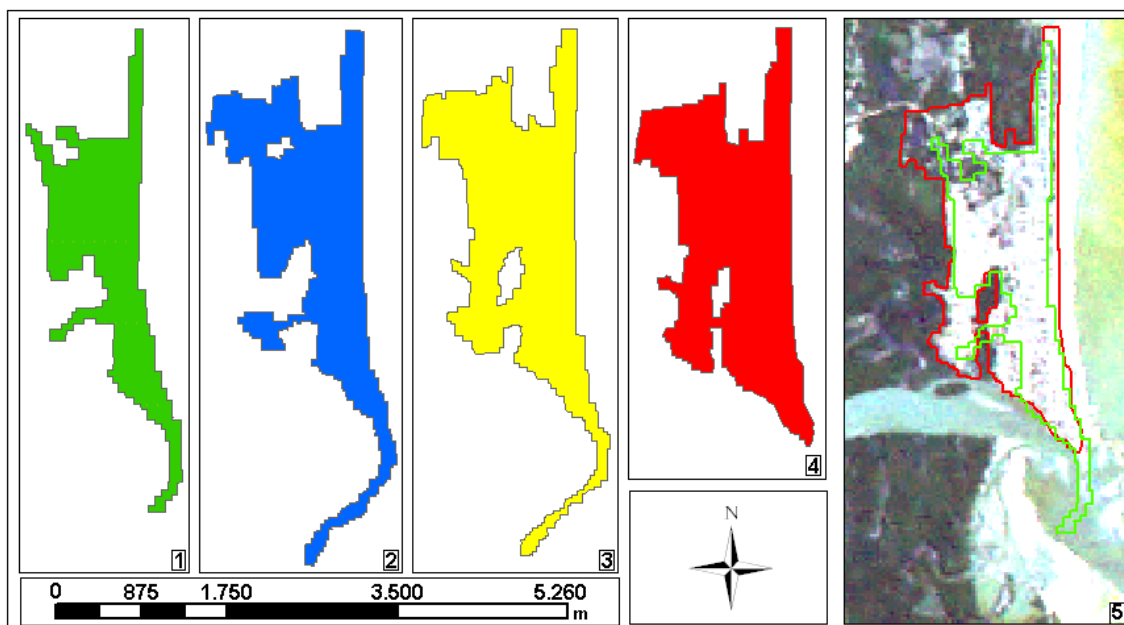


Figura 4: Polígono (ArcGIS 9.2) representativo da expansão da cidade ao longo dos anos. Em (1) polígono que delimita a cidade de Conceição da Barra no ano de 1973; em (2) 1985; (3) 1991 e em (4) 2009. Em (5) uma foto de satélite (LANDSAT 7 TM) do ano de 2009 com as linhas que delimitam a ocupação do município de Conceição da Barra no ano de 1973 (linha verde) e no ano de 2009 (linha vermelha).

Aplicando-se as premissas da Lei Federal nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 juntamente com as análises de *Buffer*, encontramos que as áreas onde deveria haver uma Área de Preservação Permanente (APP), estão hoje ocupadas por parte da cidade de Conceição da Barra bem como partes das rodovias e plantações que estão às margens do rio (Tabela 1).

Tabela 1: Quantitativo de área urbana em APP nos anos de 1973 e 1984 a 2009.

Ano	Área urbana em APP (m <sup>2</sup> )	Porcentagem (%) da área urbana em APP
2009	318.069	8,57
2008	279.599	7,54
2007	325.730	8,89
2006	332.545	9,01
2005	325.739	8,92
2004	308.739	8,36
2003	309.815	8,31
2002	283.932	7,62
2001	330.531	8,80
2000	341.858	9,03
1999	328.451	8,69
1998	384.467	10,27
1997	347.177	9,20
1996	359.988	9,64
1995	386.502	10,57
1994	391.476	10,67
1993	527.131	14,09
1992	497.797	13,57
1991	551.559	14,93
1990	501.475	13,87
1989	515.936	14,41
1988	500.507	14,59
1987	487.263	14,41
1986	*	*
1985	505.508	15,17
1984	534.948	17,72

\*Área não possível ser calculada devido a presença de nuvens na região da cidade.

