
SENSORIAMENTO REMOTO MULTITEMPORAL NO ESTUDO DA DINÂMICA COSTEIRA DE ITAMARACÁ/PE

VANESSA COSTA MARANHÃO
GLEICE PEREIRA DA SILVA
ADMILSON DA PENHA PACHÊCO
RODRIGO MIKOSZ GONÇALVES

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Centro de Tecnologia e Geociências - CTG
Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife, PE^{1,2,3,4}
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação^{3,4}
vanessa.maranhao@oi.com.br; gleice750@hotmail.com; {admilpp, rodrigo.mikosz }@ufpe.br

RESUMO - O Estado de Pernambuco apresenta ao longo de 187 km de extensão de litoral, trechos vulneráveis a erosão costeira. Atualmente a erosão é um problema verificado praticamente em todas as praias do Estado. Esse fenômeno está associado com a interação de vários fatores, dentre eles a ação antrópica. O presente trabalho tem como objetivo verificar as taxas de variação de linha de costa, associando os resultados obtidos com os processos dinâmicos locais, em uma análise multitemporal utilizando imagens de satélite de alta resolução espacial e fotografias aéreas. Para tal propósito buscou-se avaliar a tendência morfodinâmica praias em escala temporal, utilizando ortofotocartas P & B dos anos de 1975 e 1988 e imagens multiespectrais do satélite Quickbird do ano de 2005, a partir de técnicas de mosaicagem semi-controlada e de vetorização da linha de costa. Os resultados obtidos mostram que foi possível observar um avanço da linha de costa ao leste de toda ilha e um recuo nas áreas ao norte e ao sul da ilha. Essa análise de tendência evolutiva é importante para estudos de possíveis impactos causados pela dinâmica costeira.

ABSTRACT - Pernambuco State has over 187 km of coastal zone extension, in this context there are some sections vulnerable to coastal erosion. Nowadays erosion is a problem found in practically all State beaches. This phenomenon is associated with the interaction of several factors, including the human action. This study goals to determine shoreline change rates, combining the results with the local dynamic processes using multitemporal high resolution satellite images and aerial photographs analyses. For this purpose we sought to assess the trend in beach morphodynamic timescale using orthophotomaps B & W of 1975 and 1988 and also multispectral satellite images from Quickbird (2005), from semi-mosaicking techniques and shorelines vectorization. The result shows the advance of shoreline to the east of the whole island and the retreat in north and south areas of the island. This trend analysis is important to study impacts associated to coastal dynamics.

1 INTRODUÇÃO

O avanço marítimo é um fenômeno registrado em todo o litoral brasileiro. Levantamentos recentes apontam que, além de avançar em uma velocidade acima do normal em alguns locais, o mar também está recuando em parte significativa do litoral, o que vem mudando o mapa litorâneo constantemente (RIBEIRO, 2005; MOURA, 2009; SOUZA, 2009).

Se historicamente o avanço do mar era considerado normal e inofensivo aos seres humanos, as construções litorâneas fizeram o assunto passar a ser visto como “fator de risco, implicando em questões econômicas e sociais.” (RIBEIRO, 2005; SOUZA, 2009).

Além da influência pontual da intervenção humana sobre a zona costeira, impactos de maior porte como os oriundos dos processos de mudanças climáticas globais vem provocando alterações na atmosfera terrestre devido à crescente emissão de gases causadores do efeito estufa e aerossóis em decorrência da expansão industrial e da utilização de combustíveis fósseis nas últimas décadas (IPCC, 2005).

Honeycutt *et al.*, (2001) evidenciam as potencialidades da utilização de imagens multi-temporais, correlacionando as formas de relevo em áreas costeiras e sua posição geográfica com tendências de erosão.

Segundo Madruga Filho (2004) a análise sequencial de mapas, cartas ou de fotografias aéreas, torna possível a obtenção das taxas de variação da linha de costa ocorridas durante um considerado intervalo de tempo.

Em estudos de monitoramento costeiro, a existência de imagens de sensores remotos de diferentes épocas, converte a análise multitemporal em uma excelente ferramenta para auxiliar estudos geomorfológicos costeiros, ao estender informações locais de uma área para um contexto geográfico, possibilitando o entendimento da história evolutiva destes sistemas (Trebossen *et al.*, 2005, Chu *et al.*, 2006).

