



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

---

**TESE DE DOUTORADO Nº 103**

**MORFODINÂMICA COSTEIRA E O USO DA ORLA OCEÂNICA  
DE SALINÓPOLIS (NORDESTE DO PARÁ, BRASIL)**

**Tese apresentada por:**

**LEILANHE ALMEIDA RANIERI**

**Orientador: Prof. Dr. Maâmar El-Robrini (UFPA)**

---

**BELÉM  
2014**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)  
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

---

Ranieri, Leilanne Almeida, 1985-  
Morfodinâmica costeira e o uso da orla oceânica de Salinópolis (Nordeste do  
Pará) / Leilanne Almeida Ranieri. – 2014  
xx, 195 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Maâmar El-Robrini  
Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências,  
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2014.

1. Mudanças da costa - Salinópolis (PA). 2. Sedimentos (Geologia) - Salinópolis  
(PA). 3. Costa - Salinópolis (PA). I. Título.

CDD 22. ed. 551.457098115

---



**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**MORFODINÂMICA COSTEIRA E O USO DA ORLA OCEÂNICA  
DE SALINÓPOLIS (NORDESTE DO PARÁ, BRASIL)**

**TESE APRESENTADA POR**  
**LEILANHE ALMEIDA RANIERI**

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutora em Ciências na Área de GEOLOGIA

Data de Aprovação: 15 / 12 / 2014

Banca Examinadora:

Prof. MAAMAR EL-ROBRINI  
(Orientador-UFPA)

Prof. ARNALDO DE QUEIROZ DA SILVA  
(Membro-UFPA)

Prof. MARCELO CANCELA LISBOA COHEN  
(Membro-UFPA)

Prof. GEORGE SATANDER SÁ FREIRE  
(Membro-UFC)

Prof. NORBERTO OLMIRO HORN FILHO  
(Membro-UFSC)

*Dedico esta tese de  
doutorado ao meu filho  
Arthur, o maior presente que  
Deus me deu.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo à DEUS por estar sempre presente em minha vida, me dando forças para nunca desistir dos meus objetivos e obrigações até mesmo nos momentos mais difíceis em que enfrentei.

Agradeço aos meus pais, Vera e Corinto, por todo apoio e encorajamento que me deram durante toda a vida, pelos exemplos de dedicação e perseverança. À minha irmã Carol e meu sobrinho Lucas pelas palavras amigas de sempre.

Ao meu marido, Abraão, pela paciência e compreensão nos momentos em que dediquei totalmente à tese. Obrigado por toda a atenção dada a nosso filho nas vezes que estive ausente com ele me dedicando aos estudos. Obrigada pela ajuda, pelo seu companheirismo, estando presente até mesmo durante meus trabalhos de campo, participando ativamente, sendo motorista, oceanógrafo e programador quando me ajudou a tratar os dados oceanográficos.

Ao meu amado filho, Arthur, o ser mais precioso de minha vida, que a cada dia me faz vê o quanto sou uma pessoa realizada. Hoje sou plenamente feliz, graças a ele. Novos sonhos, coragem e amadurecimento tive desde que o pequeno Arthur chegou a minha vida.

Ao Prof. Maamar, por confiar em mim durante estes dez anos de orientação, desde a iniciação científica até o momento, por acreditar que eu poderia concluir esta tese e pela orientação dada. À FAPESPA pela bolsa de estudo. Ao PPGG/UFPA pela aceitação no mestrado e doutorado e pelas ajudas de custo e empréstimo de equipamentos.

Ao Prof. Pedro Walfir também pelo empréstimo de equipamentos, ao Paulo e Wilson do LAIT/UFPA e o Prof. Arnaldo pela ajuda dada com a parte de sensoriamento remoto desta tese. Agradeço também o Prof. Alessandro que me orientou sobre o que fazer inicialmente com os dados de hidrodinâmica, assim como ao Renan e Maurício que me deram dicas sobre como tratar e discutir estes dados.

Aos colegas Marcos do PPGG, e os do GEMC/UFPA, em especial, José Otávio, Paulo Victor, Melissa e Shirlen, que me ajudaram nos trabalhos de campo e laboratório, se dispondo a realizar atividades difíceis sem pedir nada em troca, tendo a coragem de verdadeiros oceanógrafos.

## RESUMO

Os aspectos morfodinâmicos relacionados à erosão ou acresção da linha de costa são alguns dos assuntos analisados na gestão das zonas costeiras que vêm sendo tratada em todo mundo no sentido de monitorar e proteger essas zonas. Esta tese objetiva analisar o comportamento da morfodinâmica costeira de Salinópolis, relacionando-o ao uso da orla oceânica. A área de estudo foi compartimentada em três setores: Oeste (praias da Corvina e do Maçarico), Central (praia do Farol Velho) e Leste (praia do Atalaia). A metodologia consistiu na: (a) aquisição e tratamento de imagens multitemporais (1988-2001-2013) do satélite *Landsat 5 TM*, *7 ETM* e *8 OLI*; (b) aplicação de entrevistas/questionários com banhistas, (c) aquisição de dados de campo durante as estações chuvosa (26, 27, 28/04/2013) e menos chuvosa (04, 05, 06/10/2013); e (d) análise laboratorial para o tratamento dos dados adquiridos em campo (topografia das praias estudadas, amostragem de sedimentos superficiais das mesmas e com o uso de armadilhas, e medições oceanográficas de ondas, marés, correntes e turbidez). Foram feitas as representações gráficas dos perfis topográficos das praias, calculados os parâmetros estatísticos granulométricos de Folk & Ward (1957), as taxas do transporte sedimentar nas praias e os parâmetros morfométricos de Short & Hesp (1982), estes últimos foram calculados com o intuito de relacioná-los aos estados morfodinâmicos de praias propostos por Wright & Short (1984) e Masselink & Short (1993). Para a classificação da costa oceânica de Salinópolis em termos de uso e ocupação foi utilizado o decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004. A partir das pesquisas sobre a urbanização na costa e das obras situadas nos ambientes costeiros foi utilizada uma matriz proposta por Farinaccio & Tessler (2010) que lista uma série de impactos ambientais, e o quadro de geoindicadores do comportamento da linha de costa proposto por Bush *et al.* (1999), para a identificação de locais com vulnerabilidade à erosão ou acresção. Para as condições oceanográficas em cada praia e periculosidade ao banho nas mesmas, foram integralizados os dados de ondas, de correntes, de morfodinâmica praial e questionários aplicados com banhistas. Atualmente, a orla oceânica de Salinópolis possui diferentes características quanto à utilização e conservação, abrangendo desde a tipologia de orlas naturais (Classe A) até orlas com urbanização consolidada (Classe C). A primeira ocorre nos extremos da área de estudo e, a segunda, na região da sede municipal. Quatro tipos de praias foram identificados segundo a exposição marítima e o grau das condições oceanográficas: tipo 1 (Maçarico), tipo 2 (Corvina), tipo 3 (Farol Velho) e tipo 4 (Atalaia). O trecho de costa com maiores impactos ambientais e com elevada erosão costeira localiza-se na praia do Farol Velho. O grau de periculosidade ao banho foi de 4 (praia do

Maçarico) a 7 (praia do Atalaia) – médio a alto grau de risco. As praias de Salinópolis apresentam declives suaves ( $< 1,5^\circ$ ), grandes variações na linha de costa entre as estações do ano (9,6 a 88,4 m) e volume sedimentar variável dependendo do grau de exposição das praias ao oceano aberto. Predominou o estado morfodinâmico dissipativo ( $\Omega > 5,5$ ) para estas praias, mas com ocorrência do estado de banco e calha longitudinais ( $4,7 < \Omega < 5,5$ ) no setor oeste. As macromarés na área de estudo apresentaram altura máxima de 5,3 m (Setor Central, durante a estação menos chuvosa) e mínima de 4 m no mesmo setor, durante a estação chuvosa. As correntes longitudinais foram mais intensas no setor leste ( $> 0,45$  m/s) durante as duas estações do ano. As alturas de ondas foram também maiores no setor leste (máximo de 1,05 m durante a maré enchente na estação menos chuvosa) e os períodos de ondas foram mais curtos ( $< 4,5$  s) no setor oeste. A média granulométrica obtida dos sedimentos coletados na face praias apresentou escala mais freqüente entre 2,6 a 2,8 phi, indicando a predominância de areia fina. O grau de seleção predominante dos sedimentos foi de 0,2 a 0,5 phi (muito bem selecionados e bem selecionados), e da assimetria foi de positiva (0,10 a 0,30) e de aproximadamente simétrica (-0,10 a 0,10). O grau de curtose variou desde muito platicúrtica ( $< 0,67$ ) a muito leptocúrtica (1,50 a 3,00). Foram observados eventos de acreção sedimentar da estação chuvosa a menos chuvosa. De 22/07/1988 a 28/08/2013 (25 anos) também houve predomínio de acreção, onde o avanço médio linear da linha de costa foi de 190,26 m. O recuo médio linear obtido para toda área de estudo foi de -42,25 m. Áreas com maior erosão são pontuais: divisas das praias da Corvina e Maçarico, e Farol Velho e Atalaia. Os *traps* portáteis indicaram uma maior quantidade de sedimentos transportados longitudinalmente na estação menos chuvosa (Mín. 280 g/m<sup>3</sup>: enchente, setor oeste; Máx. 1098 g/m<sup>3</sup>: vazante, setor leste). Nos *traps* de espriamento, o balanço entre a quantidade de sedimentos entrando e saindo nas praias foi menor no setor central (Mín. 80 g/m<sup>3</sup>: vazante, estação menos chuvosa; Máx. 690 g/m<sup>3</sup>: enchente, estação menos chuvosa). A circulação costeira sedimentar é proveniente, principalmente, do efeito das marés, com direção governada pela enchente e vazante dos rios que atravessam a costa. Os dados indicam o transporte longitudinal de sedimentos da ilha de Atalaia e rio Sampaio para o setor oeste e as margens das faixas praias.

**Palavras-chave:** Salinópolis. Macromaré. Erosão/Acreção costeira. Trânsito Sedimentar. Hidrodinâmica. Morfologia de praia.

## ABSTRACT

The morphodynamic aspects related to erosion or accretion of the coastline are some of the topics analyzed in the management of coastal zones being discussed around the world in order to monitor and protect these zones. This thesis aims to analyze the behavior of the coastal morphodynamics of the Salinópolis, relating to the use of ocean margin. The study area was compartmentalized into three sectors: Western (Corvina and Maçarico beaches), Center (Farol Velho beach) and Eastern (Atalaia beach). The methodology consisted of: (a) acquisition and processing of multi-temporal images (1988-2001-2013) of the Landsat 5 TM, 7 ETM and 8 OLI; (b) application of interviews/questionnaires with bathers, (c) acquisition of field data during the rainy season (April 26<sup>th</sup>, 27<sup>th</sup> and 28<sup>th</sup>, 2013) and less rainy (04<sup>th</sup>, 05<sup>th</sup> and 06<sup>th</sup>, 2013) ; and (d) laboratory analysis for processing the data acquired in the field (beaches topography, sampling of surface sediments of the same and with the use of traps, and oceanographic measurements of waves, tides, currents and turbidity). In Laboratory were made graphics of topographic profiles of beaches, calculated granulometric statistical parameters of Folk & Ward (1957), the rates of sediment transport on beaches and morphometric parameters of Short & Hesp (1982), the latter were calculated in order to relate them to the morphodynamic states of beaches proposed by Wright & Short (1984) and Masselink & Short (1993). For the classification of the oceanic coast of the Salinópolis in terms of use and occupation was used decree n° 5.300/2004. From the research about urbanization on the coast and works located in coastal environments was used a matrix proposed by Farinaccio & Tessler (2010) which lists a number of environmental impacts, and the geoindicators table of behavior of the coastline proposed by Bush et al. (1999), to identify places with vulnerability to erosion or accretion. For the oceanographic conditions at each beach and dangerous to bath in them were integrated the data of waves, currents, beach morphodynamics and questionnaires applied with bathers. Currently, the oceanic coast of Salinópolis has different characteristics regarding the use and conservation, ranging from the type of natural coast (Class A) until coast with consolidated urbanization (Class C). The first occurs at the extremes of the study area and the second in the district area. Four types of beaches were identified according to maritime exposure and the degree of oceanographic conditions: type 1 (Maçarico), type 2 (Corvina), type 3 (Farol Velho) and type 4 (Atalaia). The part of coast with major environmental impacts and high coastal erosion is located on the Farol Velho beach. The degree of danger to the bath was 4 (Macarico beach) to 7 (Atalaia beach) - medium to high degree of risk. The Salinópolis beaches have gentle slopes (<1.5°),



large variations in the coastline between seasons of the year (9.6 to 88.4 m) and variable sediment volume depending on the degree of exposure to the open ocean. Dissipative morphodynamic state ( $\Omega > 5.5$ ) prevailed at these beaches, but with the occurrence of the longshore bar and trough state ( $4.7 < \Omega < 5.5$ ) in the western sector. The macrotidals in the study area showed maximum height of 5.3 m (Center Sector during the less rainy season) and a minimum of 4 m in the same sector during the rainy season. The longshore currents were more intense in the eastern sector ( $> 0.45$  m / s) during the two seasons of the year. The wave heights were also higher in the eastern sector (maximum of 1.05 m during the flood tide in the less rainy season) and wave periods were shorter ( $< 4.5$  s) in the western sector. The mean grain size obtained from sediments collected on the beaches had more frequent scale between 2.6 to 2.8 phi, indicating the predominance of fine sand. The predominant degree of sorting of sediment was 0.2 to 0.5 phi (very well sorted and well sorted), and asymmetry was positive (0.10 to 0.30) and nearly symmetrical (-0.10 to 0.10). The degree of kurtosis ranged from very platykurtic ( $< 0.67$ ) to very leptokurtic (1.50 to 3.00). Sediment accretion events were observed from the rainy season to less rainy season. From 07/22/1988 to 08/28/2013 (25 years) also predominated accretion, where the average linear advancement of the coastline was 190.26 m. The average linear retreat obtained for the entire study area was -42.25 m. The eroding areas are point: currencies from the beaches of Corvina and Maçarico, and Farol Velho and Atalaia. Portable traps indicated a greater quantity of sediment transported longitudinally in the less rainy season (minimum  $280 \text{ g/m}^3$ : flood, west sector; maximum  $1098 \text{ g/m}^3$ : ebb, east sector). In the traps applied in the swash zone, the balance of sediment entering and leaving the beaches was lower in the center sector (minimum  $80 \text{ g/m}^3$ : ebb, maximum  $690 \text{ g/m}^3$ : flood; less rainy season). The coastal sediment movement is derived mainly from effect of the tides, which are oriented toward the direction of the ebb and flow of the estuary crossing the coast. The data indicate the longshore transport of sediment from the Atalaia island and Sampaio River to the west sector and the beaches margins.

