

Avaliação das taxas de variação da linha de costa através de imagens orbitais e levantamento GPS na praia de riacho doce Maceió - AL

Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida ¹

Ramon Salgueiro Cruz ²

Alyce Hyane de Almeida Lima ²

Vagner Tenório Luz ²

¹Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Av. Lourival Melo Mota, s/n, Maceió – AL, Brasil
henrique_ravi@igdema.ufal.br.

²Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Av. Lourival Melo Mota, s/n, Maceió – AL, Brasil
{ramonsalgueiro89, alycehyane16, vagnertenorio}@hotmail.com

Abstract: The identification of the causes of coastal erosion has often been an exercise in guesswork due to lack of information on the trend of change in sea level, the wave climate and the evolution of the coastline in many coastal regions. Thus, the present study aimed to generate data base for planning preventive part, on the northern coast of Maceió-AL, where is the area of this research, which includes the coastal strip of the neighborhood of Riacho Doce. Currently the experimental area has indicators of erosion processes along its entire length, with some works of containment wave, like breakwaters in many parts of the coast, used as mitigation measures by the local population. Therefore, this study aimed to evaluate the trend in temporal scale morphodynamic beach, through multispectral Quickbird satellite images of 2005 and measures from the Global Positioning System (GPS) in 2011. It was found that the sectors 3 and 5 showed erosive trends, while the sector 4 did not change in position of the shoreline. Sectors 1 and 2 indicated alternations (advances / retreats) of coastline. The results demonstrate the degree of vulnerability of the region worked, is of great importance for determining the evolutionary trends in the coastal city of Maceió-AL.

Palavras-chave: morphodynamic beach, coastal erosion, shoreline variation, coastal zone management, morfodinâmica praias, erosão costeira, variações da linha de costa, gerenciamento costeiro.

1. Introdução

O conhecimento do espaço é fundamental no desenvolvimento ordenado das atividades humanas, pois tudo que acontece tem uma relação espacial. Particularmente, nas áreas da engenharia, geografia, economia, administração, sociologia, saúde, segurança e meio ambiente, onde a componente posicional da informação é de especial importância (CARNEIRO *et al.*, 2011).

Dentre os ecossistemas costeiros, as praias oceânicas estão entre os ambientes mais dinâmicos e sensíveis do planeta. Segundo Nordstrom (2010), os litorais do mundo estão sendo transformados em artefatos por meio de ações danosas, como a eliminação de dunas para facilitar a construção de edifícios e de infraestrutura urbana.

Com aproximadamente 9.200km de linha de costa, as maiores concentrações populacionais no litoral brasileiro ocorrem nas cidades do Rio de Janeiro, Salvador, Maceió, Recife e Fortaleza, seguido de Vitória e São Luís. É nessas áreas de maior ocupação que a erosão costeira se torna uma preocupação sendo freqüentemente agravada pela interferência do homem por meio de construções de estruturas que bloqueiam o trânsito livre de sedimentos, como por exemplo, na estabilização de desembocaduras fluviais, na construção de instalações portuárias ou para a fixação da linha de costa (MUEHE, 2005).

Muehe (2005) afirma que a identificação das causas da erosão costeira tem sido freqüentemente um exercício de adivinhação devido à falta de informações sobre a tendência de variação do nível do mar, do clima de ondas e da evolução da linha de costa. Assim sendo tem sido difícil distinguir entre episódios de erosão ou progradação de tendências de longo prazo. Soma-se a isso, em muitos casos, a falta de consenso sobre a tendência evolutiva de um dado segmento costeiro devido a diferenças metodológicas na investigação ou no período de tempo analisado.

Portanto, este trabalho visa obter dados e informações atuais sobre o comportamento morfodinâmico do litoral de Maceió, identificando os pontos mais críticos quanto à erosão da linha de costa, de maneira a auxiliar os setores públicos e privados na tomada de decisões voltadas para a contenção da erosão costeira na região.

1.1 Área de Estudo

Localizada na região metropolitana de Maceió, no bairro de Riacho Doce, a praia de Riacho Doce é situada cerca de 10 km do centro da capital, tendo Ipioca e Garça Torta como bairros limítrofes, a norte e sul respectivamente, correspondendo ao trecho da faixa litorânea compreendida entre duas desembocaduras fluviais: Riacho Doce e Rio Pratagy, com aproximadamente 1,047km de extensão. É delimitada pelo retângulo envolvente através das coordenadas planas UTM N=8941361.0750m, E=209055.7350m e N=8940606.9732m, E=208565.9063m, no sistema de referência SAD69, Fuso 25 e Meridiano Central -33W (Figura 1).



