

Análise multitemporal da evolução da linha de costa da praia Volta do Rio no litoral leste do município de Acaraú – Ceará – Brasil, utilizando imagens LANDSAT 5 TM

Maria Valdirene Araújo^{1,2}
George Satander Sá Freire²
Valdir do Amaral Vaz Manso¹
Sidineyde Soares de Lima Costa²

¹ Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Prédio da Reitoria - CEP. 50.670-901
Cidade Universitária - Recife - PE – Brasil
mmvvaall@hotmail.com; vazmanso@uol.com

² Universidade Federal do Ceará - UFC
Av. Humberto Monte, s/n – Fortaleza – CE, Brasil
freire@ufc.br; sidineyde@gmail.com

Abstract. This work embraces the application of Landsat 5 TM digital images, comprising July 7 1987, June 10 1991, July 2 1999 and August 11 2008, for temporal mapping of littoral east of Acaraú, situated in the Ceará region. After treatment using several digital processing techniques (e.g. colour composition in RGB, ratio of bands, principal component analysis, index methods, among others), it was possible to generate several image products and multitemporal maps of the coastal morphodynamics of the studied area. This report had as objective the multitemporal environmental monitoring of the region by recognizing in the field and analyzing images of orbital sensors of different years of last two decades. This analysis was achieved by Digital Images Processing (DIP) techniques. Using the image products it was possible the identification and characterization of the principal elements of interest, in the surface of the studied area, associating the spectral characteristics of these elements to that presented by the image products resulting of the digital processing. Thus, it was possible identify the sea/land limit, shallow submersed areas and suspended sediments. The multitemporal maps of the coastal morphodynamics allowed the identification and a semi-quantitative evolution of regions which were submitted to erosive and constructive processes in the last two decades.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, sensoriamento remoto, processamento de imagens.

1. Introdução

A zona costeira, região onde o continente encontra o mar, constitui uma zona de fronteira sujeita a contínuas alterações morfológicas, modeladas por processos de origem continental e marinha. Apresenta grande variabilidade temporal e espacial, comportando-se como um sistema ambiental instável, desde o passado remoto até os dias atuais, em função de uma série de processos geológicos continentais e marinhos, muito mais dos quais são fundamentalmente controlados por fatores meteorológicos. Esses processos, determinantes na formação de distintos tipos de costas, englobam oscilações do nível do mar e dinâmica erosiva e deposicional associada à ação das ondas, marés, correntes e dinâmica eólica. (Baptista et al. 2004).

A área objeto deste trabalho situa-se no Extremo Norte do Estado do Ceará, limitado pelas coordenadas UTM WGS84 24S (385000 – 395000 E) e (9682000 – 9683000 N), com dimensão aproximada de 500 km², no qual inclui a praia Volta do Rio no extremo leste do município de Acaraú – CE. Essa área corresponde a uma região que vem sofrendo ao longo dos anos processos erosivos e deposicionais bem marcantes por apresentar uma morfologia costeira instável e caracterizada por pontais arenosos, que atingem de 8 km a 6 km e que normalmente são estreitos (> 1 km).

Ainda conforme Baptista Neto et al. (2004) dentre os diversos ambientes de sedimentação continentais e marinhos, ocorrem aqueles diretamente localizados na linha de costa, como as praias, os pontais arenosos, estuários, deltas, lagunas e dunas eólicas costeiras. Estes

ambientes são altamente mutáveis em função de sua localização geográfica na interface continente oceano, sendo constantemente remobilizados pela ação dos processos costeiros associados às ondas, correntes e marés e ao aporte de sedimentos.