**Keywords:** Salinópolis. Macrotidal. Coastal Erosion/Accretion. Sediment Transport, Hydrodynamics. Beach Morphology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama do perfil de praias de meso-macromarés segundo a hidrodinâmica e a morfologia, de acordo com Davis (1985) e Souza Filho <i>et al</i> (2003), respectivamente. ....	7
Figura 2 – Modelo evolutivo dos perfis praiais baseado na caracterização de seis estágios. ....	10
Figura 3 – Classificação dos estados morfodinâmicos de praias considerando a variação relativa das marés. ....	11
Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo mostrando os setores: Oeste (praias da Corvina e Maçarico), Central (praia do Farol Velho) e Leste (praia do Atalaia). ....	20
Figura 5 – Praias oceânicas de Salinópolis: Corvina, Maçarico, Farol Velho e Atalaia. ....	21
Figura 6 – Coluna estratigráfica do NE do Pará (modificado de ROSSETTI, 2001). ....	23
Figura 7 – Mapa da base geomorfológica de Salinópolis. A ocupação humana se estabelece especialmente sobre o planalto (tabuleiro) costeiro e depósitos holocênicos de dunas, atualmente com paisagem natural alterada pela urbanização. Modificado de Marinho (2009) e Melo (2008). ....	26
Figura 8 – Dunas frontais presentes na linha de costa da praia do Maçarico (A) e campo de dunas costeiras na zona de pós-praia na ilha do Atalaia (B). Fotografias retiradas em 28/04/2013; ....	26
Figura 9 – Precipitação mensal registrada no ano de 2012 no município de Salinópolis. ....	29
Figura 10 – Velocidade dos ventos mensal registrada no município de Salinópolis em 2013. ....	31
Figura 11 – Direção e velocidade predominante dos ventos registrada no ano de 2013 no município de Salinópolis. ....	31
Figura 12 – Velocidade média anual dos ventos a cada 6 h em Salinópolis, ano de 2013. ....	32
Figura 13 – Magnitude, direção dos ventos, altura e direção média de ondas modelada para o município de Salinópolis. ....	32
Figura 14 – Amplitude de maré registrada no município de Salinópolis em março de 2013 (mês de marés equinociais). Estação maregráfica: Fundeadouro de Salinópolis. ....	33
Figura 15 – Fluxograma das etapas metodológicas aplicadas na tese. ....	38
Figura 16 – Trabalhos de campo desempenhados nas praias de Salinópolis. ....	39
Figura 17 – Armadilhas portáteis de coleta de sedimentos. Vista frontal do <i>trap</i> de espraçamento (A). Experimentação com <i>trap</i> de espraçamento na praia do Farol Velho (B) e com <i>traps</i> portáteis na zona de <i>surf</i> da praia do Atalaia (C). Suporte com <i>traps</i> da zona de <i>surf</i> , vista frontal (D). Fotografias retiradas em 28/04/2013. ....	41
Figura 18 – Medição de intensidade da corrente longitudinal na praia do Farol Velho em 27/04/2013. ....	43
Figura 19 – Velocidade de decantação (cm/s) em função do diâmetro médio ( $\phi$ ). ....	46

Figura 20 – Decomposição das velocidades das correntes segundo Miranda <i>et al.</i> (2002). .....	51
Figura 21 – Critérios de recuo e estrutura urbana para o trecho de orla oceânica.....	54
Figura 22 – Mapa de localização das praias oceânicas de Salinópolis, setores e perfis praias. Fotografias retiradas em 06/10/2013.....	63
Figura 23 – Velocidade média dos ventos na costa de Salinópolis e direção preferencial dos mesmos durante o ano de 2013, de acordo com CPTEC (2014).....	65
Figura 24 – Diagrama da morfologia do perfil de praias de meso-macromarés, segundo Souza Filho <i>et al.</i> (2003).....	68
Figura 25 – Relação morfologia x granulometria no setor oeste: Corvina, abril (A) e outubro de 2013 (B); Maçarico, abril (C) e outubro de 2013 (D). ZIS: Zona de Intermaré Superior; ZIM: Zona de Intermaré Média; ZIS: Zona de Intermaré Inferior; ZI: Zona de Inframaré.....	71
Figura 26 – Relação morfologia x granulometria no setor central: Farol Velho 1, abril (A) e outubro de 2013 (B); Farol Velho 2, abril (C) e outubro de 2013 (D). ZIS: Zona de Intermaré Superior; ZIM: Zona de Intermaré Média; ZIS: Zona de Intermaré Inferior; ZI: Zona de Inframaré.....	72
Figura 27 – Relação morfologia x granulometria no setor leste: Atalaia 1, abril (A) e outubro de 2013 (B); Atalaia 2, abril (C) e outubro de 2013 (D). ZIS: Zona de Intermaré Superior; ZIM: Zona de Intermaré Média; ZIS: Zona de Intermaré Inferior; ZI: Zona de Inframaré.....	72
Figura 28 – Ramificações paralelas à linha de costa do canal de maré que atravessa o setor oeste: praia da Corvina (A) e praia do Maçarico (B). Afloramentos de rochas carbonáticas (Formação Pirabas) na linha de maré alta do Farol Velho 2, propiciando o desenvolvimento de uma calha longitudinal (C). Afloramentos expostos na zona de intermaré a oeste da praia de Atalaia (D). Fotografias retiradas em 26/04/2013.....	73
Figura 29 – Campo de dunas frontais desenvolvidos na zona de intermaré superior do Atalaia 2 em abril (A) e outubro de 2013 (B). Dunas erodidas no Atalaia 1 em abril (C). Dunas estáveis limitando a linha de costa da praia de Atalaia (D) e, campo de dunas frontais dispostos nas zonas de supramaré e intermaré superior da praia da Corvina (E). Fotografias retiradas em 04/10/2013 (A, B, E) e 28/04/2013 (C, D). .....	73
Figura 30 – Áreas de erosão e de acreção sedimentar identificadas nas praias entre abril (estação chuvosa) e outubro (estação menos chuvosa) de 2013.....	74
Figura 31 – Parâmetros estatísticos granulométricos verificados para abril e outubro/2013.....	76
Figura 32 – Mapa comparativo da distribuição granulométrica por setor em abril de 2013 (estação chuvosa), mostrando a tendência obtida no emprego dos parâmetros estatísticos.....	79
Figura 33 – Mapa comparativo da distribuição granulométrica por setor em outubro de 2013 (estação menos chuvosa), mostrando a tendência obtida no emprego dos parâmetros estatísticos. ....	79
Figura 34 – Mapa de localização dos três setores da costa oceânica de Salinópolis e os procedimentos metodológicos aplicados. ....	88

- Figura 35 – Amplitude de maré registrada na área de estudo. 26/04/2013, estação chuvosa (A), e 04/10/2013, estação menos chuvosa, (B) no setor oeste. 28/04/2013 (C) e 05/10/2013 (D) na Ilha do Atalaia (setores central e leste).....89
- Figura 36 – Velocidade média dos ventos e direção predominante em 2013 registrada no município de Salinópolis (Dados de CPTEC, 2014).....90
- Figura 37 – Estados morfodinâmicos identificados para as praias de Salinópolis durante a estação chuvosa.  $\Omega$ : segundo a classificação de Wright & Short (1984). RTR: segundo a classificação de Masselink e Short (1993). Fotografias retiradas em 28/04/2013. ....91
- Figura 38 – Estados morfodinâmicos identificados para as praias de Salinópolis durante a estação menos chuvosa.  $\Omega$ : segundo a classificação de Wright & Short (1984). RTR: segundo a classificação de Masselink e Short (1993). Fotografias retiradas em 06/10/2013.....92
- Figura 39 – Perfis topográficos e variações no volume sedimentar (Vv) das praias entre as estações chuvosa (em abril/2013) e menos chuvosa (em outubro/2013). ELWS: *Extreme Low Water Spring Tides* (Nível de Maré Baixa de Sízígia Equinocial). ....93
- Figura 40 – Mapa de localização do município de Salinópolis, destacando no quadro interno, o trecho de costa estudado.....104
- Figura 41 – Praias do município de Salinópolis/Pa: Corvina (A), Maçarico (B), Farol Velho (C) e Atalaia (D). Fotografias retiradas em 06/10/2013.....105
- Figura 42 – Precipitação em Salinópolis e registros de El Niño e La Niña no período de 1978 a 2012. Fonte: Ana (2013) e Inpe (2014).....109
- Figura 43 – Indícios de erosão nas principais praias de Salinópolis se traduzindo por: destruição da ponte que interliga a “orla do Maçarico” à praia da Corvina (A); desmoronamento gradativo de muros de arrimo na foz do Rio Sampaio, praia do Maçarico (06/10/2013) (B), nas praias do Farol Velho (C) e Atalaia (D). Fotografias retiradas em 26/04/2013 (A) e 06/10/2013 (B, C e D).....110
- Figura 44 – Imagens Landsat TM (A), ETM+ (B) e OLI (B), escala 1:50.000, mostrando a variação da LC nos setores Oeste (praias da Corvina e Maçarico), Central (praia do Farol Velho) e Leste (praia do Atalaia).....116
- Figura 45 – Mudanças temporais na posição da LC nos setores Oeste (praias da Corvina e Maçarico), Central (praia do Farol Velho) e Leste (praia do Atalaia) (A). Variações lineares na posição da LC entre os anos de 1988 a 2013 (B). Valores positivos indicam acreção e negativos indicam erosão...117
- Figura 46 – Variações temporais na posição da LC entre os anos de 1988 a 2001, com identificação dos *transectos* gerados para o Setor Oeste (A). Destaque para três deles que mostram a elevada acreção na LC da praia do Maçarico (B). Fotografia retirada em 06/10/2013. ....120
- Figura 47 – Taxa de variação da LC entre os anos de 1988 a 2001 (A) e 2001 a 2013 (B) para o Setor Oeste.....121
- Figura 48 – Variações temporais na posição da LC entre os anos de 1988 a 2013, com identificação dos *transectos* gerados para o Setor Central (A). Destaque para três deles que mostram a erosão ocorrente na LC da praia do Farol Velho (B). Fotografia retirada em 05/10/2013.....123

Figura 49 – Taxa de variação da LC entre os anos de 1988 a 2001 (A) e 2001 a 2013 (B) para o Setor Central.....	124
Figura 50 – Variações temporais na posição da LC entre os anos de 1988 a 2013, com identificação dos <i>transectos</i> gerados para o Setor Leste (A). Destaque para quatro deles que mostram a elevada deposição sedimentar pelos campos de dunas em desenvolvimento na LC a leste da praia do Atalaia (B). Fotografia retirada em 06/10/2013.....	126
Figura 51 – Taxa de variação da LC entre os anos de 1988 a 2001 (A) e 2001 a 2013 (B) para o Setor Leste.....	127
Figura 52 – Mapa de localização da área de estudo, mostrando a metodologia aplicada. Imagem Google Earth dos setores oeste, central e leste, respectivamente.....	137
Figura 53 – <i>Trap</i> de espriamento (A) aplicado na zona de espriamento, e <i>Traps</i> portáteis (B) aplicados na zona de <i>surf</i> .....	138
Figura 54 – Alturas de maré e intensidade das correntes longitudinais de fundo na foz do rio Sampaio em: (A) 26/04/2013 (estação chuvosa) e (B) 04/10/2013 (estação menos chuvosa), e na ponta do Farol Velho (ilha de Atalaia) em: (C) 27/04/2013 (estação chuvosa) e (B) 05/10/2013 (estação menos chuvosa).....	139
Figura 55 – Intensidade média e direção dos ventos na costa de Salinópolis durante o ano de 2013, de acordo com CPTEC (2014).....	140
Figura 56 – Massa de sedimentos obtida com os <i>traps</i> portáteis na estação chuvosa (A) e as condições da hidrodinâmica no momento das coletas: Altura (B) e período de ondas (C), Correntes longitudinais de superfície (D) e Ângulo de incidência de ondas durante as marés vazante (E) e enchente (F).....	141
Figura 57 – Massa de sedimentos obtida com os <i>traps</i> portáteis na estação menos chuvosa (A) e as condições da hidrodinâmica no momento das coletas: Altura (B) e período de ondas (C), Correntes longitudinais de superfície (D) e Ângulo de incidência de ondas durante as marés de vazante (E) e enchente (F).....	141
Figura 58 – Análise granulométrica da massa de sedimentos obtida com os <i>traps</i> portáteis durante a estação chuvosa nos setores oeste (A), central (B) e leste (C), e durante a estação menos chuvosa: setores oeste (D), central (E) e leste (F).....	142
Figura 59 – Massa de sedimentos obtida com os <i>traps</i> de espriamento nas estações chuvosa (A) e menos chuvosa (B).....	143
Figura 60 – Análise granulométrica da massa de sedimentos obtida com os <i>traps</i> de espriamento durante a estação chuvosa nos setores oeste (A), central (B) e leste (C), e na estação menos chuvosa: setores oeste (D), central (E) e leste (F).....	143
Figura 61 – Resultante do material sedimentar transportado, inferido para cada setor da costa durante todo o período de marés enchente e vazante. (A) Estação chuvosa e (B) Estação menos chuvosa. As setas indicam a direção preferencial do transporte longitudinal em cada fase de maré.....	144
Figura 62 – Turbidez (FTU), direção (0-360 graus) e intensidade (m/s) das correntes de fundo longitudinais (componente u) e transversais (componente v), obtidas para a foz do rio Sampaio (A) e	

ponta do Farol Velho (ilha de Atalaia) (B) durante a estação chuvosa. As setas indicam a direção preferencial das correntes longitudinais (componente vetorial  $u$ ) em cada fase de maré. ....145

Figura 63 – Turbidez (FTU), direção (0-360 graus) e intensidade (m/s) das correntes de fundo longitudinais (componente  $u$ ) e transversais (componente  $v$ ), obtidas para a foz do rio Sampaio (A) e ponta do Farol Velho (ilha de Atalaia) (B) durante a estação menos chuvosa. As setas indicam a direção preferencial das correntes longitudinais (componente vetorial  $u$ ) em cada fase de maré.....145

Figura 64 – Mapa de localização da área de estudo com a identificação de alguns dos principais locais na linha de costa e de algumas das atividades humanas desempenhadas. (A) Porto Grande, (B) Praia da Corvina, (C) Orla do Maçarico, (D) Currais de pesca na praia do Maçarico, (E) Local de fundeio de canoas próximo ao Lago do Pedalinho, (F) Praia do Farol Velho, (G) Barracas/restaurantes e (H) Campo de dunas na praia do Atalaia. Fotografias retiradas em 12/07/2014 (A, B, C, D, E, F) e 28/04/2013 (G, H). ....154

Figura 65 – Critérios de recuo e estrutura urbana para orla marítima. Adaptado de Oliveira (2009)..157

Figura 66 – Classificação da orla oceânica de Salinópolis quanto ao uso e ocupação na linha de costa. Fotografias retiradas em 12/07/2014.....160

Figura 67 – Barracas em forma de palafitas na linha de costa da praia do Atalaia (A) e placa de identificação da área reservada à prática esportiva na mesma praia (B). Fotografias retiradas em 28/04/2013 e 06/10/2013, respectivamente.....160

Figura 68 – Tipos de praia definidos na área de estudo (setor Corvina-Atalaia) de acordo com o grau de exposição e condições oceanográficas. ....161

Figura 69 – Trechos com erosão e acresção sedimentar na linha de costa das praias oceânicas de Salinópolis. Fotografias retiradas em 26/04/2013 (A, B, C, D, I, J), 06/10/2013 (L) e 12/07/2004 (E, F, G, H).....163

Figura 70 – Gráficos com as opiniões relatadas pelos banhistas das praias de Salinópolis, identificando os principais motivos de freqüentar praias (A), e o grau dos perigos potenciais opinados para as praias do Atalaia (B) e Farol Velho (C).....165

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro orientador para classificação da Orla Marítima.....	15
Quadro 2 – Causas naturais (A) e antrópicas (B) da erosão costeira no Brasil.....	17
Quadro 3 – Exemplo da aplicação da matriz em setores.....	56
Quadro 4 – Listagem de indicadores do comportamento da linha de costa, modificado de Bush <i>et.al.</i> (1999).....	57
Quadro 5 – Geoindicadores de avaliação de comportamento da linha de costa (Rocha 2009; modificado de Bush <i>et.al.</i> , 1999). ....	158

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação granulométrica de Wentworth (1922) para sedimentos arenosos e lamosos.	44
Tabela 2 – Classificação do grau de seleção (A), assimetria (B) e curtose (C), segundo Folk & Ward (1957).	45
Tabela 3 – Relações de equilíbrio entre estado da praia e $\Omega$ . Estados intermediários: TMB – Terraço de Baixa-Mar, BTR – Bancos Transversais Rítmicos, BPR – Bancos de Praia Rítmicos e BLC – Banco e Calha Longitudinais.	47
Tabela 4 – Caracterização dos diferentes tipos de estágios morfodinâmicos a partir do Parâmetro Relativo da Maré.	48
Tabela 5 – Informações sobre as imagens de satélite utilizadas.	48
Tabela 6 – Tabela utilizada para determinar o nível de segurança das praias sul-australianas com base no estágio da praia e na altura de onda na arrebentação.	58
Tabela 7 – Parâmetros de altura de onda significativa ( $H_b$ ) e período de onda (T). <i>e</i> : ebb tide (maré vazante). <i>f</i> : flood tide (maré enchente).	90
Tabela 8 – Parâmetros morfométricos registrados durante as estações chuvosa (em abril/2013) e menos chuvosa (em outubro/2013).	94
Tabela 9 – Características das imagens de satélite utilizadas.	111
Tabela 10 – Dados gerais da variação da LC expressos em taxas anuais e em recuo/avanço linear ao longo dos <i>transectos</i> ( $\mu$ - valores médios; <i>Min.</i> - valores mínimos e <i>Max</i> - valores máximos; valores positivos indicam deposição e negativos erosão).	118
Tabela 11 – Características da LC nos setores Oeste, Central e Leste. Critérios adotados para o grau de exposição às ondas: Alta para costa exposta ao oceano aberto, Média e Baixa para as semi-abrigadas e abrigadas, respectivamente, por desembocaduras estuarinas com deltas de maré associados. Critérios para o grau de ocupação humana: Nula para costas com natureza preservada, Média para as que apresentam infraestrutura por residências e edificações até dois andares, e Alta para as maiores do que dois andares.	119
Tabela 12 – Nível de segurança em praias com base no estado morfodinâmico e na altura de onda na arrebentação, segundo Short & Hogan (1993).	158
Tabela 13 – Grau de segurança que as praias oceânicas de Salinópolis oferecem aos banhistas.	164



## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>v</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>xv</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVAS .....	1
1.2. QUESTIONAMENTOS E HIPÓTESES .....	4
1.3. OBJETIVOS .....	4
<b>1.3.1. Objetivo Geral</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3.2. Objetivos Específicos</b> .....	<b>4</b>
1.4. ESTRUTURA DA TESE .....	5
1.5. APOIO FINANCEIRO .....	5
1.6. REFERÊNCIAL TEÓRICO .....	6
<b>1.6.1. Praias de Macromarés</b> .....	<b>6</b>
<b>1.6.2. Morfodinâmica de Praias Arenosas</b> .....	<b>8</b>
<b>1.6.3. Transporte Litorâneo e Distribuição Sedimentar</b> .....	<b>12</b>
<b>1.6.4. Gerenciamento Costeiro</b> .....	<b>13</b>
1.6.4.1. Gerenciamento Costeiro no Estado do Pará .....	18
<b>2. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>20</b>
2.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....	20
2.2. CARACTERÍSTICAS DAS PRAIAS DE SALINÓPOLIS .....	20
2.3. GEOLOGIA REGIONAL .....	21
2.4. GEOMORFOLOGIA REGIONAL .....	23
<b>2.4.1. Planalto Rebaixado da Amazônia</b> .....	<b>24</b>
<b>2.4.2. Planície Flúvio-Marinha</b> .....	<b>24</b>
2.5. ASPECTOS CLIMÁTICOS/METEOROLÓGICOS .....	26
<b>2.5.1. Precipitação</b> .....	<b>27</b>
<b>2.5.2. Ventos</b> .....	<b>30</b>
2.6. ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS .....	32
2.7. ASPECTOS AMBIENTAIS .....	34
2.8. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS .....	35

<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>38</b>
3.1. TRABALHOS DE CAMPO.....	38
3.1.1. Levantamento de Perfil Topográfico .....	39
3.1.2. Amostragem de Sedimentos.....	40
3.1.3. Medições Oceanográficas.....	41
3.2. PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS .....	43
3.2.1. Classificação Granulométrica dos Sedimentos .....	43
3.2.2. Parâmetros Morfométricos e Classificação Morfodinâmica .....	45
3.2.3. Sensoriamento Remoto .....	48
3.2.4. Decomposição de vetores de correntes.....	50
3.2.5. Cálculo da Taxa de transporte de sedimentos .....	51
3.3. CLASSIFICAÇÃO DA ORLA MARÍTIMA.....	51
3.4. VULNERABILIDADE DO AMBIENTE COSTEIRO À FATORES ANTRÓPICOS E À EROÇÃO .....	54
3.5. PERICULOSIDADE AO BANHO E PERFIL DO BANHISTA .....	57
<b>4. ARTIGO 1: COMPORTAMENTO MORFOSEDIMENTAR SAZONAL DAS PRAIAS OCEÂNICAS DE SALINÓPOLIS (NE DO PARÁ, BRASIL) .....</b>	<b>59</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>60</b>
<b>ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>63</b>
<i>CLIMA E OCEANOGRAFIA .....</i>	<i>63</i>
<i>GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA .....</i>	<i>65</i>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>67</b>
<i>AQUISIÇÃO DOS DADOS .....</i>	<i>67</i>
<i>ANÁLISE LABORATORIAL .....</i>	<i>68</i>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>69</b>
<i>RELAÇÃO MORFOLOGIA X GRANULOMETRIA .....</i>	<i>69</i>
<i>PARÂMETROS ESTATÍSTICOS GRANULOMÉTRICOS .....</i>	<i>75</i>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>79</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS BLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>81</b>
<b>5. ARTIGO 2: CLASSIFICAÇÃO MORFODINÂMICA E EFEITOS DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA SAZONAL NAS PRAIAS DE MACROMARÉS DE SALINÓPOLIS, COSTA AMAZÔNICA, BRASIL.....</b>	<b>86</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>86</b>
<b>ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>87</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>88</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>89</b>
<i>Hidrodinâmica e Ventos .....</i>	<i>89</i>
<i>Morfologia das praias .....</i>	<i>90</i>

<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>94</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>96</b>
<b>6. ARTIGO 3: EFEITO DA CARGA SEDIMENTAR ESTUARINA NA EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA DE SALINÓPOLIS, NORDESTE DO PARÁ, BRASIL .....</b>	<b>100</b>
<b>6.1. Introdução .....</b>	<b>101</b>
<b>6.2. Área de Estudo.....</b>	<b>103</b>
6.2.1. <i>Fisiografia da Linha de Costa.....</i>	103
6.2.2. <i>Geologia e Geomorfologia .....</i>	105
6.2.3. <i>Climatologia e Oceanografia .....</i>	106
6.2.4. <i>Histórico Climático .....</i>	108
6.2.5. <i>Fatores Antrópicos na ZC de Salinópolis .....</i>	109
<b>6.3. Metodologia.....</b>	<b>111</b>
6.3.1. <i>Processamento digital das imagens de satélite .....</i>	112
6.3.2. <i>Digitalização da linha de costa.....</i>	112
6.3.3. <i>Análise quantitativa da variação da linha de costa .....</i>	113
<b>6.4. Resultados e Discussão .....</b>	<b>114</b>
6.4.1. <i>Setor Oeste.....</i>	119
6.4.2. <i>Setor Central .....</i>	122
6.4.3. <i>Setor Leste .....</i>	125
<b>6.5. Conclusões.....</b>	<b>128</b>
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>129</b>
<b>Referências .....</b>	<b>129</b>
<b>7. ARTIGO 4: ASPECTOS DA HIDRODINÂMICA E TRÂNSITO COSTEIRO DE SEDIMENTOS NAS PRAIAS OCEÂNICAS DE SALINÓPOLIS, COSTA AMAZÔNICA, BRASIL.....</b>	<b>135</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>135</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>137</b>
<b>APRESENTAÇÃO DOS DADOS.....</b>	<b>139</b>
<b>DISCUSSÃO E CONCLUSÕES .....</b>	<b>146</b>
<i>PROCESSOS FÍSICOS COSTEIROS .....</i>	146
<i>QUANTIFICAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DO TRANSPORTE SEDIMENTAR .....</i>	147
<i>TRÂNSITO COSTEIRO DE SEDIMENTOS.....</i>	148
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>149</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>149</b>
<b>8. ARTIGO 5: CONDIÇÃO OCEANOGRÁFICA, USO E OCUPAÇÃO DA LINHA DE COSTA DE SALINÓPOLIS (SETOR CORVINA – ATALAIA), NORDESTE DO PARÁ, BRASIL .....</b>	<b>151</b>

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>152</b>
<b>2. ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>153</b>
<b>2.1. Aspectos fisiográficos da linha de costa.....</b>	<b>154</b>
<b>2.2. Aspectos oceanográficos.....</b>	<b>155</b>
<b>2.3. Aspectos socioeconômicos e ambientais.....</b>	<b>155</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>156</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>159</b>
<b>4.1. Classificação da Orla Oceânica .....</b>	<b>159</b>
<b>4.2. Vulnerabilidade dos Ambientes Costeiros .....</b>	<b>161</b>
<b>4.3. Relação entre a Periculosidade ao Banho e o Perfil do Banhista.....</b>	<b>163</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>165</b>
<b>6. AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>166</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>166</b>
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>169</b>
<b>10. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>175</b>
 ANEXO A – Questionário aplicado com os banhistas das praias de Salinópolis. ....	187
 ANEXO B – Matriz dos impactos identificados no Setor Oeste.....	189
 ANEXO C – Matriz dos impactos identificados no Setor Central. ....	190
 ANEXO D – Matriz dos impactos identificados no Setor Leste.....	191
 ANEXO E – Comprovante de submissão de manuscrito à Revista Pesquisas em Geociências.	192
 ANEXO F – Comprovante de submissão de manuscrito à <i>Brazilian Journal of Geology</i> . ...	193
 ANEXO G - Comprovante de submissão de manuscrito à Revista de Gestão Costeira Integrada. ....	194
 ANEXO H – Comprovante de submissão de manuscrito à Revista Geociências. ....	195

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVAS

Existem várias definições dadas à Zona Costeira (ZC): as baseadas nas características físicas, na funcionalidade ecológica, na utilização do meio e nos aspectos geográficos. Na primeira, constitui-se como uma zona de fronteira sujeita a contínuas alterações morfodinâmicas, modeladas por processos de origem continental e marinha (SILVA *et al.* 2004), como movimentos neotectônicos, paleoclimas, oscilações do nível do mar e dinâmica local (ondas, marés, correntes, ventos, descarga fluvial) associada ao clima atual e suas sazonalidades. Tais processos modelam as ZC's através de eventos de longo, médio e curto período, sendo a maioria deles controlados por fatores climáticos e meteorológicos, sofrendo influência também de fatores antrópicos.

Quanto à funcionalidade ecológica, as ZC's abrigam um mosaico de ecossistemas de alta relevância ambiental (praias, estuários, manguezais, marismas, recifes de corais, etc.), cuja diversidade é marcada pela transição de ambientes terrestres e marinhos (BRASIL, 1997).

Quanto a sua utilização, Gruber *et al.* (2003) definem ZC como uma das áreas sob maior estresse ambiental, devido à excessiva exploração de seus recursos naturais e o uso desordenado do solo.

Quanto aos aspectos geográficos, a ZC é o espaço delimitado pela interface entre o oceano e o continente, ou seja, a faixa terrestre que sofre influência marítima e a faixa marítima que recebe influência terrestre (RODRÍGUEZ & WINDEVOXHEL, 1998).

Desta forma, compreende-se que as ZC's estão entre os mais complicados e variáveis sistemas de transição, porque suas dinâmicas estão sujeitas a efeitos derivados de uma geometria complexa. A ampla gama de processos hidro-morfodinâmicos que afetam as ZC's tais como ondas, correntes e marés, entre outros, interagem em diferentes escalas espaciais e temporais, tornando essas zonas ambientes altamente variáveis (ALVAREZ-ELLACURIA *et al.*, 2010).

A intensificação do crescimento populacional nas ZC's, a ampliação e diversificação das áreas industriais, os impactos induzidos no litoral por múltiplas atividades antrópicas decorrentes nas bacias hidrográficas, as intervenções de defesa costeira, o grande crescimento do turismo balneário, a modificação climática em curso e a elevação do nível médio do mar (entre vários outros fatores que pressionam estas zonas), também convertem a faixa litoral numa zona de grande complexidade cuja gestão harmônica é muito difícil (DIAS *et al.*, 2007).

A interferência no meio físico, principalmente aqueles relacionados à dinâmica dos processos sedimentares, e induzida em grande parte por ações de natureza antrópica, pode acarretar problemas no âmbito ambiental e financeiro. Do ponto de vista ambiental, especialmente o geológico, as principais alterações são na linha de costa, decorrentes de erosões, assoreamentos, bem como de colapsos do substrato. Em relação ao fator econômico, destacam-se as perdas de moradias, edificações e estruturas localizadas à beira-mar, causadas pelos processos anteriormente citados (FARINACCIO & TESSLER, 2010).

Frente a isto, para a gestão das ZC's é requerido o conhecimento e o monitoramento dos agentes naturais e antrópicos que determinam a dinâmica e a evolução destas. Esse conhecimento básico, uma vez aplicado, permite prever o comportamento dos ambientes costeiros, tanto em condições naturais como sob influência humana.

Os estudos sobre a dinâmica de circulação costeira em algumas praias, por exemplo, são fundamentais na identificação de pequenas e grandes células de transporte costeiro local e regional e trouxeram importantes conclusões sobre o balanço sedimentar em praias e a atuação de processos de erosão costeira acelerada (SOUZA, 1997; SOUZA & SUGUIO, 1998).

Sendo assim, os aspectos hidro-morfodinâmicos relacionados à erosão costeira são alguns dos diversos assuntos analisados na busca pelo gerenciamento das áreas costeiras. Ações deste tipo vêm sendo implantadas em todo mundo no sentido de ordenar a utilização e conservação das ZC's. No caso do Brasil, tem-se o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, instituído pela Lei 7.661, de 16 de maio de 1988, como parte integrante da Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM) e da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) (BRASIL, 1988); o Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004 que regulamenta a Lei nº 7.661 (BRASIL, 2004); e, mais recentemente, o Projeto Orla, que dentre outras ações, vem propondo parâmetros de classificação da orla, tanto dos seus atributos físico-naturais quanto em relação a sua utilização e conservação. Este projeto, incentivado pelo Governo Federal, está sendo implantado em 17 Estados do Brasil. No Pará está sendo tratado com base em informações peculiares sobre a hidrodinâmica estuarina e costeira da Região Norte, as unidades morfológicas, os dados socioeconômicos, as leis ambientais e os aspectos fundiários.

Salinópolis é uma das localidades contempladas neste projeto. Trabalhos referentes à geologia e oceanografia deste município foram realizados, dentre outros, por Gregório *et al.* (2005) e Busman (2004), sobre a morfo-sedimentação das Praias do Atalaia e Farol Velho, respectivamente; Pereira *et al.* (2014), abordando a morfodinâmica, os aspectos físicos e antropogênicos da praia do Atalaia; Costa (2013) avaliou a distribuição de minerais pesados

na Praia do Atalaia; e Leite (2010) verificou a estratigrafia das dunas costeiras do município. Nos aspectos socioeconômicos, Cavalcante (2001), Brito (2004) e Marinho (2009), abordaram os reflexos da expansão urbana em Salinópolis.

O município é um dos mais populosos e frequentados por turistas no NE do Pará. Do ponto de vista urbanístico, o maior problema atual são as ocupações imobiliárias irregulares em áreas de risco sujeitas a erosão costeira.

É visivelmente conhecido que o desenvolvimento turístico, ao longo da costa de Salinópolis, contribui para o crescimento urbano.

Segundo Fonseca (2007), o turismo que desencadeia os processos de urbanização faz-se, sobretudo, em localidades de praia ou em linhas de costa contíguas e com “boa vista de mar”. O aumento da população local gera frequentemente poluição. Quanto às praias, que se encontram associadas a campo dunares, por exemplo, consequências erosivas são geralmente de maior amplitude devido à maior devastação da vegetação natural das dunas pelas atividades de veraneio. A ocupação das ZC’s acelera, regra geral, a sua erosão e promove a respectiva degradação.

O aumento do turismo faz com que muitas áreas de patrimônio da união sejam compradas. Os moradores vendem suas casas para pessoas vindas de outras regiões, que vêm ali um potencial de investimento e fonte de renda, visando à construção de pousadas e outros grandes empreendimentos (BURDA *et al.*, 2007).

Estas situações socioambientais estão presentes no município de Salinópolis, sendo intensa a especulação imobiliária e hoteleira, especialmente em áreas de dunas, e residências de veraneio sobre os terraços que limitam a linha de costa. Nos locais onde os efeitos da interferência humana são mais consolidados, o forte problema de erosão costeira em virtude da hidrodinâmica, do avanço do nível médio do mar e da devastação dos ecossistemas de proteção costeiros (construções irregulares sobre os mesmos), tem acarretado impactos expressivos a nível paisagístico e socioeconômico.

Esta tese de doutorado justifica-se no argumento de que “o monitoramento da morfologia, sedimentologia e hidrodinâmica na interface linha de costa-oceano das cidades litorâneas, bem como as implicações da urbanização (relação ocupação humana X ambientes costeiros), devem ser contínuos, minimizando a ocorrência de novos prejuízos sócioeconômicos e ambientais”.

## 1.2. QUESTIONAMENTOS E HIPÓTESES

Salinópolis possui uma costa bastante diversificada quanto às características naturais e antrópicas. Ao longo da costa há setores naturais, com urbanização consolidada e outros em expansão, além de diferentes tipos de unidades fisiográficas limitando praias com granulometria pouco variável.