Figura 1: Localização geográfica da área de estudo, linha de costa delimitada pelo Riacho Doce e o Rio Pratagy.

Observa-se na faixa da orla uma ocupação predominante de clubes de recreação, bares/restaurantes e residências com padrão construtivo variando de simples a médio. As atividades de ocupação antrópica na faixa litorânea vêm sendo fiscalizadas pelos órgãos ambientais. Em vistoria realizada no ano de 2008, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) detectou a presença de obras de contenção do mar e aterros de areia construídos pela Associação Atlética da CEAL e pelos clubes da Associação Alagoana dos Magistrados e do Ipaseal, sem o estudo e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA) necessários para garantir a devida autorização do IBAMA. De acordo com o relatório técnico realizado pelo instituto, as construções irregulares ocasionaram diminuição de espécies da fauna e da flora silvestre terrestre e marinha; poluição visual; erosão costeira nas áreas circunvizinhas; diminuição da área espacial das praias e impedimento de acesso à praia. Estes últimos provocados pelos entulhos acumulados em virtude da destruição das construções pela ação do mar (MPF, 2008).

1.2 Taxas de Variação de Linha de Costa (TVLC)

As taxas de variação da linha de costa constituem um dos melhores marcadores dos índices de erosão costeira quando esta atinge estágios avançados. Na maior parte dos casos, este índice é mais explícito e, frequentemente, mais confiável do que a avaliação da área perdida ou do volume erodido (DIAS *et al.*, 1994), já que há sempre uma tendência ao equilíbrio.

Segundo Madruga Filho (2004) a análise de mapas, cartas ou de fotografias aéreas, torna possível a obtenção das taxas de variação da linha de costa ocorrida durante um considerado intervalo de tempo. Neste trabalho acrescenta-se ainda a análise de Imagens Orbitais, e o Sistema de Posicionamento Global (GPS) para determinação do objetivo proposto.

Os valores determinados para as taxas de variação da linha de costa têm de ser analisados com certo cuidado, pois correspondem à comparação de duas situações diferenciadas no tempo, não refletindo o que se verificou entre essas datas. Portanto, os respectivos valores representam um indicativo das tendências evolutivas do litoral, fornecendo subsídios para uma avaliação de possíveis impactos gerados por fatores perturbadores da dinâmica sedimentar costeira, como também auxilia no diagnóstico e gerenciamento de qualquer região litorânea (DIAS *et al.*, 1994).

2. Metodologia de Trabalho

A avaliação da morfodinâmica praial foi obtida através da determinação da posição da linha de costa nos anos de 2005 e 2011, utilizando, para tanto, imagens do satélite *Quickbird* e técnicas de levantamento GPS (Sistema de Posicionamento por Satélites).

2.1 Levantamento das Imagens Orbitais

O Setor de Geoprocessamento da Secretaria Municipal de Planejamento de Maceió-AL, disponibilizou, de forma sequencial, 30 imagens do satélite *Quickbird*, com resolução espacial de 60cm, ano de passagem 2005, na escala de 1:5000, modo Multispectral, em meio digital, formato .Geotiff.

Por se tratar de uma imagem orbital já georreferenciada ao sistema de referência SAD-69, MC 33°W e Fuso 25, não há, portanto a necessidade de executar, para a mesma, os procedimentos de registro e/ou georreferenciamento. Naturalmente, considera-se que a imagem está corrigida geometricamente e pronta para ser utilizada na presente pesquisa.

Segundo Almeida (2008), justifica-se a execução do registro e/ou georreferenciamento em imagens, pois as mesmas são produzidas por sensores remotos ou scannerizadas sem o necessário rigor geométrico para trabalhos fotogramétricos, sejam elas ortofotocartas,

imagens de satélite e/ou fotografias aéreas, e apresentam uma série de distorções espaciais, não possuindo, portanto, precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies ou fenômenos nelas representados.

2.2 Posicionamento Geodésico da Linha de Costa

Como as imagens estavam georeferenciadas, foi utilizado o *software* AUTOCAD, para a análise da posição da linha de costa no ano de 2005 em formato vetorial. Após análise das imagens orbitais, em função da qualidade destas e da morfologia da área, determinou-se à linha de vegetação como referencial para a vetorização da posição da linha de costa.

A vantagem do emprego da linha de vegetação na determinação da posição da linha de costa, está no fato de a mesma ser menos passível de alterações quando comparada com a Linha Definida por Dunas e Linha de Preamar, pois geralmente a mesma é definida pelo nível máximo que a maré alcança, como também, por apresentar uma melhor reflectância nas imagens, facilitando a interpretação e demarcação (ALMEIDA, 2008).