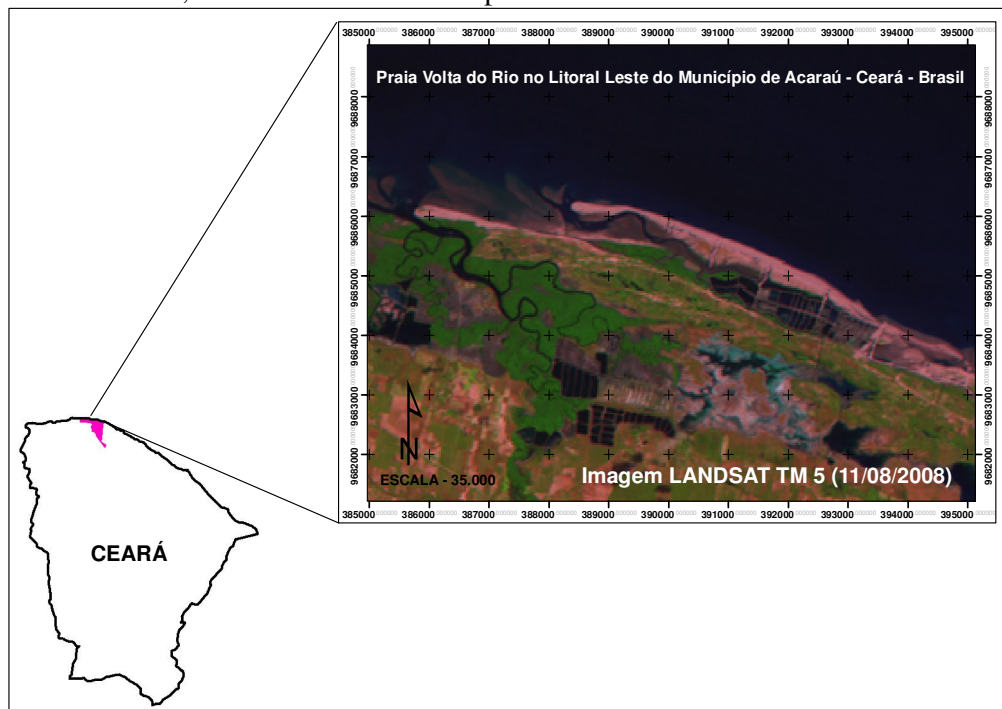


Figura 1 – Localização da área estudada.

2. Metodologia

Nos procedimentos metodológicos foram coletados dados bibliográficos e cartográficos com enfoque na temática do trabalho, que abordassem assuntos específicos sobre SIG e PDI, enfocando metodologias de integração de dados *raster*, vetoriais e alfanuméricos.

Para a análise multitemporal da evolução da linha de costa foram utilizadas imagens orbitais Landsat 5 TM com quatro datas distintas (obtidas gratuitamente no site do INPE) através de técnicas de realce no PDI. Essa análise permitiu o levantamento da linha de costa em diferentes anos, onde os intervalos variaram de 4 anos a 9 anos. (Quadro 1).

Quadro 1 – Lista das imagens digitais com suas respectivas datas e resolução espacial.

DATA	TIPO DO SENSOR	Resolução Espacial
17/07/1987	Landsat 5 TM	30m
10/06/1991	Landsat 5 TM	30m
02/07/1999	Landsat 5 TM	30m
11/08/2008	Landsat 5 TM	30m

Fonte: INPE

Complementando a metodologia citada anteriormente, as imagens Landsat passaram pelas seguintes etapas:

- Pré-processamento das imagens

Conforme Crosta (1992) as imagens geradas por sensores remotos estão sujeitas a uma série de distorções espaciais (rotação da terra, curvatura da terra, variações de altitude, posição e velocidade da plataforma, dentre outras), não possuindo, portanto, precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies ou fenômenos representados,

sendo necessário aplicar correções (georreferenciamento) que vão reorganizar essas informações em relação a um sistema de projeção cartográfica.

Foi realizado o georreferenciamento e registro dos conjuntos de imagens digitais do Landsat 5 TM, onde os pontos de controle para o georreferenciamento foi feito nas imagens bases Landsat 5 TM, no qual foi escolhido o máximo de pontos, de fácil identificação nestas imagens, para que fosse possível a retificação. As imagens Landsat estavam com o *Datum* SAD69 sendo posteriormente georreferenciadas para o *Datum* WGS 84 UTM 24S.