## 5. Conclusões

A metodologia empregada atendeu aos nossos objetivos se caracterizando como uma metodologia de fácil acesso, sobretudo, ao que se refere às imagens LANSAT dado o amplo banco de dados de imagens para várias décadas. A utilização de imagens mesmo com baixas resoluções demonstrou-se bastante eficiente para o estudo desta magnitude, fornecendo uma nova metodologia a baixo custo e aplicável a outras regiões.

Encontramos uma variação no clima de ondas que durante a década de 90 apresentou-se alterado com um aumento na direção de ondas no quadrante S-SE e redução no quadrante E-NE. Ao contrário do padrão de ondas não foi observado em nossos resultados variações nos parâmetros vento e chuva. Encontramos também que a variação da linha de costa ao longo dos últimos 26 anos foi significativa em alguns pontos, porém, de forma geral, pode-se notar alternância de recuo e progradação de linha de costa.

Para os anos analisados, a ocupação da cidade em área de APP foi em média 13%. Porém essa ocupação oscilou bastante ao longo dos anos. Grande parte da Área de Preservação Permanente tem sido desrespeitada seja por cultivos, pastagens ou mesmo antrópica. Rever os reais limites e as atuais situações de APP torna-se cada dia mais urgente para evitar que mais seja perdido, garantindo o mínimo necessário para a manutenção desses ambientes. Além disso, a ocupação dessas áreas prejudica não somente o ambiente, mas também se mostra na maioria dos casos perigosa para vidas humanas.

## Referências Bibliográficas

Albino, J. Girardi, G. Nascimento, A. K. **Atlas de Erosão e Progradação Costeira do Litoral do Espírito Santo**. In: Muehe D. Organizador. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 227-264, 2006.

Angulo, R. J. & Soares, C. R. Beach profile variations between 1981 and 1993 in southern coast of paraná state. **Boletim Paranaense de Geociências**, 42: 203-216.

Bernini, E.; Silva, M. A. B.; Do Carmo, T. M. S.; Cuzzuol, G. R. F. Composição química do sedimento e de folhas das espécies do manguezal do estuário do rio são mateus, espírito santo, brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, n.4, p.689-699, 2006.

de Oliveira, S. M. C. Evolução recente da linha de costa no trecho costeiro forte novo – garrão (algarve). (Dissertação de Mestrado) – Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 2005.

Dias, J.A.; do Carmo, J. A.; Polette, M. As zonas costeira no contexto dos recursos marinhos. **Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management** n.9, v.1, p.3-5, 2009.

ENCAPA - Azevedo, J. M. e Feitoza, L. R. Comunicado ENCAPA – Representação gráfica da frequências, direção e velocidade do vento em Vitória, Conceição da Barra e Regência no Estado do Espírito Santo, ano III, n.2, p.11, 1981.

Espinoza, H. F.; Abraham, A. M. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para o estudo dos recursos hídricos em regiões costeiras. **Anais: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, INPE, 2005. Artigos, p. 2487-2494, Disponível em <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2005/02.12.16.31>>. Acesso em 03/01/2009.

Martins, L. R. e Urien, C. M. Areias da plataforma e a erosão costeira. **GRAVEL**, n. 2, p. 4-24, 2004.

Simó, D. H. & Horn Filho, N. O. Caracterização e distribuição espacial das “ressacas” e áreas de risco na ilha de santa catarina, sc, brasil. **Gravel**, n.2, p.93-103, 2004.

Tagliani, C. R. A. Técnica para a avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. **Anais: XI SBSR**, Belo Horizonte, Brasil, INPE, 2003. p.1657 - 1664, Disponível em <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2003/03.28.12.35/doc>>. Acesso em 02/01/2009.

White, K.; Asmar, H. M. E. Monitoring changing position of coastlines using thematic mapper imagery, an example from the Nile delta. **Geomorphology**, n.29, p.93-105, 1999.

—