

## **Análise multitemporal da linha de costa da praia de Macapá no litoral do Piauí a partir de imagens Landsat**

*Multitemporal analysis of the coastline of Macapá beach on the coast of Piauí from Landsat images*

*Inessa Racine Gomes de Araújo*  
Tecnóloga em Geoprocessamento,  
Mestranda em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação pela  
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil  
[inessa.araujo@ufpe.br](mailto:inessa.araujo@ufpe.br)

*Érico Rodrigues Gomes*  
Doutor em Geografia, Professor do Instituto Federal de  
Educação Ciência e Tecnologia do Piauí, Brasil  
[erico.gomes@ifpi.edu.br](mailto:erico.gomes@ifpi.edu.br)

### **Resumo**

A planície costeira do estado do Piauí tem passado por diversas intervenções em função das atividades naturais e humanas. A zona costeira representa uma unidade de paisagem que mesmo sem apresentar grande ocupação já apresenta indicativos ambientais no que se refere a erosão costeira. A metodologia foi baseada em uma análise de séries temporais de 30 anos (1985 a 2015) através de imagens Landsat para a detecção e variação da linha de costa. Os resultados obtidos indicam que há uma tendência generalizada no processo de avanço das águas oceânicas sobre a linha da costa na praia de Macapá e que está relacionado com a dinâmica costeira e também com o fato de que neste local há intensa carga de sedimentos oriundos do continente, através do trabalho de deposição e transporte dos rios Cardoso e Camurupim, que deságuam no oceano em forma de estuário.

**Palavras-chave:** erosão costeira, monitoramento costeiro, linha de costa, sensoriamento remoto.

### **Abstract**

The coastal plain of the state of Piauí has undergone several interventions due to natural and human activities. The coastal zone represents a landscape unit that even without presenting great occupation already presents environmental indicatives with respect to coastal erosion. The methodology was based on a 30-year time series analysis (1985 to 2015) using Landsat images for the detection and variation of the coastline. The results indicate that there is a general tendency in the process of advancing the oceanic waters on the coastline in the beach of Macapá and that is related to the coastal dynamics and also to the fact that in this place there is an intense load of sediments originating from the continent, through the work of deposition and transportation of the rivers Cardoso and Camurupim, that fall into the ocean in the form of estuary.

**Keywords:** coastal erosion, coastal monitoring, coast line, remote sensing.

## 1. INTRODUÇÃO

A zona costeira compõe uma porção do território de extrema importância para a maioria dos países costeiros de forma geral, e há, por conseguinte, preocupações com o futuro dessa área, pautada principalmente no estado dos recursos naturais que a compõe e que são o suporte de vida e de oportunidades de desenvolvimento econômico para as sociedades costeiras (CLARK, 1994). São áreas constituídas por uma variedade de feições geomorfológica, neste contexto estão inseridos os campos dunares, restingas, lagoas costeiras, praias, esporões arenosos, planície de marés, planície deltaica e rochas praias, proporcionados pela interface continente-oceano-atmosfera que apresentam um equilíbrio dinâmico, porém as atividades antrópicas vem ocupando as regiões costeiras, de forma intensiva e desordenada, afetando assim a dinâmica natural desses ecossistemas, não só impactos antrópicos, também os processos costeiros naturais. Conforme demonstrado através de diversos indicadores ambientais, como a erosão/deposição costeira sobre a linha de costa, clima e mudanças do nível do mar.

Conforme destacado por Paula (2013):

A zona costeira em questão, está subjugada aos processos dinâmicos que são compostos pela ação dos agentes de transporte, erosão e deposição, tendo como causas originais a variação do nível do mar, a corrente de deriva litorânea, a influência das mares, o comportamento climático, a ação eólica e, principalmente, a ação antrópica. Este último é vetor que muito influencia na configuração da zona costeira e na morfologia praias, visto que a susceptibilidade desse ambiente à ação humana é relativamente elevada.

Para Bigarella (1985), através de uma visão integrada da problemática da erosão menciona os aspectos hidrológicos e mecânicos, bem como processos e formas da erosão. Dentre as generalidades enumeradas, analisa as condições climáticas, os agentes geológicos, a movimentação hídrica, entre outros, pois são agentes que influenciam diretamente no processo erosivo.