Questiona-se essa variabilidade sedimentar das praias adjacentes à distintas unidades fisiográficas (falésias, dunas, manguezais e estruturas de contenção de erosão).

Questiona-se também como é o padrão da circulação costeira dos sedimentos na faixa de praias oceânicas, e se trechos da costa abrigados da alta energia hidrodinâmica são mais ocupados (urbanizados) que os trechos mais expostos.

Para tanto, as seguintes hipóteses são apresentadas:

Hipótese 1: a distribuição granulométrica na faixa de praias é resultante não somente da interação dos processos físicos com as diferentes unidades fisiográficas presentes na linha de costa, mas também relacionada com a ausência delas pela interferência humana, criando condições erosivas e a alteração do curso natural dos processos morfodinâmicos.

Hipótese 2: a costa de Salinópolis, caracterizada pelo domínio de macromarés, apresenta um padrão de circulação costeira característico do NE do Pará, onde a corrente de maré é a principal forçante do trânsito de sedimentos. No caso de Salinópolis, predomina a corrente de maré enchente.

Hipótese 3: em função da urbanização consolidada em áreas mais abrigadas, como nas proximidades dos rios Sampaio e Urindeua, as áreas mais expostas da costa (praias, dunas costeiras, manguezais) vêm sendo cada vez mais ocupadas, contudo de forma desordenada.

## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1. Objetivo Geral

Analisar a morfodinâmica costeira e as relações com o trânsito de sedimentos e o uso da costa nas praias oceânicas de Salinópolis.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Analisar a sazonalidade das alterações morfodinâmicas atuais nas praias da Corvina, Maçarico, Farol Velho e Atalaia durante um ciclo hidrológico (2013);



- Avaliar as variações da linha de costa de Salinópolis no trecho Corvina-Atalaia durante o período de 1988 a 2013;
- Analisar o comportamento do trânsito costeiro de sedimentos sobre os setores oeste, central e leste de Salinópolis, dando ênfase aos locais mais urbanizados;
- Classificar e compartimentar a costa de Salinópolis em termos de urbanização no trecho Corvina-Atalaia e na interface linha de costa-oceano;
- Relacionar o comportamento morfodinâmico das praias e as condições oceanográficas (hidrodinâmica costeira) com a vulnerabilidade da costa à erosão e a segurança ao banhista;

#### 1.4. ESTRUTURA DA TESE

A tese de doutorado é composta de 5 artigos submetidos, sendo estruturada da seguinte maneira: **Capítulo 1:** parte introdutória onde estão contidos o referencial teórico, a justificativa, a proposta, os questionamentos, as hipóteses e os objetivos da tese; **Capítulo 2:** apresentação da área de estudo e das características das praias oceânicas de Salinópolis; **Capítulo 3:** Metodologia da tese; **Capítulo 4:** 1º artigo (Comportamento Morfosedimentar Sazonal das Praias Oceânicas de Salinópolis – Costa Nordeste do Pará, Brasil) submetido à Revista *Geociências*; **Capítulo 5:** 2º artigo (Classificação Morfodinâmica e Efeitos da Variabilidade Climática Sazonal nas Praias de Macromarés de Salinópolis, Costa Amazônica, Brasil) a ser submetido à Revista *Estuaries and Coasts*; **Capítulo 6:** 3º artigo (Efeito da Carga Sedimentar Estuarina na Evolução da Linha de Costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil) submetido à Revista *Pesquisas em Geociências*; **Capítulo 7:** 4º artigo (Aspectos da Hidrodinâmica e Trânsito Costeiro de Sedimentos sobre as Praias Oceânicas de Salinópolis, Costa Amazônica, Brasil) submetido à *Brazilian Journal of Geology*; **Capítulo 8:** 5º artigo (Condição Oceanográfica, Uso e Ocupação da Linha de Costa de Salinópolis (Setor Corvina – Atalaia), Nordeste do Pará, Brasil) submetido à Revista de Gestão Costeira Integrada; **Capítulo 9:** Considerações Finais da tese; **Capítulo 10:** Referências.

#### 1.5. APOIO FINANCEIRO

O apoio financeiro provém dos seguintes projetos de pesquisas:

- Avaliação das Correntes Oceânicas e Correntes de Maré para Aproveitamento Energético na Costa Brasileira – UFPA/UFRJ/COPPE – Coordenador: Maâmar El Robrini. Financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

- Gestão de Orlas Estuarinas Amazônicas (Características Físicas) – Responsável: Maâmar El Robrini. Financiado pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG).

## 1.6. REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 1.6.1. Praias de Macromarés

Segundo Short (1999), as praias ocorrem em todas as latitudes, climas, amplitudes de marés e tipos de costas. Este autor amplifica o conceito de praia quando define que a extensão e características das praias arenosas são dependentes da altura e período de onda, tamanho do grão, forma da praia, mas também da variação de maré. Esta última é a principal condicionante do transporte de sedimentos em praias de macromarés (amplitude >4 m).

Não há um padrão de nomenclatura para os ambientes praias, feições e processos associados, nas literaturas internacional e brasileira. No entanto, foi utilizada a nomenclatura e divisão do perfil praias adotada por Davis (1985) para a zonação hidrodinâmica, e o perfil sugerido por Souza Filho *et al.* (2003) para a zonação morfológica em praias de macromarés.

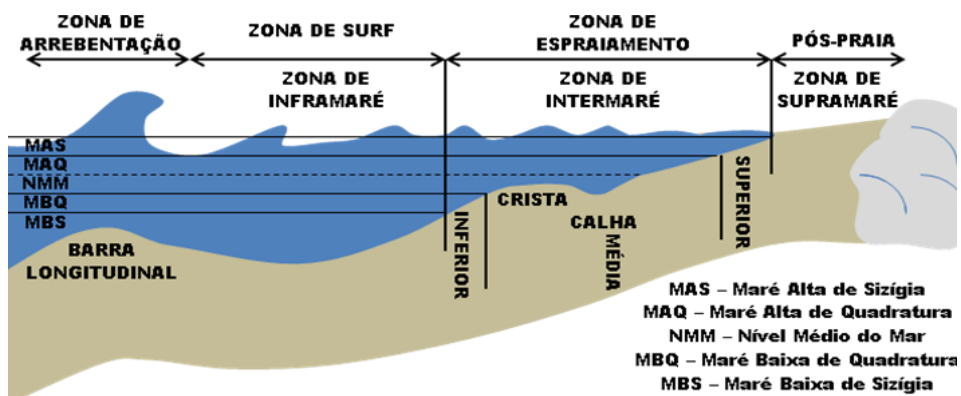
#### ***Zonação Hidrodinâmica de Praia*** (Figura 1) (DAVIS, 1985):

- *Zona de Espreamento*: nesta ocorrem o fluxo e refluxo de ondas, a propagação das ondas antes da baixa-mar, e os transportes eólico, transversal e longitudinal de sedimentos;
- *Zona de Surf*: nesta ocorre a dissipação energética das ondas que quebram nas proximidades da costa na *Zona de Arrebentação*, e os transportes transversal e longitudinal de sedimentos.

#### ***Zonação Morfológica de Praia*** (Figura 1) (SOUZA FILHO *et al.*, 2003):

- *Zona de Supramaré* (Pós-praia): zona limitada da linha de maré alta de sizígia até onde há mudança na fisiografia, como a ocorrência de vegetação, costão rochoso, dunas, podendo estar inseridas nesta zona feições como o berma ou dunas frontais. Nesta zona ocorre o transporte eólico de sedimentos;

- *Zona de Intermaré*: zona limitada entre as linhas de maré alta e baixa de sizígia, onde ocorrem os transportes eólico, transversal e longitudinal de sedimentos;
- *Zona de Inframaré*: zona limitada entre a linha de baixa-mar de sizígia, estendendo-se costa a fora até onde há mobilidade de sedimentos. Zona onde ocorrem os transportes transversal e longitudinal de sedimentos.



**Figura 1** – Diagrama do perfil de praias de meso-macromarés segundo a hidrodinâmica e a morfologia, de acordo com Davis (1985) e Souza Filho *et al* (2003), respectivamente.

De acordo com Bascom (1951), em uma mesma praia, o tamanho do grão e a declividade aumentam conforme a exposição da praia. Os grãos maiores são encontrados em pontos de máxima turbulência (maior energia de ondas) e o tamanho dos grãos tende a diminuir com o decréscimo da turbulência.

Desta forma, quanto maior a altura da onda, maior seria a capacidade dos sedimentos finos serem transportados para outras regiões e dos sedimentos mais grossos permanecerem no local. Contudo, Wrigth & Short (1984) e Short (1999) estabeleceram uma relação inversa entre a altura de onda e o tamanho do grão, pois como se explicaria a presença de sedimentos finos em praias dissipativas, as quais possuem elevada altura de onda, e a presença de sedimentos grossos em praias reflectivas, com baixa altura de onda? (BRAGA, 2007).

Segundo Wrigth & Short (1984) e Short (1999), praias com areias finas apresentam baixa declividade ( $1^\circ$  a  $3^\circ$ ) na zona de espriamento, maior zona de *surf* e potencialmente mais areias removidas. Já as praias com areia média a grossa possuem maior declividade e menor quantidade de areia sendo movimentada na estreita zona de *surf*.

Quanto à variação sazonal da morfo-sedimentação de praias de macromarés (dissipativas), Braga (2007) enfatizou que as mesmas podem perder areia para o transporte mar afora durante a estação mais chuvosa, quando os estuários e canais de marés apresentam um maior volume de água e as ondas tendem a ser mais energéticas que as da estação menos chuvosa, resultando na formação de barras arenosas localizadas a centenas de metros costa afora, orientadas paralelamente a linha de costa.

Durante os períodos menos chuvosos, a massa de água na zona de espraiamento, possui menor quantidade de energia turbulenta, sendo que as areias removidas para trás da zona de arrebatção tendem a migrar novamente, agora em direção a zona de espraiamento (MASSELINK & SHORT, 1993).

### 1.6.2. Morfodinâmica de Praias Arenosas

Wright & Short (1984) classificaram as praias da Austrália em seis estados morfodinâmicos (Figura 2): dissipativo e refletivo e quatro estágios intermediários.

Segundo Wright & Short (1984), o *estado dissipativo* é caracterizado pela alta energia de onda, com larga zona de *surf*, composta por dois ou mais bancos (Figura 2a). A praia apresenta baixo gradiente topográfico. Este tipo de praia ocorre sob condições de ondas de alta energia e de elevada esbeltez (classificadas como deslizantes) e na presença de areia de granulometria fina, que permite um alto potencial de transporte de sedimento eólico e, conseqüentemente, dunas frontais bem desenvolvidas (SHORT & HESP, 1982). As praias dominadas por macromarés apresentam este estado morfodinâmico.

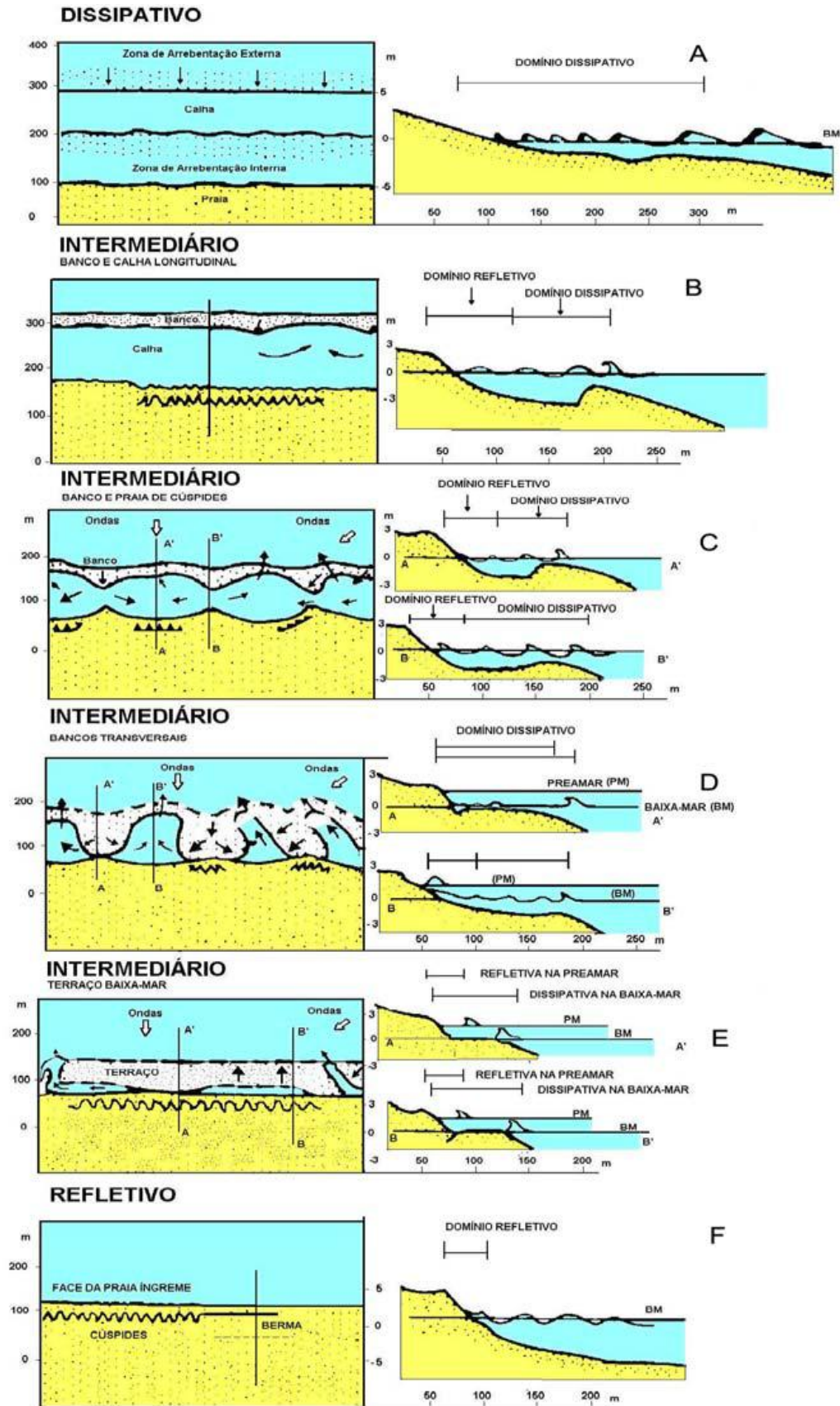
O *estado refletivo* (Figura 2f) é caracterizado por elevados gradientes de praia e fundo marinho adjacente, o que reduz sensivelmente a largura da zona de *surf*. Tende a prevalecer em praias fortemente compartimentadas, em zonas protegidas entre promontórios, na presença de areias grossas ou após longos períodos de acresção. A reserva de areia se encontra, principalmente, na parte subaérea da praia, com pouca areia depositada na parte submarina. Tal fato faz com que mesmo em condições de energia reduzida, induzam erosão subaérea. A arrebatção predominante neste estágio é do tipo ascendente (*surging*) e mergulhante (*plunging*) (CALLIARI *et al.*, 2003). A berma da praia é elevada devido à velocidade de espraiamento da onda que se dá sobre as areias grossas, limitando assim, o transporte eólico e as dunas frontais que se apresentam pequenas ou inexistentes (MUEHE, 2001a).

Os *estágios intermediários* podem ter tanto condições de praia dissipativa, durante as tempestades, como de praia refletiva, durante as calmarias, mas geralmente representam a transição entre os dois (OLIVEIRA, 2009).

Os *estágios intermediários banco e calha longitudinal (LBT)* (Figura 2b) e *banco e praia rítmicos (RBB) ou cúspides* (Figura 2c), podem se desenvolver a partir de um perfil dissipativo numa sequência acrescional. No primeiro as correntes longitudinais à costa transportam sedimentos colocados em suspensão pelas ondas incidentes, podendo movê-los vários quilômetros através do processo conhecido como deriva litorânea. Em praias interrompidas por obstáculos, tais efeitos são claramente notados. No segundo predominam correntes de retorno, caracterizadas por fluxos estreitos, posicionado normal ou obliquamente em relação à costa (KOMAR, 1976).