A zona costeira pernambucana é composta de 21 municípios, correspondendo a uma faixa de 187 km, abrangendo 4.000.723 habitantes, o equivalente a 45,41% da população do Estado. Nesta extensão encontram-se 24 praias, das quais 14 delas vêm sofrendo com o problema de erosão marinha (ARAÚJO *et al.*, 2007; CONDEPE/FIDEM, 2009).

Segundo a Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH (2011), essas 14 praias estão sob severa ação marinha, além de sofrerem efeitos ambientais e impactos da ocupação humana, devendo assim serem mantidas sob monitoramento.

No Estado, obras como a construção dos portos e barragens de contenção para evitar alagamentos podem ter causado um desequilíbrio ambiental. A construção de prédios em área de mangue também contribuiu para os sérios problemas, especialmente na Região Metropolitana de Recife, onde são registradas as maiores erosões (COSTA *et al.*, 2008).

Não diferentemente a ilha de Itamaracá, localizada a cerca de 48 km da capital pernambucana vem sofrendo modificações acentuadas da linha de costa, provocando prejuízos econômicos relevantes para a região, por conta da destruição de casas e estruturas em consequência desse fenômeno. Mediante esse fato, as adoções de estudos que visem determinar as taxas de variação da linha de costa constituem uma ferramenta essencial para tomada de decisões acerca do uso e gestão adequada da zona costeira.

O presente trabalho tem como objetivo verificar as taxas de variação de linha de costa, associando os resultados obtidos com os processos dinâmicos pontuais, em uma análise multitemporal utilizando imagens de satélite de alta resolução espacial e fotografias aéreas. O trabalho buscou avaliar a tendência morfodinâmica praias em escala temporal, utilizando ortofotocartas P & B dos anos de 1975 e 1988 e imagens multiespectrais do satélite *Quickbird* do ano de 2005, a partir de técnicas de mosaicação semi-controlada e de vetorização da linha de costa utilizando os *softwares Autodesk Rater e Autocad Map*.

2. ASPECTOS COSTEIROS

As praias são feições geológicas temporárias e movimentadas, estando entre os sistemas físicos da superfície da terra com maior dinâmica. Caracterizam-se, no caso estudado, como áreas costeiras onde se encontram consideráveis acumulações de sedimentos quartzosos e bioclásticos, resultando estes em fragmentos de rochas e conchas, trabalhadas pelas ações de ondas, das correntes e alterações relacionadas a meteorização, erosão e transporte a partir de uma área-fonte (MADRUGA FILHO, 2004).

Segundo Marquez (2007), a morfodinâmica praias pode ser definida como sendo: “o ajuste mútuo da topografia e da dinâmica do fluido, envolvendo o transporte de sedimentos”. Assim, a dinâmica do fluido controla o transporte de sedimentos, resultando em variações temporais da morfologia da costa. Esta dinâmica dos fluidos, observada na praia, é resultado da associação de todos os processos hidrodinâmicos e seus impulsionadores climáticos, sendo que estes apresentam características específicas associadas a direção e período dos “trens” de onda que incidem na costa (MARQUEZ, 2007).

Segundo Mafra (2005), o equilíbrio de uma praia depende da relação entre o aporte de sedimentos e a capacidade de transporte litorâneo. Se uma quantidade de areia, maior que a capacidade de transporte das ondas é levada até a costa, a praia tenderá a acumular areia (como, por exemplo, na desembocadura de rios). Caso contrário, se o aporte de sedimentos for menor, a praia tenderá a ser erodida. Alguns fatores externos, como mudanças no nível do mar ou a construção de obras de engenharia que interrompam o transporte litorâneo de sedimentos, podem modificar sensivelmente o balanço sedimentar, e, conseqüentemente, o equilíbrio praias (MAFRA, 2005).

A erosão praias é um problema sério em todo o mundo, pois afeta praticamente todos os países com litoral, podendo em alguns casos, alcançar estágios bastante elevados (CUNHA, 2004). Este fenômeno, pela complexidade das interações entre diversos fatores naturais e antrópicos, tem tido nos últimos tempos maior relevância no planejamento das atividades de desenvolvimento urbano 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 (CUNHA, 2004).

Segundo MUEHE (2006), dentre as causas citadas que contribuem para o processo erosivo, a interferência antrópica é a mais atuante na medida em que acelera o referido processo não dando chance para que as variáveis naturais encontrem seu equilíbrio.