- Processamento Digital de Imagens – PDI (composições coloridas em RGB 543 e submetidas às mudanças no histograma, por meio de técnicas de PDI para o realce do limite entre áreas emersas e áreas submersas.

A elaboração das composições coloridas consistiu na associação de três bandas espectrais, ou da combinação de três razões de bandas, cada uma inserida num canal de cor, dentro do sistema RGB (*Red, Green e Blue*). Este é um produto básico do PDI, porém seu emprego em bandas espectrais possibilita o realce de feições superficiais, que consiste na elaboração de falsas cores, uma vez que emprega bandas com comprimentos de ondas no visível, infravermelho próximo. (ARAÚJO, 2006).

- Etapa de campo para verificar a situação da morfologia costeira da área estudada.
- Integração dos dados e confecção dos mapas a partir das interpretações entre duas datas, realizadas segundo os cruzamentos entre linhas de costa para quatro datas distintas (1987, 1991, 1999 e 2008), (Figura 2), com esses dados permitiram observar a evolução da linha de costa em três escalas de tempo – 1987 – 1991; 1991 – 1999; 1999 – 2008.

O pré-processamento, o processamento digital e a integração das imagens foram feitas no *software* ER Mapper v.6.4 (*Earth Resource Mapping Pty Ltd.*) e a vetorização da linha de costa foram digitalizadas no *software* ArcGIS 9.2. Os cruzamentos das linhas de costa foram feitos para o intervalo de duas datas, caracterizando-as em áreas de erosão, acrescimento (ou deposição) e sem modificação.

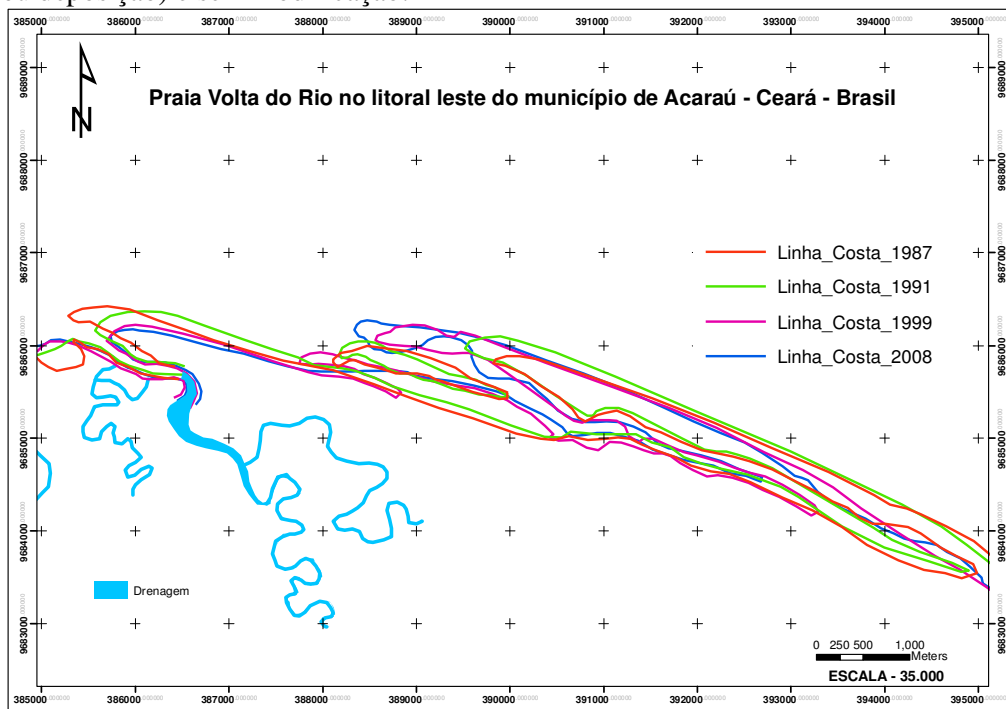


Figura 2 – Linha de costa de acordo com as imagens Landsat em datas distintas.