A posição da linha de costa no ano de 2011 foi determinada através de levantamento GPS (Sistema de Posicionamento Global), utilizando técnicas de posicionamento relativo semicinemático (*Stop and Go*). O diferencial desta está no tempo de permanência em cada estação e na produtividade obtida durante os trabalhos de campo. Utilizou-se um par de receptores GPS L1 PROMARK 2 para realizar o transporte de coordenadas geodésicas de pontos conhecidos (MARCO IBGE SAT93206) para a área de estudo, afim de possuir estações-base na mesma, aumentando a precisão dos levantamentos de campo.

Em seguida, utilizando a estação móvel (*Rover*) percorreu-se, em intervalos de permanência de 30 segundos em cada ponto, a orla da praia adotando, como indicador de referência, o limite máximo da vegetação ou ainda, quando da não existência da mesma, os limites entre os calçadões, muros e/ou cercas de edificações.

Para o processamento e Pós-processamento dos dados obtidos pelo receptor GPS, utilizou-se o *software* Ashtech Solutions 2.7, que ao fim dos trabalhos forneceu as coordenadas geodésicas ajustadas da linha de costa.

2.3 Obtenção das Taxas de Variação da Linha de Costa

Através da superposição da linha de costa vetorizada sobre a imagem orbital de 2005 e a linha de costa obtida por levantamento semicinemático no ano de 2011, verificou-se as tendências evolutivas para a faixa litorânea da área de estudo. As áreas erodidas e acrescidas entre as linhas de costa foram vetorizadas e calculadas no ambiente CAD (*Computer Aided Design*), pela construção de polígonos equivalentes à área existente entre a posição da linha de costa no ano de referência (2005) e o ano de comparação (2011).

A determinação das Taxas de Variação de Linha de Costa (TVLC) foi calculada dividindo-se o saldo obtido (SD) entre a área acrescida (AC) e erodida (AE) (Fórmula 1), pela extensão da linha de costa (ELC) do ano de 2005 (Fórmula 2).

$$SD = AC - AE \quad (1.0)$$

$$TVLC = SD / ELC \quad (2.0)$$

De forma a organizar e ordenar a análise das TVLC, dividiu-se a faixa litorânea da área de estudo em cinco sub-áreas (setores) (Tabela 1), delimitadas através de retângulos equivalentes a representados por suas respectivas coordenadas geodésicas, referenciadas ao DATUM SAD-69, fuso 25, MC -33. Esta divisão levou em consideração a presença ou não de recifes, erosão e ocupação da linha de costa.

Tabela 1: Divisão da área de estudo em setores praias.

Setor	Coordenadas Planas UTM	
	Norte	Este
1	8941175,1244 mN	208969,9694 mE
	8941345,7661 mN	209110,7777 mE
2	8941015,8260 mN	208896,9160 mE
	8941175,1244 mN	209110,7777 mE
3	8940834,8002 mN	208713,6846 mE
	8941015,8260 mN	208951,8254 mE
4	8940655,5050 mN	208605,4160 mE
	8940834,7927 mN	208772,5397 mE
5	8940600,3325 mN	208553,7201 mE
	8940655,5050 mN	208625,3130 mE

3. Resultados e Discussões

3.1 Variações da Linha de Costa

A partir da análise temporal dos polígonos equivalentes à área existente entre a posição da linha de costa no ano de referência (2005) e o ano de comparação (2011), levando-se em consideração as áreas erodidas e acrescidas à linha de costa, as TVLC da área considerada serão apresentadas (Figura 2) e discutidas a seguir:

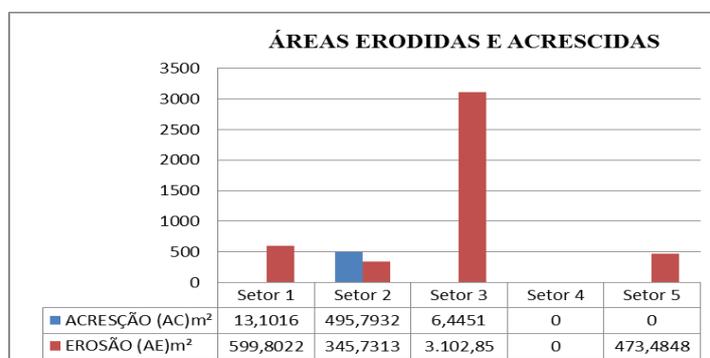


Figura 2: Variação da linha de costa de acordo com áreas erodidas e acrescidas.