Atualmente as alterações espaciais da linha de costa constituem-se um problema sério em todo o mundo. A erosão costeira é um fenômeno frequente e quanto mais o litoral é ocupado, mais se acentua o problema, devido ao aumento do valor econômico das regiões costeiras e da forma que assume o desenvolvimento. Este fenômeno, pela complexidade das interações entre os diversos fatores naturais e antrópicos, tem sido nos últimos tempos um maior relevo das planificações das atividades de desenvolvimento e principalmente de ordenação da zona costeira, já que a própria obra pode ser afetada por estes fatores ou provocar a intensificação da erosão e gerar perdas para outros setores da costa adjacente (FARIAS, 2008 *apud* MAIA, 2005). E a zona costeira da região do nordeste do Brasil se enquadra dentro desse contexto (FARIAS, 2008 *apud* DOMINGUEZ, 2007).

Conforme destacado por Paula (2013), no qual refere-se que o litoral do Piauí, com cerca de 66 km, merece destaque pela importância sócio-econômica e ambiental que representa principalmente para o estado do Piauí. Outro fato que denota sua relevância é a diversidade de ambientes e sistemas naturais que ali se encontram e que subsidiaram, nas últimas décadas, a execução de atividades sociais e econômicas importantes como a pesca artesanal, a extração mineral de sal, a aquicultura, a urbanização, o turismo entre outros. Para a conservação e preservação do ambiente costeiro é necessária a compreensão da sua dinâmica sedimentar e dos mecanismos naturais e antrópicos que causam a erosão costeira. Segundo Souza et al., (2005) p. 146, os estudos de morfodinâmica, circulação costeira e erosão podem ser diretamente aplicados na mitigação e no controle de erosão costeira, em zoneamentos ecológico-econômicos ou ambientais, bem como subsidiar políticas públicas por meio de medidas e normas disciplinadoras visando o planejamento territorial e gerenciamento costeiro integrado.

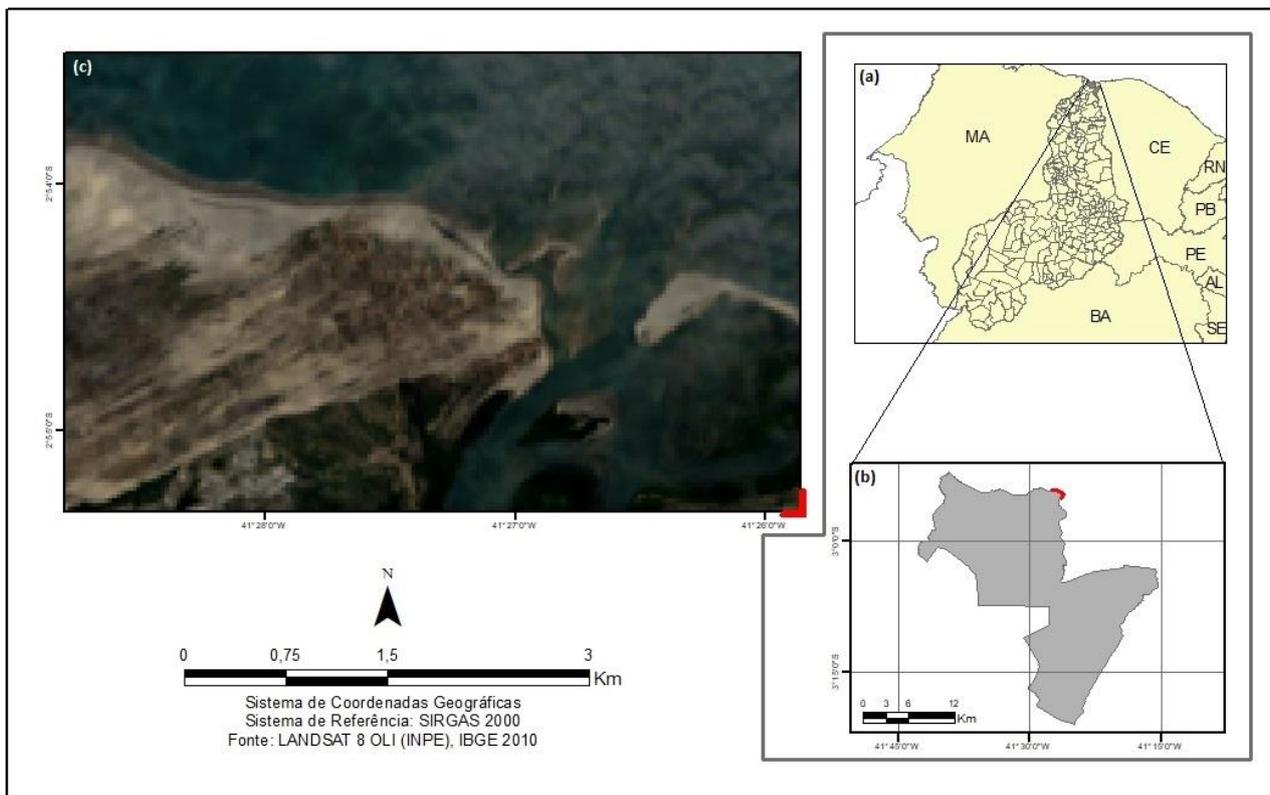
Amaro et al., (2012) citado por Ximenes et al., (2013) destacou que o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) permite vetorizar, integrar e analisar, num meio digital, os dados multitemporais da linha de costa para análise da evolução costeira. Além disso, permite fornecer grande quantidade de informações acerca dos registros de uso do ambiente costeiro. E diversas são as pesquisas encontradas no Brasil para analisar a linha de costa e a erosão costeira, entre elas destacam-se: estudos na costa central da Bahia (Ramos, 2004), em Pernambuco os estudos de casos de Recife e Jaboatão dos Guararapes (Silva et al., 2013.), Jaboatão dos Guararapes e Cabo de Santo Agostinho (Menezes, 2015), Litoral Sul de Pernambuco (Mallmann, 2008), no Rio de Janeiro na região dos Lagos (Lins-de-Barros, 2010) e no Paraná o Balneário de Pontal do Sul (Nardez et al., (2016)).