O *estágio intermediário bancos transversal e rip (TBR)* (Figura 2d), caracterizado por mega cúspides ou bancos dispostos transversalmente à praia e fortes correntes de retorno se desenvolvem, preferencialmente, em sequências acrescionais quando as extremidades dos bancos, em forma de cúspide, se soldam à face praial (CALLIARI *et al.*, 2003)

O *estágio intermediário terraço de baixa-mar (TBM)* (Figura 2e) caracteriza-se por uma face relativamente íngreme, conectada do nível de baixa-mar a um terraço plano. Representa o momento em que o banco se conecta à face praial (WRIGHT & SHORT, 1984). É o tipo intermediário com menor nível de energia.

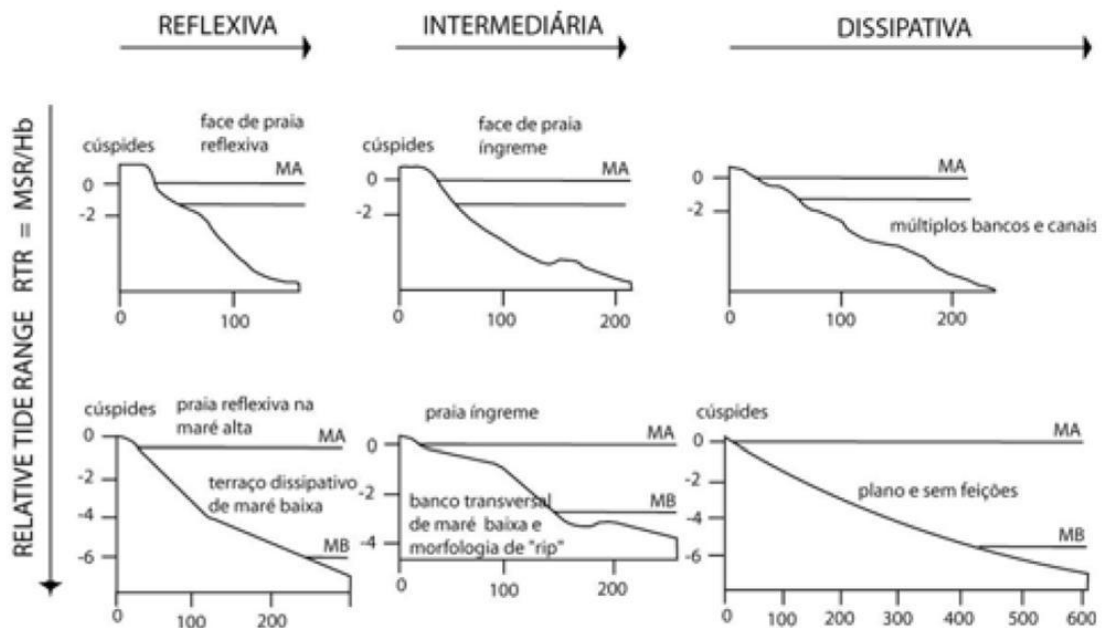


**Figura 2** – Modelo evolutivo dos perfis praias baseado na caracterização de seis estágios.

**Fonte:** Sabaini (2005); Muehe (1996 modificado de WRIGHT & SHORT, 1984).

Masselink & Short (1993) ampliaram as idéias de Wright & Short (1984) passando a considerar também os efeitos relativos das marés na morfologia das praias (Figura 3), já que Wright & Short (1984) determinaram os estados morfodinâmicos de praias arenosas dominadas por ondas sujeitas a um regime de micromarés, ou seja, pouca influência da maré.

De acordo com Masselink & Turner (1999), com o aumento da variação relativa das marés (*Relative Tide Range*, RTR), as praias reflexivas (refletivas) gradam para praias de terraço de baixamar com correntes de retorno e praias de terraço de baixamar sem correntes de retorno; praias intermediárias com barreiras gradam para praias com morfologia de correntes de retorno/banco no nível de baixamar; praias dissipativas com barras submersas produzidas por RTR baixo gradam para praias dissipativas sem barras; e praias dissipativas sem barras e correntes de retorno gradam para praias ultradissipativas (RTR >7). Quando o RTR é >15, a praia inicia transição para planície de maré, que se estabelece quando o RTR >>15.



**Figura 3** – Classificação dos estados morfodinâmicos de praias considerando a variação relativa das marés.

**Fonte:** Souza *et al.* (2005 modificado de MASSELINK & TURNER, 1999 e MASSELINK & SHORT, 1993).

### 1.6.3. Transporte Litorâneo e Distribuição Sedimentar

Os processos de transporte sedimentar litorâneo estão subdivididos em três partes principais: eólico, longitudinal e transversal.

*O transporte eólico* é responsável pelo retrabalhamento dos sedimentos depositados na face praial em função do transporte transversal. Segundo Villwock *et al.* (2005), depois que a areia movimentada por ondas e correntes é depositada na praia, sendo exposta ao ar, ela seca e é movimentada pelos ventos. Grandes quantidades de areia são transportadas por saltação ou arraste ao longo da costa.

Nas costas em que os ventos dominantes sopram do mar, grandes volumes de areia são levados da praia e acumulados em campos de dunas (VILLWOCK, 1987). Desta forma, em muitas praias onde os ventos são fortes suficientes e onde há uma pista de vento extensa, é comum existirem dunas, especialmente dunas embrionárias e frontais desenvolvidas, segundo Guimarães (2005), próximas ao limite de maré alta, devido à areia trazida pelo vento se acumular ao encontrar algum obstáculo pelo caminho.

Para o transporte que ocorre dentro d'água, na zona de arrebentação, de *surf* e na zona do espraçamento, tem-se o *transporte longitudinal e transversal* de sedimentos.

Segundo Fontoura (2004), quanto à região o transporte se divide em movimentos na zona de arrebentação e movimentos na zona de espraçamento. Quanto à direção o transporte é subdividido em transversal e longitudinal. O primeiro, também conhecido como deriva praial, representa os movimentos no perfil praial ora no sentido continente-oceano (*onshore-offshore*) ora no sentido contrário, através dos quais a morfologia tende a se adaptar a hidrodinâmica reinante. O segundo consiste no encaminhamento longitudinal dos sedimentos costeiros por correntes geradas por ondas. Este tipo de transporte é conhecido também como deriva litorânea.

A deriva costeira representa a somatória da deriva litorânea e praial (SUGUIO, 2003), comportando os dois tipos de transporte que ocorrem entre as zonas de arrebentação e de espraçamento.

Quanto à posição da partícula em relação ao fundo, Fontoura (2004) considera que o transporte pode ser dividido em arrastamento no fundo e em suspensão. O transporte por arraste de fundo é caracterizado pelo movimento das partículas junto ao fundo através de rolamento, deslizamento e saltos, dentro da qual as partículas rolam, deslizam e saltam por distâncias correspondentes a alguns diâmetros da partícula média. Já no transporte por suspensão, os sedimentos colocados em suspensão pelo cisalhamento das correntes no fundo e



pela ação mecânica e turbulência gerada pela quebra das ondas são transportados pela corrente longitudinal.

Na região onde a chegada das ondas alcança o fundo (zona de arrebenção), as partículas de areia (material de fundo) iniciam o movimento oscilatório devido à ação das ondas, transportando material por arrasto. Na zona de *surf*, a arrebenção das ondas intensifica a turbulência do fluido em movimento, disponibilizando assim, grande quantidade de sedimentos em suspensão, sendo facilmente transportado paralelamente à linha de costa pelas correntes longitudinais, ou em direção ao mar pelas correntes de retorno (HORIKAWA, 1972).

Cornish (1898) apontou que o transporte de sedimentos em direção ao continente, é mais efetivo com os sedimentos mais grossos. As areias mais finas e o silte, por outro lado, tendem a se moverem numa distância quase igual em ambas as direções (*onshore-offshore*). Desta forma, grãos mais finos tendem a ficar em direção ao mar. As correntes de retorno (*rips*) representam outros importantes processos de transporte transversal.

No transporte de sedimentos, ao longo da costa, Komar (1977) propôs que o aumento do tamanho dos grãos de areia é relacionado à maior velocidade da corrente, que possibilita transporte de fundo. Quando a velocidade da corrente diminui, o transporte é feito por suspensão, atuando apenas sobre os sedimentos mais finos, de diâmetros menores, o que gera uma tendência à diminuição do diâmetro no sentido do transporte de sedimentos pela corrente longitudinal.

#### **1.6.4. Gerenciamento Costeiro**

Ações de gerenciamento costeiro vêm sendo implantadas em todo mundo devido à grande importância dada nas últimas décadas ao tema Mudanças Climáticas, incluindo a elevação do nível do mar e as variações espaciais da linha de costa, constituindo-se um sério problema à sociedade atual e levando há uma maior preocupação com o ordenamento territorial das cidades litorâneas.

Entretanto, são ainda embrionárias as políticas de gerenciamento costeiro no Brasil que focaliza ao ordenamento territorial. Segundo Souza (2009), as políticas de planejamento e ordenamento territorial pouco têm incorporado os conhecimentos científicos disponíveis sobre o tema, resultando, muitas vezes, no desperdício de recursos públicos com obras de engenharia costeira que acabam não cumprindo seu papel, mas acelerando a erosão e aumentando as situações de risco e a vulnerabilidade de pessoas e bens ao processo.

Apesar disto, programas como o Projeto Orla são implantados no Brasil na busca por instrumentos para o ordenamento territorial. Este projeto prevê uma metodologia de treinamento de gestores locais, para cada município selecionado, voltada à elaboração de um Plano de Intervenção da Orla Marítima, com base no reconhecimento das características naturais, nos tipos de uso e ocupação existentes e projetados. Concluído esse processo, o município habilita-se a celebrar um Convênio com a Secretaria do Patrimônio da União (SPU), de modo a assumir as tarefas de fiscalização e de gerenciamento do uso e ocupação da Orla Marítima (basicamente os Terrenos de Marinha), originariamente de competência daquela Secretaria. Os recursos foreiros arrecadados sobre essas áreas da União, à luz desse Convênio, passam então a ser direcionados em favor do município, em até 50 % (SOBRINHO, 2006).

Segundo este autor, um dos fundamentos do Projeto Orla é a classificação e o enquadramento da Orla Marítima, considerando o padrão de qualidade ambiental que se deseja atingir e/ou manter ao longo do tempo, segundo classes de trechos da Orla, subclasses (tipologias da orla) e estratégias de ação (Quadro 1).

Segundo o texto do decreto nº 5.300/2004, a orla pode ser classificada em três classes quanto a sua utilização e conservação, segundo o quadro orientador de classificação da orla marítima: Orlas Naturais ou Classe A, Orlas em Processo de Urbanização ou Classe B e Orlas com Urbanização Consolidada ou Classe C.

TIPOLOGIA	CLASSES	ESTRATÉGIAS DE INTERVENÇÃO PREDOMINANTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- abrigada não urbanizada</li> <li>- exposta não urbanizada</li> <li>- semi-abrigada não urbanizada</li> <li>- especial não urbanizada</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>CLASSE A</b></p> <p>Trecho da orla marítima com atividades compatíveis com a preservação e conservação das características e funções naturais; possui correlação com os tipos que apresentam baixíssima ocupação, com paisagens com alto grau de conservação e baixo potencial de poluição.</p>	<p style="text-align: center;"><b>PREVENTIVA</b></p> <p>Pressupondo a adoção de ações para conservação das características naturais existentes.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- abrigada em processo de urbanização</li> <li>- exposta em processo de urbanização</li> <li style="padding-left: 20px;">- semi-abrigada em processo de urbanização</li> <li>- especial em processo de urbanização</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>CLASSE B</b></p> <p>Trecho da orla marítima com atividades compatíveis com a conservação da qualidade ambiental ou baixo potencial de impacto; possui correlação com os tipos que apresentam baixo a médio adensamento de construções e população residente, com indícios de ocupação recente, paisagens parcialmente modificadas pela atividade humana e médio potencial de poluição.</p>	<p style="text-align: center;"><b>CONTROLE</b></p> <p>Pressupondo a adoção de ações para usos sustentáveis e manutenção da qualidade ambiental.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- abrigada com urbanização consolidada</li> <li>- exposta com urbanização consolidada</li> <li style="padding-left: 20px;">- semi-abrigada com urbanização consolidada</li> <li>- especial com urbanização consolidada</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>CLASSE C</b></p> <p>Trecho da orla marítima com atividades pouco exigentes quanto aos padrões de qualidade ou compatíveis com um maior potencial impactante; possui correlação com os tipos que apresentam médio a alto adensamento de construções e população residente, com paisagens modificadas pela atividade humana, multiplicidade de usos e alto potencial de poluição sanitária, estética e visual.</p>	<p style="text-align: center;"><b>CORRETIVA</b></p> <p>Pressupondo a adoção de ações para controle e monitoramento dos usos e da qualidade ambiental.</p>

**Quadro 1** – Quadro orientador para classificação da Orla Marítima.

**Fonte:** Brasil (2004).

Além do Ordenamento Territorial, outro tema de grande relevância no âmbito do gerenciamento costeiro, e que vem se transformando num problema emergencial, é a Erosão Costeira. Para Komar (1983) a erosão costeira é o resultado de uma complexa interação entre os processos físicos, bem como de movimentos combinados de águas induzidos pelas ondas incidentes e de tempestades, marés e correntes litorâneas, interagindo com a costa.

As causas da erosão costeira no Brasil são atribuídas a uma gama de fatores naturais e a diversas intervenções antrópicas na Zona Costeira (Quadro 2).

CAUSAS NATURAIS DA EROSÃO COSTEIRA			
1	Dinâmica de circulação costeira: presença de zonas de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea em determinados locais mais ou menos fixos da linha de costa (efeito "foco estável").	7	Inversões na deriva litorânea resultante causada por fenômenos climáticos-meteorológicos intensos: sistemas frontais, ciclones extratropicais e a atuação intensa do "El Niño/ENSO".
2	Morfodinâmica praial: praias intermediárias têm maior mobilidade e suscetibilidade à erosão costeira, seguidas das reflexivas de alta energia, dissipativas de alta energia, reflexivas de baixa energia, dissipativas de baixa energia e ultradissipativas.	8	Elevações do nível relativo do mar de curto período devido a efeitos combinados da atuação de sistemas frontais e ciclones extratropicais, marés astronômicas de sizígia e elevações sazonais do NM, resultando nos mesmos processos da elevação de NM de longo período.
3	Aporte sedimentar atual naturalmente ineficiente ou ausência de fontes de areias.	9	Efeitos atuais da elevação do nível relativo do mar durante o último século, em taxas de até 30 cm: forte erosão com retrogradação da linha de costa.
4	Fisiografia Costeira: irregularidades na linha de costa (mudanças bruscas na orientação, promontórios rochosos e cabos inconsolidados) dispersando as correntes e sedimentos para o largo; praias que recebem maior impacto de ondas de maior energia.	10	Efeitos secundários da elevação de nível do mar de longo período: Regra de Bruun e migração do perfil praial rumo ao continente.
5	Presença de amplas zonas de transporte ou trânsito de sedimentos (by-pass), contribuindo para a não permanência dos sedimentos em certos segmentos de praia.	11	Evolução quaternária das planícies costeiras: balanço sedimentar de longo prazo negativo e dinâmica e circulação costeira atuante na época.
6	Armadilhas de sedimentos e migração lateral: desembocaduras fluviais ou canais de maré; efeito "molhe hidráulico"; depósitos de sobrelavagem; obstáculos fora da praia (barras arenosas, ilhas, parciais, arenitos de praia e recifes).	12	Balanço sedimentar atual negativo originado por processos naturais individuais ou combinados
		13	Fatores Tectônicos: subsidências e soerguimentos da planície costeira.

(A)

CAUSAS ANTRÓPICAS DA EROSIÃO COSTEIRA	
14	Urbanização da orla, com destruição de dunas e/ou impermeabilização de terraços marinhos holocênicos e eventual ocupação da pós-praia.
15	Implantação de estruturas rígidas ou flexíveis, paralelas ou transversais à linha de costa: espigões, molhes de pedra, enrocamentos, píers, quebramares, muros, etc., para "proteção costeira" ou contenção/mitigação de processos erosivos costeiros ou outros fins; canais de drenagem artificiais.
16	Armadilhas de sedimentos associadas à implantação de estruturas artificiais, devido à interrupção de células de deriva litorânea e formação de pequenas células.
17	Retirada de areia de praia por mineração e/ou limpeza pública, resultando em déficit sedimentar na praia e/ou praias vizinhas.
18	Mineração de areias fluviais e desassoreamento de desembocaduras; dragagens em canais de maré e na plataforma continental: diminuição/perda das fontes de sedimentos para as praias.
19	Conversão de terrenos naturais da planície costeira em áreas urbanas (manguezais, planícies fluviais/ e lagunares, pântanos e áreas inundadas) provocando impermeabilização dos terrenos e mudanças no padrão de drenagem costeira (perda de fontes de sedimentos).
20	Balanco sedimentar atual negativo decorrente de intervenções antrópicas.