3. Resultados e Discussão

Para a análise multitemporal da praia Volta do Rio, localizada no extremo leste do município de Acaraú, Ceará foi utilizada imagens Landsat 5 TM como foi descrito anteriormente. No entanto foi analisada a evolução da linha de costa em três períodos de tempo distintos.

1987 – 1991

Nesta escala temporal pôde-se constatar o movimento de transporte de sedimentos com intercalação de áreas de erosão e acreção, essa migração está relacionada às correntes litorâneas no sentido W que transporta os sedimentos. Na comparação feita entre as linhas de costa para os anos de 1987-1991 (intervalo de 4 anos) calcula-se uma área de 71km² de erosão no pontal arenoso, sentido WNW. Portanto na região houve um predomínio de áreas onde houve deposição, como se pode observar no limite da área à W ocorreu acreção de 97km² e ao longo dos dois pontais arenosos ocorreu acreção (deposição) com áreas aproximadas de 755km² e 301km² em direção N. A barra arenosa localizada nas proximidades das coordenadas 389000 (E) e 9686000 (N) sofreu aproximadas 44Km² de acreção e 104Km² de erosão nesse intervalo de 4 anos. (Figura 3).

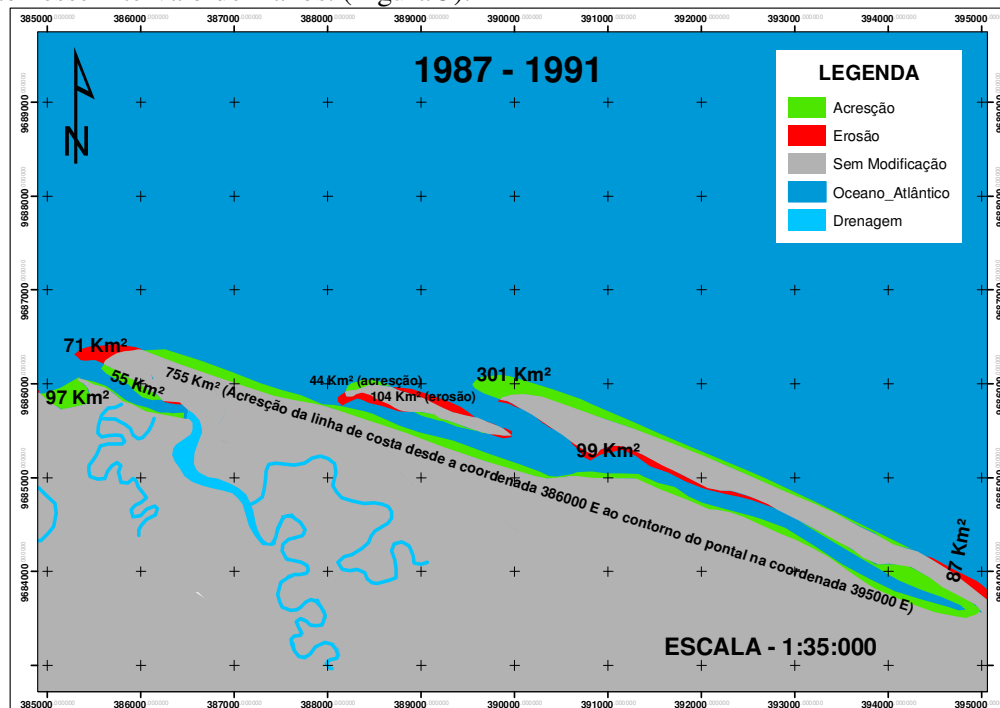


Figura 3 – Comparação da linha de costa no intervalo de 4 anos (1987-1991).

1991 – 1999

No segundo período analisado foi numa escala temporal de 8 anos, onde pode-se observar uma maior predominância de erosão ao longo dos pontais arenosos, sendo observado também áreas consideráveis onde houve acreção. Na comparação feita entre as linhas de costa para os anos de 1991-1999, as áreas onde houve um maior processo erosivo alcançaram 1.115Km², 410Km², 229Km² e 263Km² de recuo de costa. (Figura 4).