Neste contexto, o presente trabalho visa contribuir, através das ferramentas de geoprocessamento, para fazer uma análise multitemporal da praia de Macapá, no litoral do estado do Piauí, que nos últimos anos vem ocorrendo intensas modificações, onde já ocorreram perdas de solos, espécies da fauna e flora, casas bares e restaurantes por conta dos processos costeiros. Utilizando dados multitemporais, através de imagens Landsat em uma série temporal de 30 anos (1985 a 2015). Fez-se necessário a realização desse estudo pela necessidade de ampliar os conhecimentos acerca do litoral do estado do Piauí e visando contribuir para a projeção e antecipação do comportamento dos processos costeiros, associados tanto ao meio antrópico quanto ao meio natural.

## 2. METODOLOGIA DO TRABALHO

### 2.1. Área de estudo

O município de Luís Correia, pertence ao baixo Parnaíba Piauiense e limita-se ao Norte com o oceano Atlântico, a Leste com o Estado do Ceará, ao Sul com o município de Cocal, e a Oeste com o município de Bom Princípio do Piauí. Localizado a  $2^{\circ} 52' 42''$  de latitude Sul e  $41^{\circ} 40' 12''$  de longitude Oeste (IBGE, 2010). A área estudada foi a praia de Macapá (Figura 1), pertence à Área de Proteção Ambiental do delta do rio Parnaíba. Esta Área de Proteção Ambiental é uma Unidade de Conservação administrada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que busca proteger o ecossistema costeiro formado dunas e mangues da região, se estendendo pelos estados do Maranhão, Piauí e Ceará.



**Figura 1** – (a) Localização do estado do Piauí no Nordeste brasileiro. (b) Ampliação do município de Luís Correia destacando a praia de Macapá. (c) Praia de Macapá.

**Organização:** o autor.

### 2.2. Procedimentos metodológicos

Sensoriamento Remoto é umas das mais bem sucedidas tecnologias de coleta automática de dados para o levantamento e monitoração dos recursos terrestres em escala global (MENESES et al., 2012). No processo de aquisição de informações por meio de sensoriamento remoto há duas fases importantes: a aquisição de dados, referente ao processo de detecção e

registro de informação e a fase de utilização e análise de dados, que compreende o tratamento e a extração de informações e dados coletados (FARIAS, 2008). Em estudo de monitoramento costeiro, a existência de imagens de sensores remotos de diferentes épocas faz da análise multitemporal uma excelente ferramenta para auxiliar estudos geomorfológicos costeiros, ao estender informações pontuais de uma área para um contexto geográfico, possibilitando o entendimento da história evolutiva desses sistemas (TREBOSSNET et al., 2005, CHU et al., 2006 *apud* MOREIRA, 2014).