3 DELIMITAÇÃO DA LINHA DE COSTA

O conceito de linha de costa é extremamente amplo, haja vista que sob o ponto de vista físico a linha de costa corresponde simplesmente à linha de interface entre a terra e a água. Book e Turner (2005) discutem amplamente como detectar linha de costa e como fazer uma escolha robusta para uma determinada aplicação. Pode-se entender a linha de costa como um limite móvel, cuja posição é variável a todas as escalas quer sejam espaciais ou temporais (Farias & Maia, 2009). Os critérios que a definem devem por isso ser rigorosos, de forma a tornar comparáveis os resultados obtidos. Uma definição que pode ser adotada para caracterizar a posição da linha de costa em áreas costeiras arenosas, trata como a “linha” que marca o limite atingido durante a preamar de sizígia, caracterizada por uma mudança nítida de tonalidade nas areias da praia (Figura 1), facilmente identificável nas fotografias aéreas e imagens de sensoriamento remoto (CROWELL, 1991).

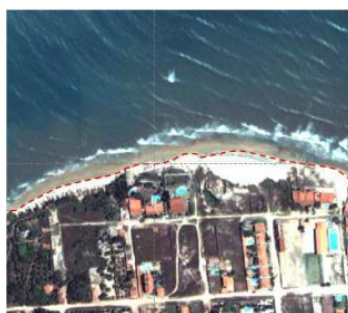


Figura 1 - Linha pontilhada em vermelho na imagem Quickbird representando a delimitação de linha de costa segundo Crowell (1991).

Os critérios que a definem devem por isso ser rigorosos, de forma a tornar comparáveis os resultados obtidos. Naturalmente que, consoante ao tipo de costa em estudo, podem traduzir-se em recuos de apenas alguns milímetros por ano ou serem da ordem dos vários metros. Deve-se ponderar por isso qual a referência mais adequada levando em conta o rigor posicional pretendido (Oliveira, 2005). Gonçalves (2010) destaca a dificuldade em escolher pesos nas observações temporais de linha de costa extraída por diferentes métodos e discute as diferenças e implicações nas análises preditivas da linha de costa considerando o modelo matemático adotado.

4. ÁREA DE ESTUDO – ILHA DE ITAMARACÁ

A Ilha de Itamaracá, limitada na carta imagem da Figura 2 é uma ilha no litoral do Estado de Pernambuco. Constitui-se também em um município, integrante da Região Metropolitana do Recife. Encontra-se separada do continente pelo canal de Santa Cruz. Segundo registros do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), Itamaracá possui 21.884 habitantes e uma área total de 67Km².

A zona costeira de Itamaracá apresenta ecossistema com características de manguezal, mata atlântica e o apicum (ou salgado), que são caracterizados como áreas de Preservação Permanente no Código Florestal Brasileiro – Lei Federal nº4.771 (BRASIL, 1965).

Itamaracá insere-se no domínio do grupo de bacias de pequenos rios litorâneos. Tem como principais tributários os rios Paripe e Jaguaribe. Os cursos d'água são perenes e de pequena extensão e a vegetação nativa é composta por floresta perenifólia e de restinga (MOURA, 2009).

A pressão a população sobre os recursos naturais, nessa região, traz implicações em termos econômicos, sociais e ambientais. Tais implicações justificam a necessidade de ações de planejamento e gestão, que ficam prejudicadas devido à ausência de dados e a impossibilidade de adquirir informações periódicas.

Há ainda o fato de que a região é caracterizada por uma acentuada dinâmica que envolve a vazão de rios, as correntes de maré, a ação dos ventos e as correntes litorâneas, os quais agem continuamente sobre a linha de costa.



Figura 2 – Carta Imagem do Município Ilha de Itamaracá (Fonte: Atlas Metropolitano – FIDEM 2010).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho utilizou dois conjuntos de ortofotocartas de numeração 93-55, 24-50 e 94-55 abrangendo a Ilha de Itamaracá em escala 1:10.000 com sistema geodésico de referência no elipsóide de Hayford e datum Córrego Alegre, o primeiro conjunto datado de 1975 e o outro de 1989; enquanto as imagens de satélite de alta resolução utilizadas foram Quick Bird datadas de 2005.