(B)

**Quadro 2** – Causas naturais (A) e antrópicas (B) da erosão costeira no Brasil.

**Fonte:** Souza *et al.* (2005); Souza (2009).

No Estado do Pará, trabalhos referentes à erosão costeira ainda são poucos, mas já foram descritos por alguns autores, a exemplo de El-Robrini *et al.* (2006). Os perfis praias levantados por estes autores na Zona Costeira Estuarina Paraense (ZCEP) indicam que as praias estão sendo afetadas em maiores proporções por processos erosivos, decorrentes, principalmente, da ação das marés de sizígia, que amplificam a energia das ondas e geram fortes correntes que retrabalham as areias removidas da linha de costa. Quanto à acresção

sedimentar, estes autores destacam que ocorre em zonas de praia próximas às margens de canais de marés e deltas de maré vazante que funcionam como armadilha de sedimentos, propiciando o suprimento e a deposição dos mesmos, protegendo estas zonas dos processos de erosão.

#### 1.6.4.1. Gerenciamento Costeiro no Estado do Pará

Segundo Szlafsztein (2009), o Estado do Pará estabeleceu na sua política ambiental (Lei Estadual nº 5587/95) o Programa Estadual de Gerenciamento da Zona Costeira (GERCO/PA) e tem apresentado, de forma alarmante, um escasso a quase nulo sucesso na implementação deste Programa, demonstrado no pobre suporte da sociedade e das comunidades locais, a falta de coordenação institucional e a carência de disponibilidade de informações e recursos financeiros.

O GERCO/PA foi criado com intuito de planejar e realizar a gestão das atividades socioeconômicas que controlam, conservam e recuperam os recursos naturais e os ecossistemas, e exercem vigilância sobre as fontes de poluição ou outras formas de degradação ambiental que afetam ou podem afetar a ZC (SZLAFSZTEIN, 2009).

O GERCO/PA atualmente tem as seguintes propostas de ações (MMA, 2012):

- Alimentação da base de dados do SEIAM (Sistema Estadual de Informações Ambientais) no que refere aos municípios da zona costeira paraense, nos padrões definidos pelo Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro (SIGERCO);
- Detalhamento do macro-zoneamento, em escalas regionais (1:100.000 ou 1:250.000) dos Setores definidos como Continental Estuarino, Insular Estuarino e Costa Atlântica do Salgado Paraense;
- Apoio técnico aos municípios localizados nos Setores da ZC que apresentam comprometimento ambiental no sentido da elaboração dos planos municipais de gestão;
- Iniciar o Processo de elaboração do Plano Estadual de Gestão integrada da ZC, a partir de Oficina de Planejamento Participativo com representantes do poder público, organizações não-governamentais e setor produtivo dos municípios envolvidos e do Estado (Base do ZEE – Zona Exclusiva Econômica);
- Definição de parâmetros básicos para acompanhamento da qualidade ambiental da Zona Costeira;

- Apoiar a Gerência do Patrimônio da União (GRPU) PA na execução do Projeto Orla no estado do Pará.

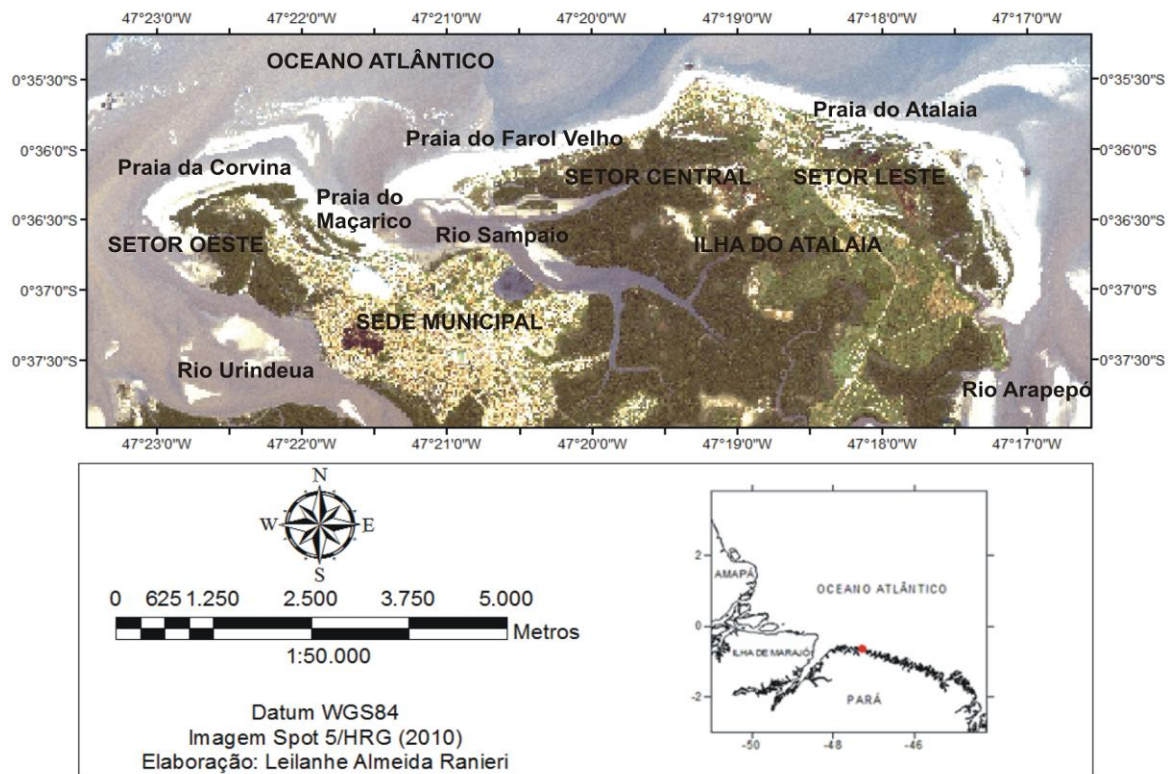
Segundo Santos *et al.* (1999), apesar do litoral do Estado do Pará ser uma área relativamente pouco atingida por processos intensivos de degradação, devem ser mencionados alguns impactos ambientais. São eles para a Costa Atlântica do Salgado Paraense:

- a) Crescimento urbano desordenado de algumas cidades costeiras;
- b) Especulação imobiliária em áreas de preservação permanente;
- c) Existência de uma significativa malha rodoviária de acesso à cidade de Belém e de interligações entre as cidades costeiras e os demais núcleos urbanos da região nordeste do Estado, incluindo à exploração predatória dos recursos naturais;
- d) Implantação inadequada de infraestrutura de acesso (rodovias) às áreas de expressivo potencial turístico (praias), através do aterramento de manguezais;
- e) Pesca e agricultura predatória;
- f) Exploração indiscriminada de minério classe II, (areia, argila, pedra, etc.);
- g) Captura indiscriminadas de caranguejo.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

### 2.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo está localizada no município de Salinópolis, NE do Pará ( $0^{\circ}37'53''S$  e  $47^{\circ}20'46''W$ ). O acesso a Salinópolis é feito a partir de Belém pela BR-316, PA-324 e PA-124. A área foi compartimentada em três setores distintos: Oeste, que abrange a praia da Corvina e Maçarico, sendo a área mais urbanizada; Central, que abrange a praia do Farol Velho, onde há urbanização mais próxima da praia; e o Leste, que abrange a praia do Atalaia e campo de dunas com urbanização em expansão (Figura 4).



**Figura 4** – Mapa de localização da área de estudo mostrando os setores: Oeste (praias da Corvina e Maçarico), Central (praia do Farol Velho) e Leste (praia do Atalaia).

### 2.2. CARACTERÍSTICAS DAS PRAIAS DE SALINÓPOLIS

As praias de Salinópolis apresentam características morfodinâmicas e sedimentológicas de baixa variabilidade. Apesar da relativa semelhança na composição granulométrica, morfologia e processos costeiros reinantes, as praias de Salinópolis apresentam unidades fisiográficas distintas limitando suas linhas de costa, indo desde a presença de planície lamosa a falésias.



A praia da Corvina (Figura 5), localizada ao extremo oeste de Salinópolis, apresenta características de praia oceânica, com declives suaves, ondas deslizantes, granulometria fina a muito fina, limitada por dunas frontais, restinga e manguezais na linha de costa, assim como pelo calçadão do município (Orla do Maçarico).

A praia do Maçarico (Figura 5), que faz conexão com a praia da Corvina, é a praia menos exposta ao oceano aberto dentre as quatro praias estudadas, devido à conexão que faz com a foz do rio Sampaio. Apesar deste fato, a praia do Maçarico apresenta características de praia oceânica, com declives suaves a médios, ondas deslizantes, granulometria grossa a muito fina, limitada por falésias (Formação Barreiras) ao sul, dunas e restinga na linha de costa da praia e pela Orla do Maçarico.

A praia do Farol Velho (Figura 5) é a praia onde ocorrem os maiores impactos sócio-econômicos em função de erosão costeira, visto que há elevada especulação imobiliária bem próxima à praia. Apresenta característica de praia oceânica, com declives suaves, ondas deslizantes, granulometria grossa a muito fina, presença de afloramentos rochosos e limitada por moradias construídas sobre antigos terraços de dunas e à frente de manguezal.

A praia de Atalaia (Figura 5), localizada ao extremo leste de Salinópolis, apresenta características de praia oceânica, com declives suaves, ondas deslizantes, granulometria fina a muito fina, limitada por dunas frontais e permanentes (campo de dunas), e restinga na linha de costa.



**Figura 5** – Praias oceânicas de Salinópolis: Corvina, Maçarico, Farol Velho e Atalaia.

### 2.3. GEOLOGIA REGIONAL

As unidades litoestratigráficas aflorantes no NE do Pará incluem rochas ígneas, metamórficas e sedimentares de idade pré-cambrianas ao Recente (CARVALHO, 2007).

As unidades litoestratigráficas predominantemente são: (a) Formação Pirabas; (b) Formação Barreiras; (c) Sedimentos Pós-Barreiras (Figura 6); e (d) o Recente (Quaternário)

(MÁCOLA & EL-ROBRINI, 2004). A estruturação fisiográfica da região é sustentada pelos sedimentos da Formação Barreiras.

A Formação Pirabas com afloramentos principalmente na região litorânea do NE do Pará é constituída por rochas carbonáticas fossilíferas depositadas durante o Mioceno inferior (LEITE, 2010).

Goés & Truckenbrodt (1980) dividem a Formação Barreiras em três litofácies: argilo-arenosa, arenosa e conglomerática. Já Rossetti *et al.* (1989) conseguiram identificar treze litofácies para os sedimentos da Formação Barreiras e Pós-Barreiras do Nordeste do Pará. Sobre as litofáceis siliciclásticas da Formação Barreiras repousam os depósitos sedimentares do Pós-Barreiras, sendo separados por uma discordância erosiva.

Segundo Rossetti *et al.* (1989), os sedimentos da Formação Barreiras apresentam litofáceis siliciclásticas e os do Pós-Barreiras constituem-se de sedimentos areno-argilosos, mal selecionados, depositados a partir da atuação de movimentos gravitacionais. Costa *et al.* (1991) incluem os depósitos do Pós-Barreiras como pleistocênicos juntamente com o arenito pilões, cujas estruturas sugerem a presença de um paleolitoral com barras arenosas, planícies de maré e pântanos de supramaré.

Sobre os sedimentos do Pós-Barreiras estão os depósitos recentes do Quaternário, representados por sedimentos areno-argilosos da planície aluvionar, estuarina e costeira, ou seja, da cobertura sedimentar recente (holocênica) (MÁCOLA & EL-ROBRINI, 2004).

Sá (1969) afirma que os depósitos recentes do Quaternário são constituídos por areias, seixos e argilas escuras de coloração cinza-amarronzada. Estes sedimentos estão associados à influência de maré, caracterizando as baixadas atuais de rios, mangue e praias.

Idade		Unidades Litoestratigráficas	Seqüências Depositionais
Plioceno - Quaternário		Pós-Barreiras	C
MIOCENO	Superior	Paleossolo laterítico	Sb3
	Médio	Fm. Barreiras Médio/Superior	B
	Inferior	Fm. Barreiras Inferior	A
Oligoceno Superior	Fm. Pirabas	Paleos. Laterítico Bauxítico	Sb1
Cretácio	Grupo Itapecuru		

**Figura 6** – Coluna estratigráfica do NE do Pará (modificado de ROSSETTI, 2001).

**Fonte:** Carvalho (2007).

No município de Salinópolis estão presentes as unidades litoestratigráficas: Formação Pirabas, Formação Barreiras, Sedimentos do Pós-Barreiras (LEITE, 2010) e Recente (Quaternário). A estrutura geológica do município é formada pelos depósitos do Cenozóico que constituem a Formação Barreiras, ocupando a maior distribuição espacial de seu território, e pelas rochas carbonáticas da Formação Pirabas. A presença de falésias deixa evidente os sedimentos da Formação Barreiras e Pós-Barreiras na região do Maçarico, foz do rio Sampaio, reentrâncias das baías que cortam o município, ponta do Cocal (extremo leste do Atalaia) e Cuiarana. Afloramentos rochosos da Formação Pirabas são encontrados expostos na praia do Maçarico e Farol Velho. Ao longo da costa, predominam sedimentos de idade Quaternária (depósitos holocênicos) que compõem as praias, zonas inundáveis e campo de dunas recentes.

#### 2.4. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

No Nordeste do Pará predominam diversas feições geomorfológicas, como extensos depósitos de lama de planície de maré, estuários, baixios, pântanos salinos, *cheniers*, dunas, praias e leques de lavagens associados (SOUZA FILHO, 1995; SOUZA FILHO & EL-ROBRINI, 1996; SANTOS, 1996).

A costa é do tipo estuarina, recortada por amplas reentrâncias (“rias”) e com cobertura interna caracterizada por um manto de faixas arenosas (PALMA, 1979).

De acordo com Barbosa & Pinto (1973), o litoral de “rias” corresponde à faixa de sedimentos recentes associados a uma série de ilhas, bacias e canais, presentes em toda a linha de costa, onde possuem uma direção preferencial NE-SW.

Costa *et al.* (1991) descrevem o relevo do Nordeste do Pará, utilizando os termos: Planície Flúvio-Marinha e Planalto Rebaixado da Amazônia (relevo de maior amplitude).

#### **2.4.1. Planalto Rebaixado da Amazônia**

O Planalto Rebaixado da Amazônia, também conhecido como Planalto ou Tabuleiro Costeiro, corresponde a relevos ondulados, com superfície arrasada e plana, não alcançando mais que 60 m de elevação (COSTA *et al.*, 1991).

O Planalto Rebaixado da Amazônia fica normalmente mais distante da costa devido ao seu relevo elevado, mas é visivelmente reconhecido na linha de costa por falésias, que segundo Silva Junior (1998) apresentam uma superfície plana, formando tabuleiros com vertentes retilíneas e íngremes e podem mostrar uma superfície suavemente ondulada, se caracterizando por apresentar altitudes em torno de 25 m.

#### **2.4.2. Planície Flúvio-Marinha**

De acordo com Mácola & El-Robrini (2004), esta unidade regional é compartimentada em três unidades geomorfológicas: (a) planície aluvial, com canal fluvial, diques marginais e planície de inundação; (b) planície estuarina, com canal estuarino, subdividido em curso superior, segmento reto, segmento meandrante e funil estuarino; e (c) planície costeira, com ambientes de pântano salino (interno e externo), planície de maré (manguezais de supramaré, intermaré e inframaré), planície arenosa com baixios de maré, dunas costeiras ativas e inativas, deltas de maré enchente e vazante, praias-barreiras (“barrier-beach ridge”) e *cheniers*.