As correntes litorâneas atuantes na área proporcionaram a deposição de sedimentos, alcançando áreas equivalentes a 607Km² e 191Km², sendo o que a área da barra arenosa ocorreu erosão e migrou para o pontal arenoso alcançando uma área aproximada de 436Km² de deposição.

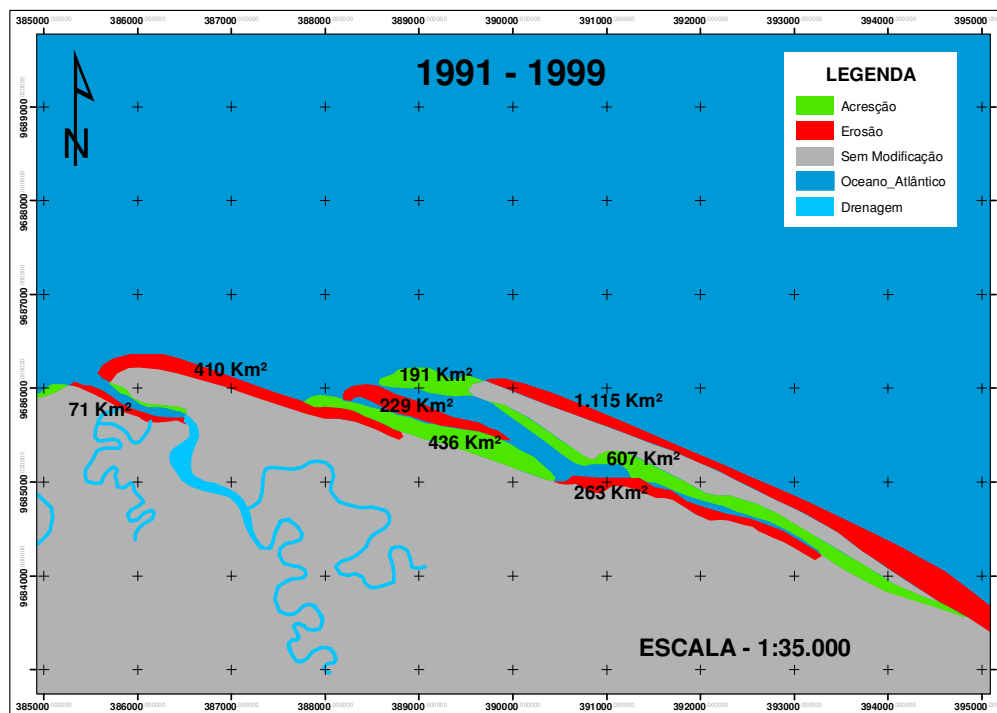


Figura 4 – Interpretação de erosão e deposição entre as linhas de costa 1991-1999.

1999 – 2008

Nesse período de 9 anos (1999-2008) houve pequenas alterações na linha de costa com relação aos períodos anteriormente analisados. A maior alteração nessa região foi instalações de indústrias de carcinicultura, onde pode-se observar uma área aproximada de 1.360Km² ocupada por viveiros de camarão, instalada numa área de drenagem, onde ocorre a ligação do pontal arenoso com o continente. (Figura 5).