O QuickBird, possui 60 cm de resolução espacial e 04 bandas multiespectrais, possui um FOV (Field of View) de 21° e distancia focal de 9 metros, operando com sensores do tipo CCD, que realizam varredura linear (*pushbroom linear array*) flexíveis para visadas *off-nadir* até 30°, ao longo do terreno (*along-track*), possibilitando obter pares de imagens com estereoscópica, com condições de iluminação e geometria do satélite igual para as duas imagens (POON *et al.*, 2006)

Todos materiais cedidos do acervo cartográfico da Agência CONDEPE/FIDEM, O processamento das ortofotocartas e imagens de satélite foram realizados através do *software AutoCad /Map* e *Autodesk Raster*, ambos em versão 2009.

5.1 Digitalização das Ortofotocartas

Foram realizados procedimentos de controle de qualidade na etapa de escanização e tratamento das ortofotocartas digitalizadas (*raster*), procurando-se corrigir as variações de tonalidades.

5.2 Georreferenciamento das Ortofotocartas

O georreferenciamento das ortofotocartas digitalizadas foi realizado através do *software Autodesk Raster* 2009, utilizando ferramentas de processamento digital de imagens. Para cada ortofotocarta foi gerada uma grade de coordenadas no sistema de projeção e *datum* original, Córrego Alegre, possibilitando o seu georreferenciamento através de pontos de controle coletados nas interseções da grade de coordenadas. O erro médio quadrado máximo, RMS, obtido no georreferenciamento das imagens através deste procedimento foi de 0,97m, sendo admissível para a escala da ortofotocarta. Posteriormente, foi realizada a transformação do Sistema Geodésico para o *datum* SAD-69 (South American Datum-1969). Ficando assim compatível com o mesmo sistema de referencia das imagens de satélites.

5.4 Vetorização e Fotointerpretação

A fotointerpretação foi feita em ecrã, sobre as ortofotocartas e imagens georreferenciadas demonstradas na Figura 3 (a) e (b) respectivamente. Utilizando o *Autodesk Map 2009*, para cada ano considerado, e para cada ano, foi produzido um tema vetorial correspondente à linha de costa da época. A técnica utilizada para interpretar foi a atualização regressiva. Esta técnica consiste em interpretar primeiro as fotografias mais recentes, neste caso, as imagens *QuickBird* de 2005. Esta fotointerpretação sobreposta nas ortofotocartas de 1989 e fazem-se as alterações correspondentes à situação para este ano. O processo repete-se com as ortofotocartas de 1975, sobrepondo nestas a classificação de 1989 e efetuando as respectivas alterações.