Os resultados obtidos para os 5 setores analisados, apresentaram um total de área erodida de aproximadamente 4.521,8634m², enquanto que 521,3399m² marcaram as áreas de acreção ao litoral. A TVLC (Figura 3) apresentou recuo da linha de costa com maior intensidade no trecho compreendido entre a Associação Atlética da CEAL e do Ipaseal (setor 3), em cerca de 10,3355m, orrespondendo a uma área erodida de 3.096,400m².

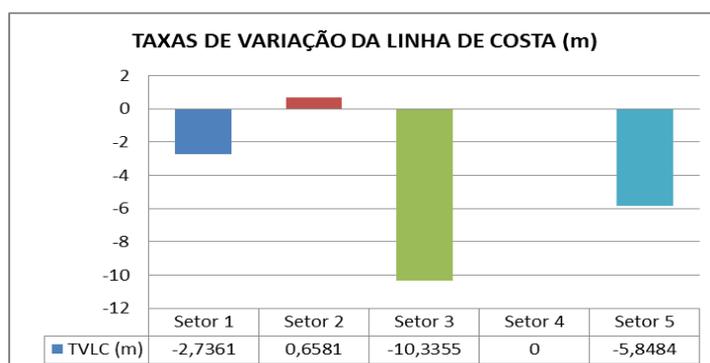


Figura 3: Taxas de variação da linha de costa entre os anos de 2005 e 2011.

Nas áreas próximas a foz do Rio Pratygy (setor 1 e 2), a atuação dos processos dinâmicos sobre a linha de costa, em conjunto com a forte deposição de sedimentos fluviais, demonstram que houve recuo da linha de costa no primeiro setor, cerca de 2,7361m, e no segundo setor, um avanço de aproximadamente 0,6581m.

Durante visitas *in-loco*, para o levantamento da linha de costa no ano de 2011, verificou-se que estes setores sofrem retrabalhos constantes em sua geometria, tendendo a um equilíbrio entre a retirada e deposição dos sedimentos.

O setor 4 não apresentou variação na posição da linha de costa, pois no limite das áreas lindeiras à linha de costa, foram edificados muros de arrimo/quebra-mar para proteção das edificações, porém, observou-se durante os trabalhos de campo, indícios do início da erosão costeira.

O trecho compreendido no setor 5 apresenta erosão em toda sua extensão. Nesta área estão presentes duas residências de veraneio e a foz do Riacho Doce. Apesar de existir um tributário de sedimentos dentro deste setor, a quantidade depositada não é suficiente para manter a geometria da costa, apresentando esta, um recuo de aproximadamente 5,8484m.

4. Conclusões

A análise das taxas de variação da linha de costa do bairro de Riacho Doce, litoral norte de Maceió, entre os anos de 2005 e 2011, em cada setor estudado, possibilitou obter informações sobre o comportamento das praias e das tendências gerais de evolução na região. Verificou-se que as variações da linha de costa não se manifestaram com a mesma intensidade ao longo de todos os setores.

Levando em consideração as áreas erodidas e acrescidas ao litoral, constatou-se uma tendência ao recuo da linha de costa, apresentando um total de 515,34m² de áreas adicionadas, enquanto que 4.481,86m² determinaram áreas erodidas, marcando temporariamente, acréscimos e recuos de 10,31% e 89,69% respectivamente em relação à posição da linha de costa no ano de 2005.

Quanto à vulnerabilidade das praias, as Taxas de Variação da Linha de Costa indicaram a partir do saldo obtido entre a subtração dos somatórios das acreções e das erosões em cada setor, um valor representativo dos processos (erosão/acresção) que predominaram na área estudada. Fazendo-se notar, que a linha de costa compreendida entre a Associação Atlética da CEAL e do Ipaseal (setor 3) apresentou os recuos mais expressivos, cerca de 10,33m.

Tanto as Imagens orbitais do satélite *QuickBird*, como a técnica de posicionamento espacial, através de método relativo semicinemático (*Stop and Go*), demonstraram ser uma importantíssima ferramenta na avaliação das mudanças ocorridas na área experimental. No caso da imagem orbital, por apresentar ótima resolução espacial, cerca de 60cm, como também por representar as feições em suas tonalidades o mais próxima do real, facilitaram as operações de interpretação e vetorização da linha de costa. Ao tratar do uso dos receptores GPS, os mesmos demonstraram ser de fácil manuseio, e boa produtividade, porém necessitam de certos cuidados no momento de obter as informações em campo, pois em locais próximos a edificações, a qualidade dos dados pode ser influenciada pelo efeito do multicaminhamento, ou seja, a multi- reflexão dos sinais em uma ou mais superfícies antes de atingir a antena do receptor, sendo uma das fontes de erro que afetam a determinação de coordenadas no posicionamento por satélite.