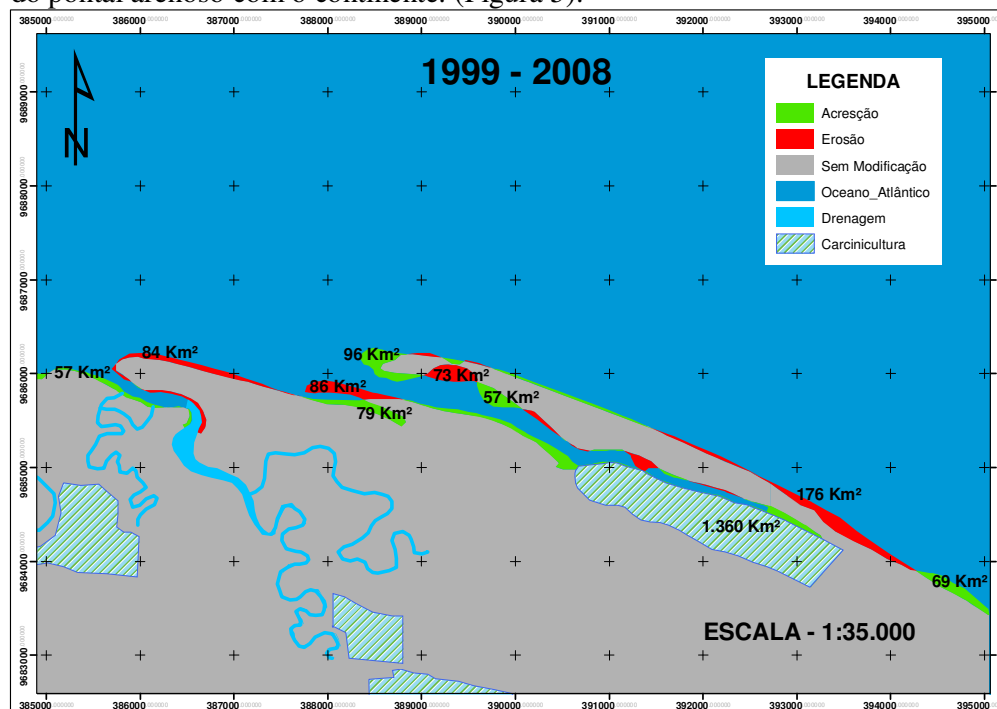


Figura 5 – Interpretação de erosão e deposição entre as linhas de costa 1999-2008.

4. Conclusões

Os produtos de sensores remotos juntamente com os recursos disponíveis no SIG, foram de extrema eficiência no estudo da análise multitemporal da área estudada, provendo informações procedentes da variação da linha de costa e da dinâmica costeira.

Observou-se que os processos erosivos e de deposição são dinâmicos e inter-relacionados com os condicionantes ambientais locais como (ventos, ondas, correntes e marés), onde dependendo destes condicionantes a área torna-se susceptível a mudanças constantes.

Dentre os três períodos de tempo em que foi estudada a dinâmica ambiental (multitemporal), observou-se que a erosão predominou entre os anos de 1991-1999, onde teve um recuo na linha de costa do pontal arenoso a leste, aproximados 1.115Km² de área num período de 8 anos. Neste mesmo período de tempo houve o deslocamento da barra arenosa (389000E; 9686000N), em direção ao continente, onde ocorreu aproximados 436Km² de deposição.

Outro fator observado é a forte tendência da substituição de áreas de mangues, salgado e apicum por viveiros de camarão, onde se verifica que esta atividade vem crescendo muito desde o ano 2000. A implantação de viveiros de camarão na região, ocorre de maneira desordenada, acarretando sérios desequilíbrios na sustentabilidade ambiental.

Agradecimentos

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio financeiro recebido pela CAPES. Ao Curso de Pós-Graduação em Geociências da UFPE pelos conhecimentos adquiridos. Aos colegas do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA – UFC) pela amizade e ajuda nos momentos de dúvidas.

Referências Bibliográficas

- Araújo, A. B. **Análise caracterização da dinâmica da foz do rio Apodi, região de Areia Branca/RN, com base na cartografia multitemporal de produtos de sensores remotos.** 2003. 159p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2006.
- Araújo, M.V. **Análise ambiental da área estuarina do rio Acaraú – Ceará - Brasil.** 2007. 121p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2007.
- Baptista Neto, J.A. et. al. **Introdução a geologia marinha.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004. 279p.
- Crosta, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Editora da Unicamp. Campinas, SP: IG/Unicamp, 1992. 170p.
- INPE. **Site www.inpe.br.** Consultado em 19/07/2008.