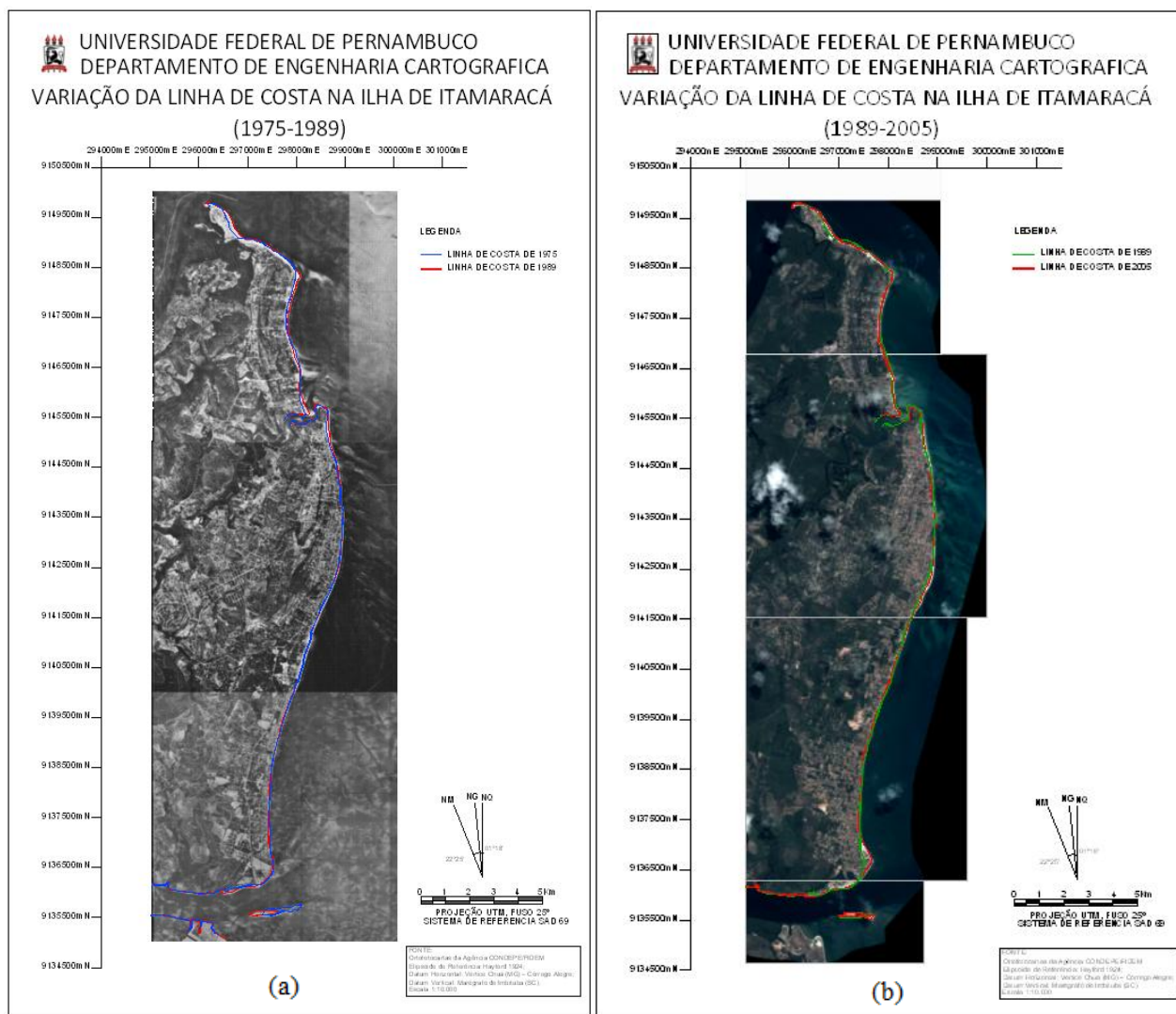


Figura 3 – (a) Carta imagem da variação da linha de costa na Ilha de Itamaracá (1975 – 1989); (b) Carta imagem da variação da linha de costa na Ilha de Itamaracá (1989 – 2005).

6. RESULTADOS

A partir da carta temporal obtida através das ortofotocartas e das imagens de satélite, foi possível observar o comportamento da linha de costa da Ilha de Itamaracá ao longo de 30 anos, verificou-se, a partir da vetorização da linha de costa, que as dinâmicas costeiras não se manifestaram com a mesma intensidade ao longo de todos os setores nos períodos observados, apresentando, em alguns locais de acentuados avanços da linha de costa e em outros alternâncias (avanços/recuos) da linha de costa.

A partir da análise temporal, verificamos ao Norte da ilha, Figura 4 (a) um recuo de aproximadamente 93 metros entre os anos de 1975 e 1989, e 79 metros entre 1989 e 2005, ou seja, 5,7 metros por ano. No Leste da Ilha, Figura 4(b) em vários trechos foram observados avanços do mar, na parte mais acentuada, a variação entre 1975 e 1989, foi um

avanço de 33 metros e entre 1989 e 2005 de 36 metros, ou seja um avanço médio de 2,3 metros por ano. Na região Sul, Figura 4(c) houve um recuo marítimo de aproximadamente 80 metros entre 1975 a 1989, e 160 metros entre 1989 a 2005, ou seja, 8 metros por ano.

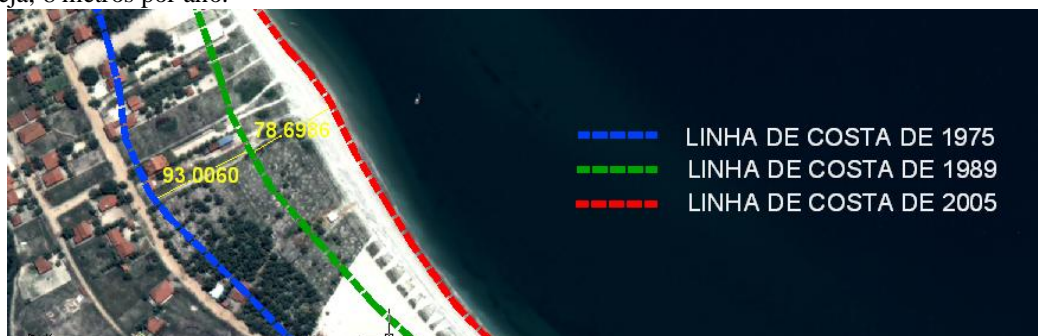


Figura 4 (a) – Análise temporal do Norte da Ilha de Itamaracá.