##### ***Planície Aluvial***

A planície aluvial é representada por canais fluviais encaixados no planalto costeiro, por planícies de inundação limitadas por diques marginais e planalto costeiro, ou limitadas pela planície estuarina. Segundo Silva (1998), corresponde a uma área inundada periodicamente pelo transbordamento dos rios e por diques marginais (*levees*), elevações longitudinais construídas acima das planícies de inundação e adjacentes a canais fluviais.

### ***Planície Estuarina***

De acordo com Silva (1998), a Planície Estuarina é limitada ao norte, pela Planície Costeira, onde os processos marinhos dominam, e ao sul, pela Planície Aluvial (SOUZA FILHO & EL-ROBRINI, 1996), sendo representada pelos estuários e baías que atravessam a planície costeira até desaguiarem no oceano.

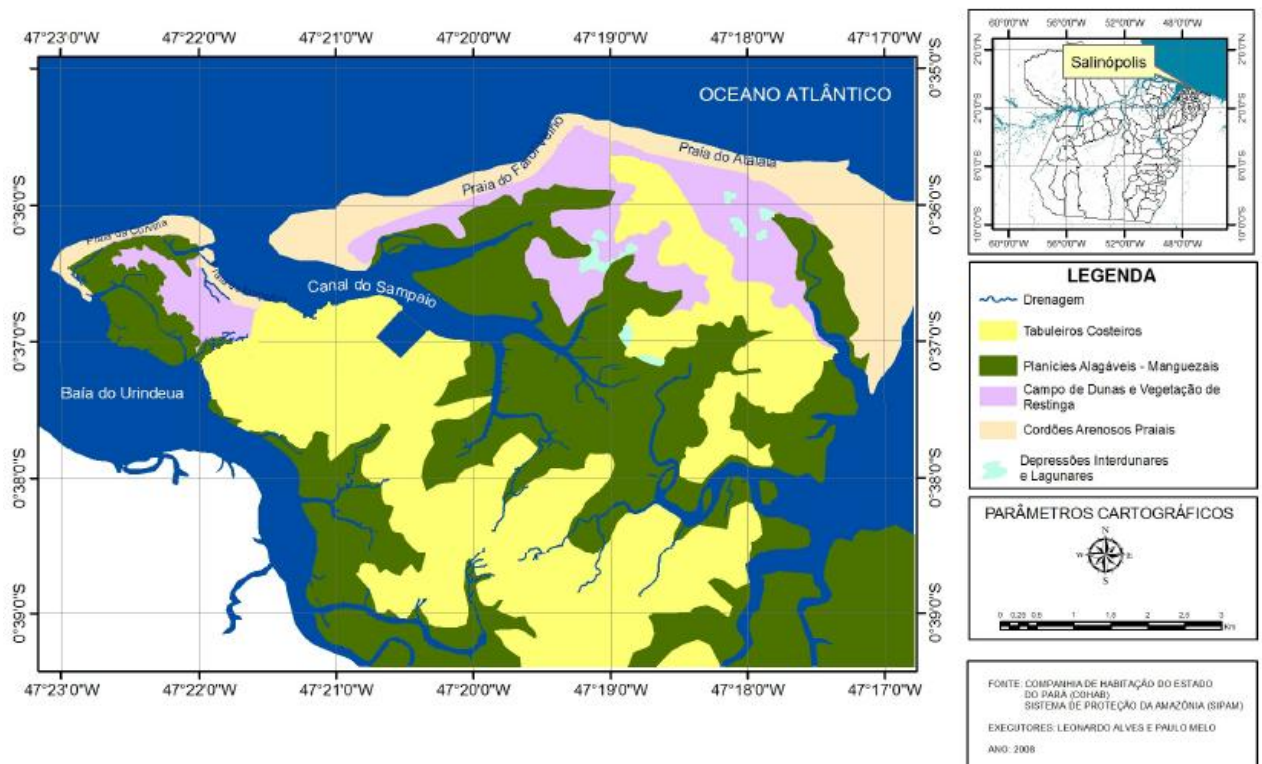
### ***Planície Costeira***

A planície costeira é recortada por baías e extensas áreas de planície de maré e manguezais (FRANZINELLI, 1992). Segundo Souza Filho (1995), os subambientes de manguezais, planícies arenosas, dunas costeiras ativas e inativas, deltas de marés e praias-barreiras estão inseridos na planície costeira. Além desses, os pântanos e *cheniers*.

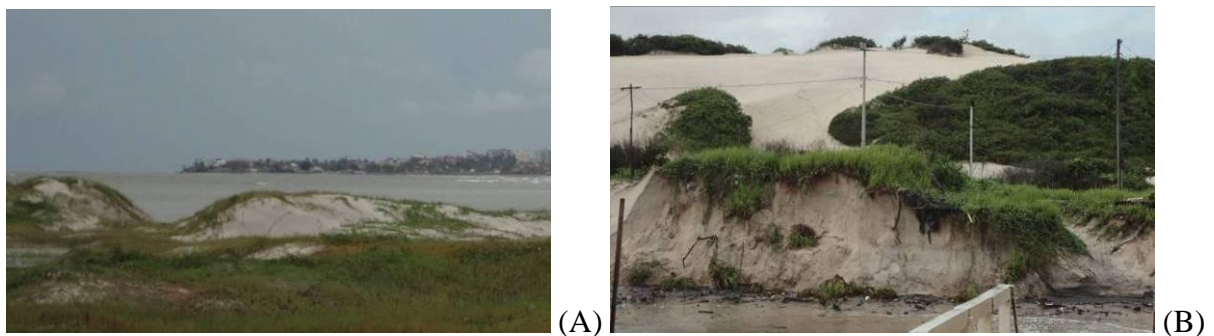
Para Silva Junior (1998), a planície costeira corresponde aos depósitos arenosos e argilosos pleistocênicos e holocênicos, e limitada ao sul pelo planalto costeiro e planície estuarina, e ao norte, pelo Oceano Atlântico.

Na planície costeira de Salinópolis são identificadas as seguintes sub-unidades morfológicas (LEITE, 2010): campo de dunas, paleodunas, praias-barreiras, sistema de lagos, planície arenosa e manguezais (Figura 7). Além da presença de barras arenosas e deltas de maré.

Na interface linha de costa-praia, as dunas se destacam. Sendo dunas frontais nos setores oeste (praia da Corvina e do Maçarico) (Figura 8a) e leste (praia do Atalaia). Além de campo de dunas costeiras robustas, parcialmente estabilizadas pela vegetação neste último setor (Figura 8b).



**Figura 7** – Mapa da base geomorfológica de Salinópolis. A ocupação humana se estabelece especialmente sobre o planalto (tabuleiro) costeiro e depósitos holocênicos de dunas, atualmente com paisagem natural alterada pela urbanização. Modificado de Marinho (2009) e Melo (2008).



**Figura 8** – Dunas frontais presentes na linha de costa da praia do Maçarico (A) e campo de dunas costeiras na zona de pós-praia na ilha do Atalaia (B). Fotografias retiradas em 28/04/2013;

## 2.5. ASPECTOS CLIMÁTICOS/METEOROLÓGICOS

O clima no NE do Pará é do tipo Am (Tropical Úmido), que é caracterizado por ser quente e úmido (Clima Equatorial Amazônico), de acordo com a classificação de Köppen

(1948). A Umidade Relativa do Ar (Média Anual) varia em torno de 80 % a 90 %, indicando assim, uma alta taxa de umidade na região (MARTINS & LUZ, 2004). A temperatura apresenta média de 27 °C (CPTEC, 2014).

O clima é grandemente influenciado pela variabilidade climática natural que ocorre nos oceanos Pacífico e Atlântico.

De acordo com Silva (2010), o Oceano Pacífico influencia a variabilidade da precipitação amazônica interanual através do El Niño-Oscilação Sul (ENOS), o qual é um fenômeno de grande escala resultante de duas componentes, uma oceânica (aquecimento ou resfriamento das águas no Oceano Pacífico Tropical) e outra atmosférica (alteração da circulação atmosférica e deslocamento da região de máxima atividade convectiva). Na fase quente do ENOS (El Niño) o deslocamento da região de máxima atividade convectiva se dá do Pacífico Oeste para o Central, e na fase fria (La Niña) este deslocamento é para oeste. Os eventos mais intensos de El Niño foram os ocorridos nos anos de 1982, 1987 e 1998, destacando o El Niño ocorrido entre os anos de 1997/98, o qual foi considerado o evento mais intenso do século passado, produzindo anomalias de temperatura do ar de cerca de 0,8 °C e o La Niña de 1984/85, com um resfriamento de - 0,5 °C (CHRISTY & SPENCER, 2004).

Além da influência da variabilidade interanual que ocorre no oceano Pacífico através do ENOS, a que se considerar a variabilidade interanual que ocorre no Oceano Atlântico Tropical, conhecida como Dipolo do Atlântico, os quais mostraram um padrão de anomalias da TSM sobre o oceano Atlântico Tropical (SILVA, 2010).

Segundo De Souza (1997), a manifestação do modo de Dipolo no Atlântico, agindo em conjunto com os padrões anômalos de pressão ao nível médio do mar (PNM) e vento superficial constituem os principais fatores dinâmicos e termodinâmicos que modulam a intensidade e o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no Atlântico Equatorial (SILVA, 2010).

### **2.5.1. Precipitação**

A região NE do Pará está situada no Hemisfério Sul (HS), contudo por estar localizada próxima à Linha do Equador, apresenta particularidades climáticas, tendo um inverno (verão e outono no HS) e um verão (inverno e primavera no HS) amazônico ao longo do ano.

Há um período menos chuvoso (de junho a novembro) e outro mais chuvoso (dezembro a maio) (Figura 9). Segundo Martorano *et al.* (1993), a época de maiores concentrações de chuvas fica entre fevereiro e abril, com um máximo de 216 dias de Sol ao

ano e mínimo de 200 dias de insolação. Particularmente no município de Salinópolis, a precipitação é de cerca de 2.800 mm (ANA, 2013).

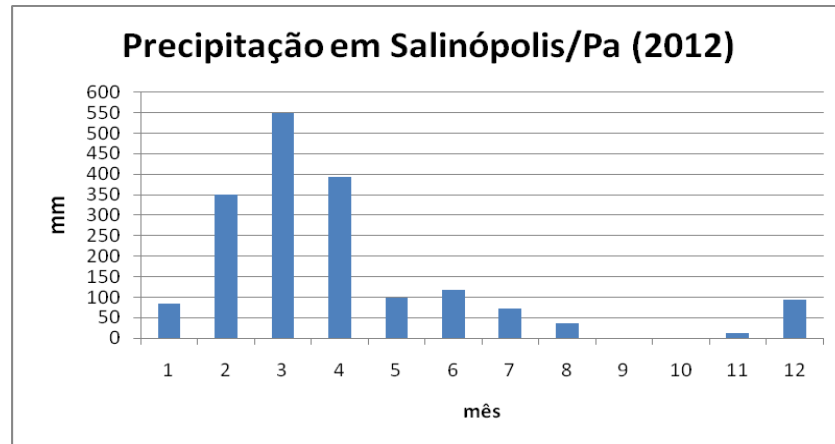
A precipitação é determinada pela influência de vários sistemas atmosféricos que variam desde a escala convectiva a escala sinótica: Linhas de Instabilidade (LI); Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); Ondas de Leste (OL); Sistemas de Brisas (marítima e terrestre). A região é afetada ainda, em períodos intervalares, pelos fenômenos El Niño e La Niña, causando desta forma, modificação no regime de precipitação da mesma (COHEN, 1996).

O ciclo anual das chuvas na Amazônia Oriental é marcado pelo movimento migratório latitudinal da ZCIT sobre o Atlântico Equatorial. As LI são as que produzem intensas precipitações na região. O regime de precipitação da Amazônia é ainda determinado, pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Alta da Bolívia (AB) (SILVA, 2010).

Os impactos na região norte do Brasil pelo El Niño são a diminuição da precipitação e secas, enquanto que, os impactos causados na mesma região pela La Niña são o aumento de precipitação e maior vazão dos rios. Ambos os impactos são mais perceptíveis nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, no entanto, a partir destes fenômenos pode-se definir se o restante do ano será mais chuvoso ou mais seco (ex. se a precipitação for mais intensa nos primeiros meses do ano, o verão amazônico será mais rigoroso também) (MARENGO & NOBRE, 2009; CORRÊA, 2011).

Durante o período menos chuvoso amazônico, com a diminuição de precipitação na região, o continente fica mais aquecido, implicando num diferencial de temperatura maior entre o continente e o oceano, aumentando assim, a brisa marítima. Com o aumento de precipitação durante o período chuvoso, diminui o contraste térmico entre o continente e o oceano, influenciando na menor intensidade da brisa marítima (MÁCOLA & EL-ROBRINI, 2004). Durante a noite, o continente esfria-se mais rapidamente que o oceano, e o vento passa a soprar do continente em direção ao oceano, substituindo-se neste turno a brisa terrestre.





**Figura 9** – Precipitação mensal registrada no ano de 2012 no município de Salinópolis.

**Fonte:** ANA (2013).

Albuquerque *et al.* (2010) analisaram a distribuição espacial da precipitação climatológica anual para as mesorregiões do estado do Pará, no período de 1978 a 2008 e constataram que os maiores índices pluviométricos estão concentrados no Nordeste Paraense, com precipitação superior a 2.000 mm. Este fato é explicado pela influência de sistemas de grande-escala como a ZCIT, forte convecção local, aglomerados de *Cumulunimbus* e por estar localizada às proximidades de áreas litorâneas.

Considerando que um fenômeno climático ou a combinação de fenômenos podem estar presentes durante alguns meses do ano provocando comportamento específico durante determinadas estações, os mesmos autores também analisaram a climatologia sazonal da precipitação.

A época menos chuvosa ocorre durante o inverno e a primavera, pois a ZCIT desloca-se para o Hemisfério Norte, assim, predominam as chuvas de caráter convectivo na forma de pancadas de chuvas isoladas. As mesorregiões localizadas no Nordeste Paraense apresentam seus menores índices pluviométricos na primavera (Setembro-Outubro-Novembro). Já a época chuvosa inicia-se em dezembro e tem duração de cinco a seis meses, sendo o outono o período mais chuvoso em todas as mesorregiões paraense, fato que é justificado pela intensificação dos efeitos locais associados à presença da ZCIT (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010).

Na análise sazonal da distribuição espacial da precipitação para o trimestre de Dezembro-Janeiro-Fevereiro, observa-se acentuados índices de precipitação em todas as mesorregiões do estado, caracterizando o início do período chuvoso determinado pela chegada da ZCIT que coincide com a época de maior ocorrência da ZCAS e AB. Para o

trimestre Março-Abril-Maio nota-se que as mesorregiões localizadas no Nordeste Paraense são as que apresentam maior índice pluviométrico entre as demais mesorregiões do estado. Este alto índice de precipitação está associado à posição da ZCIT que se desloca mais ao Hemisfério Sul neste período (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010).

### 2.5.2. Ventos

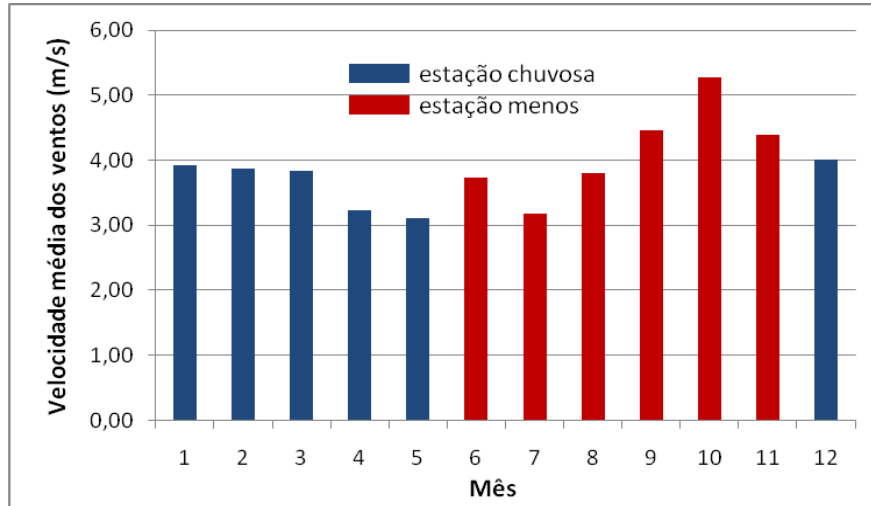
O regime de ventos dominante no NE do Pará é representado pelos alísios de NE que atuam continuamente durante o ano todo, com máximo de dezembro a março, quando se somam aos alísios de SE. Estes são responsáveis pelo transporte de sedimentos da plataforma continental interna em direção a costa (GEYER *et al.*, 1996).