O trabalho utilizou as imagens digitais dos satélites Landsat5 TM e Landsat8 OLI (Quadro 1), georeferenciadas para o sistema de referências SIRGAS 2000, zona 24 Sul. O processamento das imagens foi feito no software ArcMap versões 10.1 e 10.3. Em sequência foram realizados os procedimentos de análises das composições coloridas (RGB) formada pelas bandas 7/4/2, a banda 7 foi utilizada por apresentar melhor resposta à morfologia do terreno o que permite assim a obtenção de informações sobre a geomorfologia e a geologia, a banda 4 permite, através da absorção de energia o destaque dos corpos de água, facilitando o mapeamento do delineamento dos mesmos. A banda 2, que corresponde a faixa do verde no Espectro Eletromagnético (EEM), consegue penetrar a superfície d'água, proporcionando um contraste entre os dois meios em condições de preamar, além de possibilitar a definição da linha de costa em condições de baixamar pela determinação da presença de água nos interstícios dos sedimentos de areia da praia, definindo assim o limite das áreas úmidas e secas (AMARO et al., 2012). Das imagens geradas, foram selecionadas as imagens que melhor definiram o limite de costa. O satélite LandSat 5 foi lançado no dia 01 de Março de 1984 e opera em órbita equatorial a 705 km de altitude. O sensor TM (Thematic Mapper) a bordo do satélite faz o imageamento da superfície produzindo imagens com 185 Km de largura no terreno, resolução espacial de 30 metros e 7 bandas espectrais. A plataforma Landsat 8 opera com dois instrumentos imageadores: Operacional Terra Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS). Produtos OLI possuem de nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros.

Devido à importância do emprego de produtos de sensoriamento remoto no estudo das mudanças históricas da linha de costa, pelo registro instantâneo de configurações litorâneas situadas em escala temporal, é cada vez maior o desenvolvimento de pacotes de softwares de extração semi-automática referentes à posição da linha de costa, com base em mapas ou fotografias aéreas conjugando o tratamento de imagens digitais com programas de vetorização e controle de campo (FARIAS, 2008). Segundo Amaro et al. (2012) a utilização do sensoriamento remoto pode trazer excelentes resultados para análise da dinâmica costeira e dos processos que são atuantes neste ambiente, pois permite a obtenção de diversas informações a respeito de extensas áreas da superfície terrestre, facilitando a possibilidade de interpretações e

extração de informações geográficas. São comuns os exemplos de trabalhos que analisam os processos de erosão e progradação da zona costeira no Brasil e no mundo, como as pesquisas de Komar (1983 *apud* MOURA, 2012); Bush (1999); Dominguez (1999 *apud* SOUZA, 2005); Rocha (2010); Gonçalves (2010).

**Quadro 1** – Características dos sensores TM e OLI

Sensor	LandSat 5 TM	LandSat 8 OLI
Bandas espectrais	Banda 1-Azul (0,450 - 0,520 $\mu\text{m}$ ) Banda 2-Verde (0,520 - 0,600 $\mu\text{m}$ ) Banda 3-Vermelho (0,630 - 0,690 $\mu\text{m}$ ) Banda 4-Infravermelho próximo (0,760 - 0,900 $\mu\text{m}$ ) Banda 5-Infravermelho médio (1,550 - 1,750 $\mu\text{m}$ ) Banda 6-Infravermelho termal (10,40 - 12,50 $\mu\text{m}$ ) Banda 7-Infravermelho médio (2,080 - 2,350 $\mu\text{m}$ )	Banda 1 – Aerossol, costeiro (0,43 - 0,45 $\mu\text{m}$ ) Banda 2 - Azul (0,45 - 0,51 $\mu\text{m}$ ) Banda 3 - Verde (0,53 - 0,59 $\mu\text{m}$ ) Banda 4 - Vermelho (0,64 - 0,67 $\mu\text{m}$ ) Banda 5-Infravermelho próximo (0,85-0,88 $\mu\text{m}$ ) Banda 6 – SWIR 1(1,57 – 1,65 $\mu\text{m}$ ) Banda 7 - SWIR 2 (2,11 - 2,19 $\mu\text{m}$ ) Banda 8 - Pancromático (0,50 - 0,68 $\mu\text{m}$ ) Banda 9 - Cirrus (1,36 – 1,38 $\mu\text{m}$ )
Resolução espacial	Bandas 1-5 e 7 – 30 metros Banda 6 – 80 metros	Bandas 1-7 e 9 – 30 metros Banda 8 – 15 metros
Resolução temporal	16 dias	16 dias