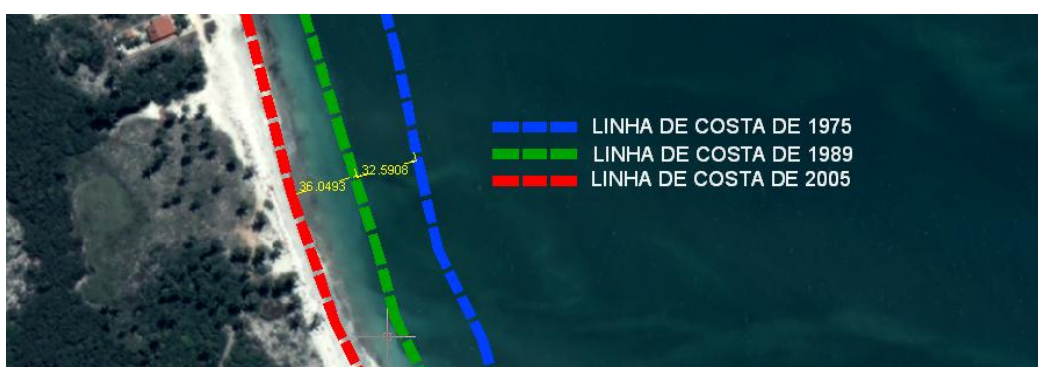


Figura 4 (b) – Análise temporal ao Leste da Ilha de Itamaracá.

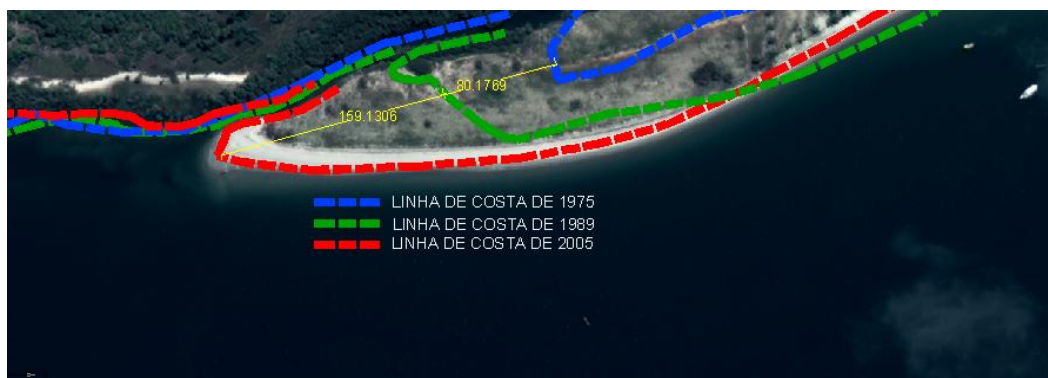


Figura 4 (c) – Análise temporal ao Sul da Ilha de Itamaracá.

7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos são de grande importância para a determinação das tendências evolutivas na Ilha de Itamaracá, fornecendo subsídios para uma avaliação de possíveis impactos gerados por fatores perturbadores da dinâmica sedimentar costeira, como também auxiliar com outros estudos de evolução de linha de costa para a região litorânea, provendo dados históricos à órgãos e entidades de planejamento urbano, auxiliando no ordenamento racional da faixa litorânea.

A partir deste estudo foi possível ainda visualizar, com o auxílio das imagens de alta resolução, a ação antrópica ao Leste da ilha no sentido de minimizar o avanço do mar naquele trecho através da construção de barricadas; enquanto ao Norte e ao Sul da Ilha, verifica-se a presença de alguns imóveis ilegais em áreas geradas pelo acumulo de sedimentos ao longo dos anos, o que poderá gerar problemas futuros já que o avanço /recuo ocorre de modo não sistemático, além das implicações legais de loteamentos irregulares.