Assim, os resultados obtidos, demonstram que a metodologia empregada é válida para estudos da morfodinâmica praias, sendo de grande importância para a determinação das tendências evolutivas no litoral de Maceió, 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.

5. Referências Bibliográficas

- Almeida, H. R. R. C. **Séries Temporais de Imagens Sub-Orbitais e Orbitais de Alta Resolução Espacial na Avaliação da Morfodinâmica Praial no Município do Cabo de Santo Agostinho –PE**. Recife. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação/UFPE, 2008. 106 p.
- Araújo, T.C.M., Michelli, M. **Caracterização do litoral localizado entre os rios Manguaba e Maragogi, Norte do Estado de Alagoas**. XIX Simpósio de Geologia do Nordeste, SBG, Natal-RN, Resumos, Boletim 17, 2001. p. 107-108.
- Carneiro, M. C. S. M.; De Sá, L. A. C.; Gomes, E. T. A. **O monitoramento da erosão costeira – estudo a partir das praias de casa caiada e rio doce – Olinda**. Disponível em <www.cartografia.org.br/xxi_cbc/044-G10.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2011.
- Dias, J. M. A.; Ferreira, O. M. F. C.; Pereira, A. P. R. R. **Estudo sintético de diagnóstico da geomorfologia e da dinâmica sedimentar dos troços costeiros entre Espinho e Nazaré**. 1994. Disponível em: http://w3.ualg.pt/~jldias/JAD/ebooks/EsaminAveiro/8_CEspinhoF.pdf. Acesso em: 20 de outubro de 2011.
- França, A.M.C. **Geomorfologia da margem continental leste brasileira e da bacia oceânica adjacente**. IN: Projeto REMAC – Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes, Rio de Janeiro, RJ, 1979, n° 7, p. 89-127.
- Koppen, W. **Climatologia com um estúdio de los climas da la tierra**. Tradução de Pedro R. H. Peres. Fondo de Cultura Económica. México, 1984. 479 p.
- Madruga Filho, J. D. **Aspectos Geoambientais entre as praias do Paiva e Gaibu, Município do Cabo de Santo Agostinho (Litoral Sul de Pernambuco)**. Recife. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Geociências/UFPE, 2004. 272 p.
- MPF. **MPF/AL recomenda retirada de barra-mares do litoral alagoano**. Procuradoria da República em Alagoas, 2008. Disponível em: <http://www.pral.mpf.gov.br/noticias/arquivo/mpfal_recomenda_retirada_de_barra-mares_do_litoral_alagoano/>. Acesso em: 24 de setembro de 2011.
- Muehe, D. **O litoral brasileiro e sua compartimentação**. In: Geomorfologia do Brasil (orgs.) Cunha, S.B., Guerra, A.J.T., Bertrand Brasil, 1998, Rio de Janeiro, p. 273-349.
- Muehe, D. **Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil**. In: Mercator - Revista de Geografia da UFC, Ceará, ano 04, número 07, p. 87-110, 2005. Disponível em: <www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/113>. Acesso em: 20 de outubro de 2011.
- Muehe, D. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Programa de Geologia e Geofísica Marinha. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 476 p. ISBN: 85-7738-028-9. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=publicacao_publicacoesPorSecretaria&idEstrutura=78>. Acesso em: 20 de outubro de 2011.
- Nordstrom, K. F. **Recuperação de praias e dunas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 263 p. ISBN: 978-85-7975-006-9.
- PORTOBRAS/INPH. **Relatório da primeira campanha de medições hidráulicas-sedimentológicas do complexo lagunar Mundaú-Manguaba**. INPH, 1984, 24/8, Relatório Interno, 41p.

PORTOBRAS/INPH. **Relatório da segunda campanha de medições hidráulicas-sedimentológicas do complexo lagunar Mundaú-Manguaba.** INPH, 1985, 73/85, Relatório Interno, 48p.

Vitém, G. **Projeto Lógico da Sistemática de Monitoramento da Morfodinâmica da Linha de Costa:** Produto: 2. In: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Social, Urbano e Meio Ambiente – Estado de Santa Catarina. 2004. 54 p. Disponível em: <http://www.sds.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=31&Itemid=46&limit=25&limitstart=0&order=date&dir=DESC&lang=>. Acesso em: 20 de outubro de 2011.