**Fonte:** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

### 2.3. Análise das imagens

Segundo Farias (2008), o conceito de linha de costa é amplo, haja vista que sob o ponto de vista físico a linha da costa corresponde simplesmente à linha de interface entre a terra e água. E uma das definições que podem ser utilizadas como referência para caracterizar a posição da linha de costa em áreas costeiras arenosas, tem incidido na utilização da “linha” que marca o limite atingido durante a preamar viva. Crowell (1991), destacou que este limite caracteriza-se por uma mudança nítida de tonalidade nas areias da praia, facilmente identificável nas fotografias aéreas e imagens de sensoriamento remoto. Já Mendonça (2005), propõe que indicadores da linha de costa sejam analisados a partir de dois tipos básicos: as feições físicas que criam obstáculos à passagem da água, tais como penhascos rochosos, falésias, dunas, arenitos de praia, bermas, muro de proteção e as marcas associadas ao nível de água, como linha de vegetação, resíduos deixados pela maré, linha de água e marca da maré mais alta.

Neste estudo a linha de costa utilizada será a marca deixada pela maré mais alta considerando o instante da tomada da imagem digital obtida por satélites artificiais visualmente interpretado e extraído sua posição espacial no sistema de coordenadas UTM através do processo de vetorização.

A linha de costa foi determinada através da vetorização dos dados georeferenciados à sua identificação, usando como base as imagens do sensoriamento remoto dos anos de 1985 a 2015, no intervalo de 30 anos (Quadro 2), visando quantificar as variações da posição da linha de costa.

**Quadro 2** – Data de aquisição das imagens.

Satélite	Data
LandSat 5	03/08/1985
LandSat 5	22/07/1998
LandSat 5	01/08/1990
LandSat 5	09/06/2000
LandSat 5	25/05/2005
LandSat 5	12/01/2010
LandSat 8	22/06/2015

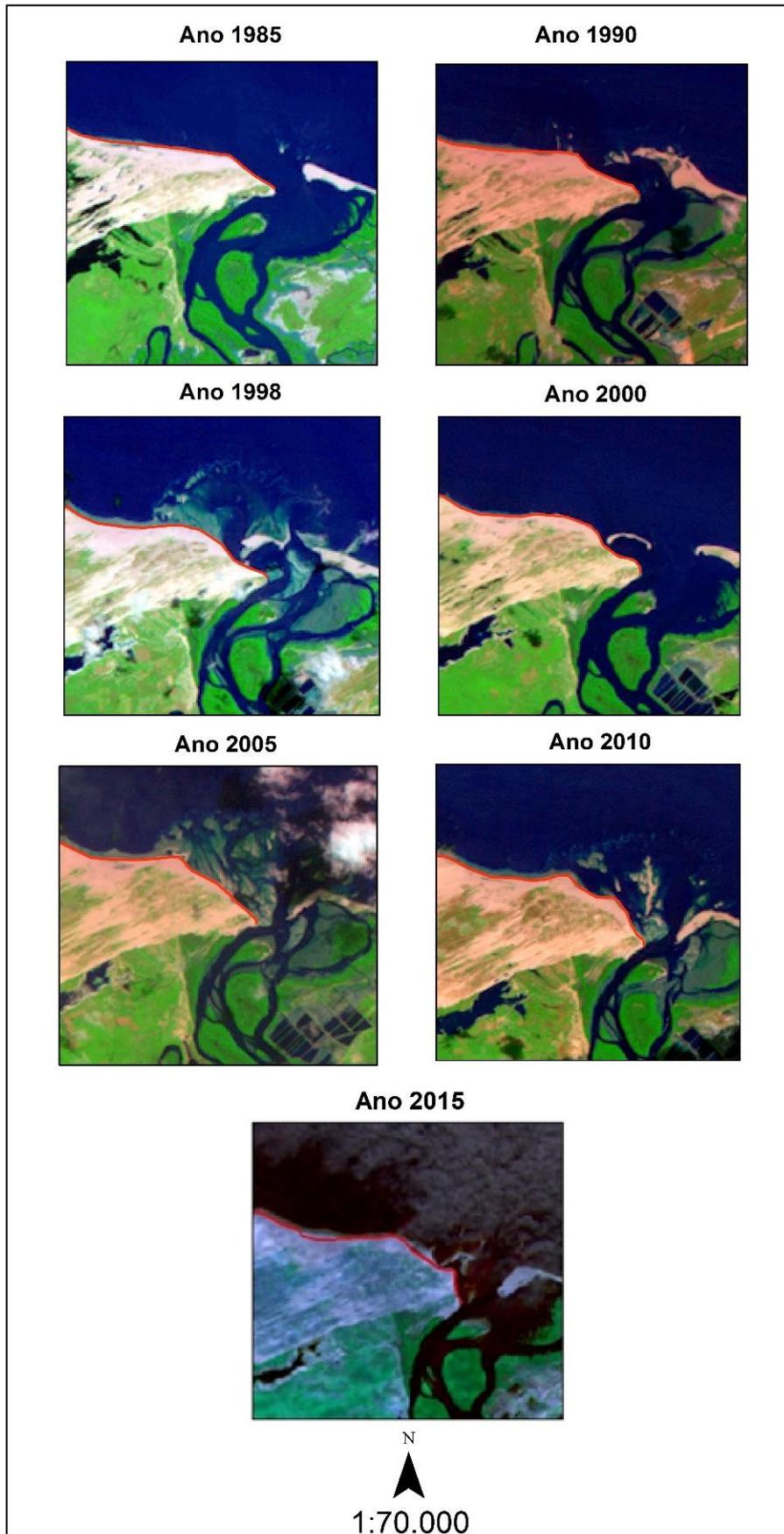
Fonte: INPE.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÕES

A definição mais adotada para caracterizar a linha de costa em áreas costeiras arenosas, tem incidido na utilização da “linha” que marca o limite atingido durante a preamar de sizígia, caracteriza-se por uma mudança nítida de tonalidade nas areias da praia (Figura 2), facilmente identificável nas fotografias aéreas e imagens de sensoriamento remoto. A partir disso foi vetorizada a linha de costa dos anos de 1985 a 2015, podendo se observar a mudança da linha de costa caracterizando a erosão costeira na praia de Macapá enquanto há simultaneamente o “crescimento” da barra arenosa, obstruindo assim a foz, com aumento da erosão na praia.

A linha de costa juntos às desembocaduras é um exemplo bem típico de áreas de extrema dinâmica e que mudam, em curto espaço de tempo, independentes da intervenção humana, mas sendo aceleradas por ela. Na praia de Macapá houve uma média geral de recuo de linha de costa na margem esquerda da desembocadura, proporcionada pelo o aumento da deposição de sedimentos na barra arenosa, obstruindo a foz, favorecendo a erosão e migração do canal para oeste. Nos estudos de Araújo (2016) sobre vulnerabilidade a erosão costeira a praia de Macapá apresentou o resultado com a maior taxa de erosão e indicadores de erosão alta, como um exemplo de indicador *in loco*: obras de proteção costeira não estruturais (Figura 3).