AGRADECIMENTOS

À Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco – CONDEPE/FIDEM, pela disponibilização do material necessário a este estudo. E aos laboratórios do Departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE: LASENSO (Laboratório de Sensoriamento Remoto) e LACCOST (Laboratório de Cartografia Costeira).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. R. R. C. **Séries Temporais de imagens sub-orbitais de Alta Resolução Espacial na Avaliação da Morfodinâmica Praial no Município do Cabo de Santo Agostinho**. 2008. 106p. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE.

ANJOS, C. S.; SILVA, H. P.; MELO, A. L.; SILVA, H. D. B. Utilização de sensoriamento remoto e geoprocessamento no mapeamento da expansão urbana da Ilha De Itamaracá, Pernambuco, Brasil. **In. Anais da 62 Reunião anual da SBPC**, Natal, RN, 2010.

ARAÚJO, M. C. B.; SOUZA, S. T.; CHAGAS, A. C. O.; BARBOSA, S. C. T.; COSTA M. F. Análise da ocupação urbana das praias de Pernambuco, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 7 (2): p.97-104, 2007.

BOAK, E. H.; TURNER, I. L. **Shoreline Definition and Detection: A Review**. Journal of Coastal Research 21(4), p. 688-703, 2005.

COSTA, M. F.; ARAUJO, M. C. B.; CAVALCANTI, J. S. S.; SOUZA, S. T. Verticalização da Praia da Boa Viagem (Recife, Pernambuco) e suas Consequências Socioambientais. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, Nº 8, p. 233-245, 2008.

CHU, Z. X.; SUN, X. G.; ZHAI, S. K.; XU, K. H. Changing pattern of accretion/erosion of the modern Yellow River (Huanghe) subaerial delta, China: Based on remote sensing images. **Marine Geology**, v. 227, p.13-30, 2006.

CONDEPE/FIDEM, **Pernambuco: Realidade e Desafios**. Recife – PE, 2009.

CRRH, **Discussões sobre o litoral Pernambucano** Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/blog/>> Acesso: 28 de novembro 2011.

FARIAS, E. G. G.; MAIA, L. P. Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará. – **Anais XIV Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Natal – Brasil, p. 4585-4592, 2009.

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. 152p. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.

GOMES, B. L.; Mapeamento da Linha de Costa do Litoral de Aracruz – ES: Técnicas E Aplicações. Anais do XIII Congresso Latinoamericano de Ciencias Del MAR – COLAMAR VII Congreso de Ciencias Del Mar-MARCUBA 4to. 2009, Cuba.

HONEYCUTT, M. G.; CROWELL, M. C.; DOUGLAS B. C. Shoreline-position forecasting: impact of storms, rate-calculation methodologies, and temporal scales. **Journal of Coastal Research**, Vol. 17, Nº 3, p.721-730, 2001.

IPCC. Report of the Joint IPCC WG II & III Expert meeting on the integration of Adaptation, Mitigation and Sustainable Development into the 4th IPCC Assessment Report. St Denis, Reunion Island, France. February 16 – 18, 2005.

MOURA, A. R. L. U.. **Processos dinâmicos e evolutivos da zona costeira de Itamaracá por sensoriamento remoto e medidas in situ**. 2009. 120p. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia - Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE

Oliveira, S.M.C. (2005) - *Evolução recente da linha de costa no Troço Costeiro Forte Novo*. 137p., Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Portugal.

POON, J.; SMITH, L.; FRASER, C. Orthoimage Resolution and quality Standards. Report to Cooperative Research Centre for Spatial Information, Malbourne, Australia, 2006. 39p.

RIBEIRO, G. P. **Tecnologias digitais de geoprocessamento no suporte à análise espaço-temporal em ambiente costeiro**. Tese (Doutorado) Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense – UFF, Rio de Janeiro-RJ, 2005

SOUZA, C. R. G. Coastal erosion and the coastal zone management challenges in Brazil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**. v. 9, n. 1, 2009. p. 17-37.

TREBOSSEN, H.; DEFFONTAINES, B.; CLASSEAU, N.; KOUAME, J.; RUDANT, J. P. Monitoring coastal evolution and associated littoral hazards of French Guiana shoreline with radar images. **C. R. Geoscience**, v. 337, p.1140– 1153, 2005.