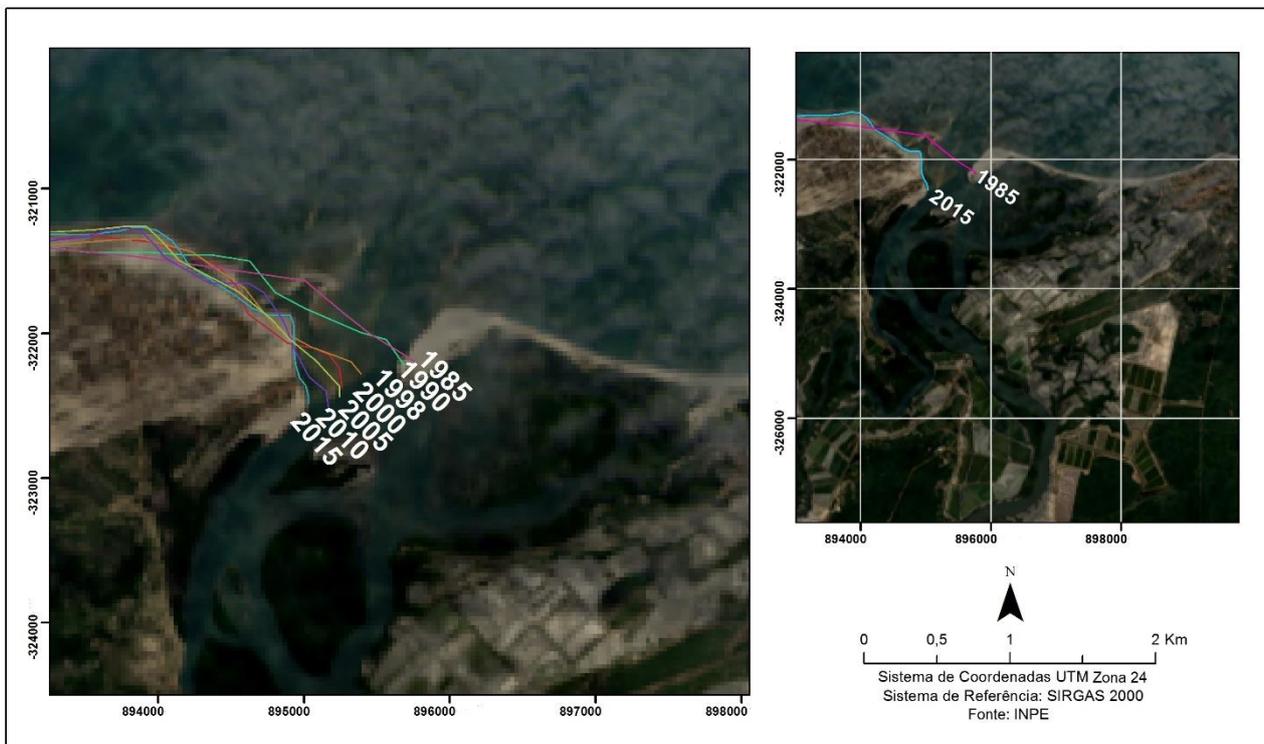
De acordo com Paula (2013), na praia de Macapá o afloramento de paleomangue está associado à migração da desembocadura fluvial para oeste, tendo causado recuo na linha de costa superior a 150 metros (Figura 4). Visto que esses paleomangues entre a foz do rio Camurupim indicam um nível pretérito mais baixo do mar, onde houve a instalação da vegetação de mangue numa desembocadura fluvial.



**Figura 2** – Caracterização da linha de costa através da linha em vermelho.  
**Fonte:** INPE.



**Figura 3** – Obras de proteção costeira não estrutural, praia do Macapá – Vulnerabilidade à erosão alta  
**Fonte:** ARAÚJO, 2016.



**Figura 4** – Monitoramento da linha de costa indicando uma tendência erosiva, imagem do satélite Landsat (2005)  
**Fonte:** Landsat 8 OLI (INPE). **Organização:** o autor.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que há uma tendência generalizada no processo de avanço das águas oceânicas sobre a linha da costa na praia de Macapá, relacionado com a dinâmica costeira e também com o fato de que neste local há intensa carga sedimentar oriunda do continente, resultante do trabalho de transporte e deposição dos mesmos na foz dos rios Cardoso e Camurupim.

No que diz respeito, a utilização de técnicas de geoprocessamento associadas a imagens de sensoriamento remoto a obtenção dos resultados de tendências de recuo de linha de costa nas áreas contempladas se mostrou eficiente. A elaboração de uma base multitemporal de imagens de satélite em ambiente SIG favoreceram a identificação e compreensão da dinâmica natural e ambiental das áreas estudadas.

Através dos resultados apresentados, esse estudo pode servir para aprimorar planos de manejo costeiro e de adaptação para os problemas de erosão costeira, que por sua vez podem afetar positivamente o cotidiano de pessoas que residem na zona costeira, e principalmente o setor econômico ligado ao turismo, uma vez que a empregabilidade de mapas de vulnerabilidade pode ser considerada de fácil interpretação e aplicação podendo assim ser utilizado por órgãos gestores.

#### REFERÊNCIAS

AMARO, V. E.; SANTOS, M. S. T.; SOUTO, M. V. S. **Geotecnologias aplicadas ao monitoramento costeiro: Sensoriamento Remoto e Geodésia de Precisão**. Natal: Edição dos Autores, 2012. 118p.

ARAÚJO, I. R. G. **Vulnerabilidade à erosão costeira no litoral do Piauí através de variáveis geomorfológicas obtidas a partir de imagens LANDSAT e observações in loco**. 2017. 58f. Monografia. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí.

BIGARELLA, J.J. **Visão integrada da problemática da erosão**. Curitiba: ADEA/IBGE, 1985.

BUSH, D.M.; NEAL, W.J.; YOUNG, R.S.; PILKEY, O.H. - Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. **Ocean & Coastal Management**, v.42, n.8, p. 647-670, 1999.

CLARK. J. **Integrated management of coastal zones**. National Park Service Program. Rosenstiel School of Marine Sciences. University of Miami. Miami, Florida, USA, 1994.

FARIAS, E. G. G. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará.** 2008. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará.

GONÇALVES, R. M. **Modelagem de tendência a curto-prazo da linha de costa através de dados geodésicos temporais utilizando regressão linear, estimativa robusta e redes neurais artificiais.** 2010. 152f. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em Ciências Geodésicas, UFPR.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Divisão de Satélite e Sistemas Ambientais (DSSA). **Satélite LADSAT.** Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 25 jan 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e infográficos.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=220570>> Acesso em: 18 nov 2016. 2010.

LINS-DE-BARROS, F. M. **Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro.** 2010. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ.

MALLMANN, D. L. B. **Vulnerabilidade do litoral sul de Pernambuco à erosão.** 2008. 125f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco.

MENDONÇA, F. J. B. **Posicionamento de alta resolução: adequação e aplicação à morfologia costeira.** 2005. 96f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco.

MENESES, P. R.; ALMEIDA T. **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto.** Brasília: CNPQ, UNB, 2012. 276 p. 2012.

MENEZES, A. F. **Análise da vulnerabilidade à erosão costeira no estado de Pernambuco através de indicadores ambientais e antrópicos.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 95f. Recife, 2016.

MOREIRA, A.; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto na análise multitemporal da linha de costa de região de Icapuí/CE, entre 1984 e 2013. Revista Geonorte, ed. Especial 4, v.10, .1, p. 52-58, 2014. Disponível em: <<http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/article/15/APLICA%C3%87%C3%83O%20DE%20T%C3%89CNICAS%20DE%20SENSORIAMENTO%20REMOTO%20NA%20AN%C3%81LISE%20MULTITEMPORAL%20DA%20LINHA%20DE%20COSTA%20REGI%C3%83O%20DE%20ICAPU%C3%8DCE,%20ENTRE%201984%20E%202013.pdf>> Acesso em: 19 set. 2015.

MOURA, M. R. **Dinâmica costeira e vulnerabilidade à erosão do litoral dos municípios de Caucaia e Aquiraz, Ceará.** 210f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade Federal do Ceará, Ceará. 2012.

NARDEZ, N. N.; GONÇALVES, R. M.; SOARES, C. R.; KRUEGER, C. P. Classificação fuzzy da vulnerabilidade aos processos costeiros em Pontal do Paraná, Brasil. **Revista Pesquisas em Geociências**, p.169-181, maio/ago.2016.

PAULA, J. E. A. **Dinâmica morfológica da planície costeira do estado do Piauí**: evolução, comportamento dos processos costeiros e a variação da linha de costa. 247 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Ceará. 2013.

RAMOS, J. M. F. O índice de vulnerabilidade costeira para a costa central do estado da Bahia. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 2004. **Anais...** Disponível em: <[http://www.abequa.org.br/trabalhos/0269\\_o\\_indice\\_de\\_vulnerabilidade\\_costeira\\_para\\_a\\_costa.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/0269_o_indice_de_vulnerabilidade_costeira_para_a_costa.pdf)> Acesso em: 01 nov 2016.

ROCHA, C. P.; ARAUJO, T. C. M.; MENDONÇA, F. J. B. Monitoramento da linha de costa usando posicionamento 3D-GPS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3, 2010. **Anais...** 2010, Recife-PE.

SILVA, L. M.; GONÇALVES, R. M.; LIRA, M. M. S.; PEREIRA, P. S. Modelagem Fuzzy aplicada na detecção da vulnerabilidade à erosão costeira. **Boletim de Ciências Geodésicas**. Curitiba, v. 19, n.4, p.746-764, out-dez, 2013.

SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, Editora, 382p. 2005.

XIMENES, D.R.B.; SOUTO, M.V.S.; DUARTE, C. R. Análise multitemporal da linha de costa para a avaliação da evolução costeira na região de Icapuí/CE, nordeste brasileiro, no período de 1984 a 2011. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16, 2013. **Anais...** Foz do Iguaçu, Abril. 2013. pp. 1–8. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1395.pdf>> Acesso em: 19 set. 2015.