Durante o período menos chuvoso, os ventos predominantes na ZC do Pará fluem na maior parte de norte-nordeste, enquanto que no período mais chuvoso, fluem na direção leste-nordeste (Figura 11), associado ao deslocamento da ZCIT para o Hemisfério Sul.

A velocidade do vento aumenta com a proximidade do litoral, devido ao efeito de brisa acentuado. Entre os dois tipos de brisas – Marítima e Terrestre, a brisa marítima é a mais intensa. Durante o período mais chuvoso, os ventos da brisa marítima são menos fortes, devido ao aumento de precipitação na região diminuir o contraste térmico entre o continente e o oceano, pois neste período, o continente fica menos aquecido. Durante o período menos chuvoso ocorre o contrário, e com a diminuição de precipitação na região, o continente fica mais aquecido, implicando num diferencial de temperatura maior entre o continente e o oceano, aumentando assim, a velocidade do vento no NE do Pará (MÁCOLA & EL-ROBRINI, 2004).

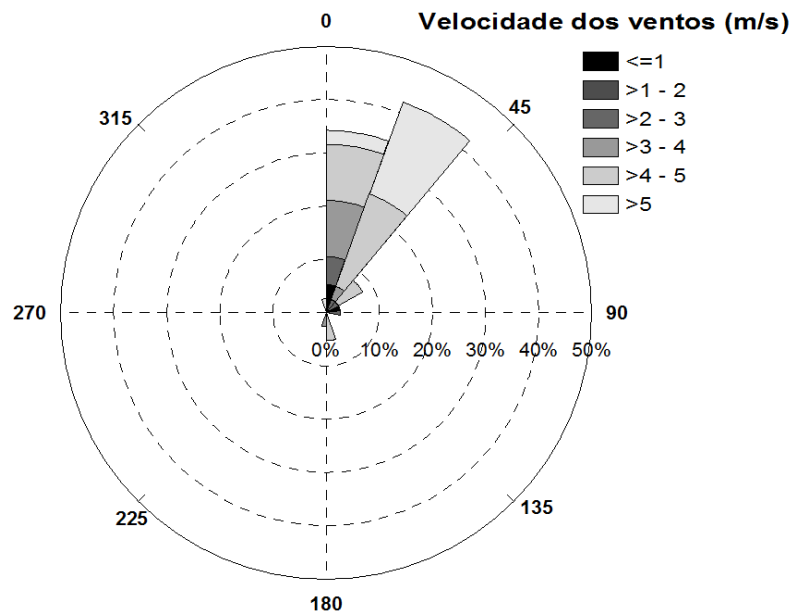
A partir de dados da estação SYNOP (Estação de superfície terrestre) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pode-se observar que a velocidade dos ventos em 2013 no município de Salinópolis foi em média 4,10 m/s (CPTEC, 2014) (Figuras 10 e 11), sendo a variação predominante da direção de 20 a 30°, incidência dos ventos alísios de NE (0-90°) (Figura 11).

Sazonalmente, os ventos são mais intensos na estação menos chuvosa (Figura 10), entretanto, estes se intensificam diariamente pela parte da tarde (Figura 12).



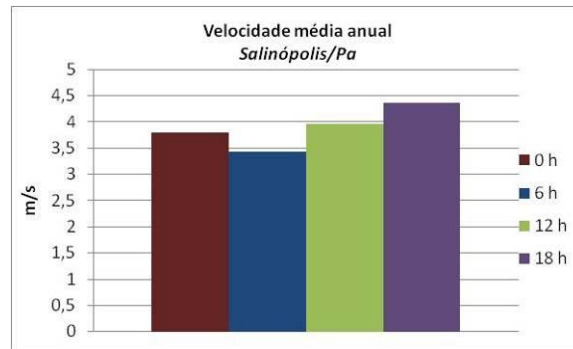
**Figura 10** – Velocidade dos ventos mensal registrada no município de Salinópolis em 2013.

**Fonte:** CPTEC (2014).



**Figura 11** – Direção e velocidade predominante dos ventos registrada no ano de 2013 no município de Salinópolis.

**Fonte:** CPTEC (2014).



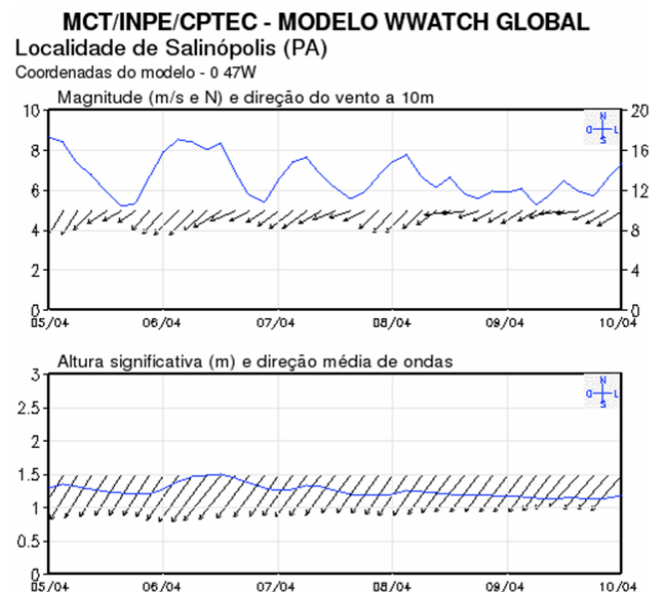
**Figura 12** – Velocidade média anual dos ventos a cada 6 h em Salinópolis, ano de 2013.

**Fonte:** CPTEC (2014).

## 2.6. ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS

O NE do Pará sofre influência das ondas formadas a partir dos ventos alísios. Estes cruzam a plataforma continental em direção a sudoeste, gerando “trends” de ondas incidentes, que associados a morfologia de fundo, ocasionam correntes de deriva litorânea para noroeste (GEYER *et al.*, 1996).

Segundo CPTEC (2013), a altura de onda em águas profundas no município de Salinópolis varia de 0,5 a 1,5 m (Figura 13).

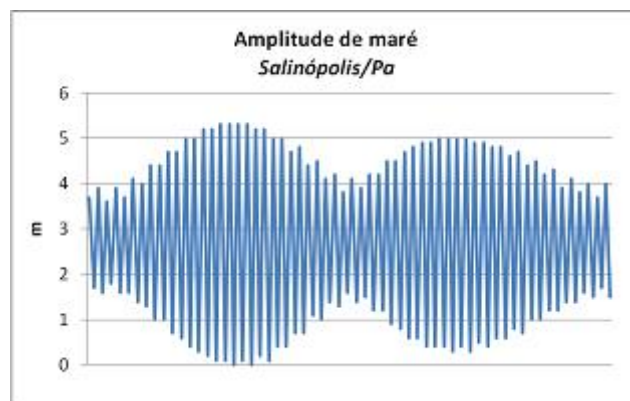


**Figura 13** – Magnitude, direção dos ventos, altura e direção média de ondas modelada para o município de Salinópolis.

**Fonte:** CPTEC, 2013.

Na zona de arrebentação das praias da Corvina, Farol Velho e Atalaia, ou seja, em águas rasas, estas ondas alcançam 0,5 m a 1,05 m de altura, segundo as medições realizadas no presente trabalho.

No NE do Pará ocorrem meso-macromarés semidiurnas (amplitudes  $>2\text{m}$  –  $>4\text{m}$ , respectivamente). As marés mais altas ocorrem normalmente em março e abril devido à associação de dois fatores principais: meses de maiores concentrações de chuva e a ocorrência do Equinócio de primavera, podendo a maré alcançar altura próxima a 6 m (Figura 14). Em setembro, durante o Equinócio de outono, as marés também apresentam valores elevados.



**Figura 14** – Amplitude de maré registrada no município de Salinópolis em março de 2013 (mês de marés equinociais). Estação maregráfica: Fundeadouro de Salinópolis.

**Fonte:** DHN (2013).

As correntes de marés são as principais correntes que atuam no NE do Pará. Secundariamente, são as correntes litorâneas resultantes da chegada das ondas à costa. Estas são responsáveis pelo transporte de grandes quantidades de sedimentos da plataforma continental para o litoral (BRAGA, 2007).

A ZC do Pará é influenciada pela Corrente Norte do Brasil (CNB). As correntes de superfície da CNB são afetadas pela intensidade dos ventos alísios de sudeste e, principalmente, de nordeste sobre a região equatorial no Oceano Atlântico.

Quando a ZCIT está mais ao sul ( $\sim 2^{\circ}\text{S}$  – março e abril), o vento torna-se mais fraco sobre o Equador e as correntes de superfície ficam relativamente fracas. Neste período, a CNB situa-se distante da ZC. Quando a ZCIT desloca-se mais ao norte ( $\sim 10^{\circ}\text{N}$  – setembro), os ventos alísios de sudeste intensificam as correntes de superfície, fazendo com que a CNB se aproxime da ZC (SEGUNDO, 2007).

As correntes de maré semidiurnas na região norte têm grande alcance entre a sizígia e a quadratura com velocidade máxima na plataforma continental interna de 2 m/s, durante a maré de sizígia e 0,7 m/s na quadratura. As correntes de superfície na direção noroeste alcançam velocidades superiores a 1,5 m/s. Já nas correntes de fundo, as velocidades variam de 0 a 0,2 m/s (SEGUNDO, 2007).

## 2.7. ASPECTOS AMBIENTAIS

Os manguezais, a vegetação de restinga e as dunas são importantes recursos naturais que contribuem como protetores da costa litorânea contra a ação turbulenta dos processos físicos marinhos, e para conservação do solo e da água. A degradação dos mesmos implica, além da perda de uma diversidade de *habitats*, a perda também de um protetor natural.

Os principais fatores de impacto sobre o meio ambiente no município de Salinópolis são a diminuição das áreas de manguezal, avanço da cunha salina sobre o aquífero, o aumento da erosão costeira, lixo, esgoto sem tratamento, contaminação das águas subterrâneas, conflitos fundiários e ocupações irregulares em área de proteção costeira, especialmente na ilha do Atalaia, onde os efeitos da interferência humana estão sendo cada vez mais consolidados, com construções irregulares de hotéis em áreas de dunas e residências de veraneio sobre os terraços que limitam a linha de costa.

Na ilha, a ocupação desordenada ocorre desde a década de 70, com a construção da ponte que interliga a sede do município à ilha (BRITO, 2004; MARINHO, 2009), expondo este sistema costeiro à forte especulação imobiliária sobre áreas antes ocupadas por dunas.

Atualmente, as dunas frontais na praia do Atalaia estão cercadas por atividades degradadoras que implicam na dificuldade de recarga do lençol freático (importante papel das mesmas). Tais atividades são: a retirada das dunas, aterramento, queimadas da vegetação de restinga das mesmas, além do forte problema de erosão costeira em virtude do avanço do nível médio do mar. Na linha de costa há o recuo periódico de barracas (bares e restaurante) para as dunas, e atrás das dunas são intensos os loteamentos.

Apesar da intensa especulação imobiliária e hoteleira ter contribuído para as transformações socioambientais em Salinópolis, a ação dos processos erosivos provocados pelos agentes dinâmicos costeiros é muito mais expressiva, se comparada com a intervenção humana (BRITO, 2004). Por isso, para Costa (1992), em Salinópolis, “o impacto ambiental foi muito mais contra o homem do que contra a natureza”.

Outra questão preocupante no município é o turismo que vem se desenvolvendo de forma irregular e descriteriosa do ponto de vista socioambiental, que descaracteriza a faixa litorânea de Salinópolis pela implantação de grandes condomínios e hotéis em loteamentos mal planejados, estes em crescente expansão no município (CAVALCANTE, 2001).

A principal representante do processo de incentivo à atividade turística presente na paisagem da cidade de Salinópolis é o complexo turístico “Orla do Maçarico”. Ao mesmo tempo em que desponta como a principal representante dos investimentos voltados para o turismo, a orla do Maçarico também pode ser apontada como a obra que maiores danos ambientais causou aos ambientes costeiros existentes na cidade. A começar pelo local onde o complexo foi construído, área que corresponde à planície costeira, onde estão presentes algumas unidades morfológicas marcadas por uma dinâmica constante e por ecossistemas frágeis, são elas, praias (Maçarico e Corvina), canais de maré, manguezais, dunas e restingas (MARINHO, 2009).

## 2.8. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Salinópolis é uma das cidades mais antigas do Salgado Paraense. A economia do município, nos seus primórdios, era baseada exclusivamente da retirada do sal das águas salgadas da maré pelos índios Tupinambás, cuja técnica foi aprimorada com a chegada dos padres jesuítas na região por volta do ano de 1700. Com a expulsão dos Jesuítas em 1757, a coroa portuguesa tomou conta da administração das salinas e ampliou sua produção. Foi construído um tanque salineiro na área chamada “baixão”, onde está localizado o lago do Loteamento Atalaia, conhecido como “Lago do Pedalinho” (tombado como patrimônio natural pelo Departamento de Patrimônio Histórico, Artístico e Cultural – DPHAC, vinculado à Secretaria de Estado de Cultura - SECULT). O sal produzido na área era transportado para Portugal e Espanha. Tais benfeitorias originaram o nome da cidade de Salinas, que foi desmembrado do município de Cintra (atual Maracanã) pela lei provincial de nº 1081 de 02 de novembro de 1882 (NUNES, 2012).

O atual nome da cidade, Salinópolis, foi criado muito depois pelo decreto estadual nº 1.081 de 02 de novembro de 1943 (CAVALCANTE, 2001).

Salinópolis, assim como algumas cidades a beira-mar, também apresenta uma nova dinâmica na estrutura espacial que se reflete, principalmente, no modo de vida da população local, basicamente em função do mercado turístico que se instala na região (BRITO, 2004).

O turismo é o principal responsável pelas modificações das relações sócio-espaciais e das atividades que anteriormente mantinham a economia do município, a exemplo da pesca (NUNES, 2012).

A intensificação das políticas públicas voltadas para o turismo a partir da década de 1990 no município de Salinópolis baseia-se no modelo de cidade-mercadoria, pois o Estado passou a atuar de forma empresarial na cidade procurando construir a imagem de uma cidade turística, com o intuito de atrair não só o turista paraense, mas também turistas de outras localidades do Brasil e do mundo (SOUZA, 2012).

Brito (2004) destaca outros itens de aspecto sócio-econômico do município:

- (1) *Quanto a pavimentação*: A pavimentação asfáltica rodoviária para Salinópolis esteve normalmente vinculada ao interesse de estimular cada vez mais, a vinda de veranistas, como também beneficiar empreendimentos que vêm instalando-se na região desde a década de 30. Como exemplo da presença empresarial nesse período, tem-se a construção do primeiro hotel, inicialmente denominado de “Hotel Atlântico” e, atualmente conhecido como Hotel Salinópolis. Foi uma das primeiras obras financiada pelo Estado e que já sinalizava tendências de transformações que o município iria sentir em seu espaço geográfico.
- (2) *Quanto a pesca*: Os rios em Salinópolis também assumem importante papel para a sua economia. Entre outras atividades desenvolvidas neste município, a pesca é considerada uma das mais antigas e tem, ainda hoje, expressiva contribuição para a economia do lugar. Porém a expressiva redução do pescado tem obrigado os vendedores de peixes, na alta estação ou em feriados prolongados, a comprarem o produto em cidades vizinhas, como por exemplo em Vigia, Bragança, devido à oferta do pescado não atender suficientemente a procura. Apesar de esta atividade não oferecer aos pescadores uma renda suficiente para garantir o sustento de seus familiares, ainda assim o número de pescadores tem aumentado.
- (3) *Quanto às atividades agrícolas e a pecuárias*: Estas aparecem como de subsistência, mas não apresentam expoentes que venham ampliar a base da economia do município. A pecuária, por exemplo, não possui expressão suficiente para excluir-se do caráter de subsistência. Já a agricultura apresenta entre os produtos mais cultivados a mandioca, o arroz e o feijão, excluindo do caráter de subsistência apenas a farinha de mandioca e o caju. Vale destacar que o caju aparece como um dos principais produtos, principalmente porque a sua produção passou a ser explorada pela AGRO – INDÚSTRIA DE SALINÓPOLIS S/A –



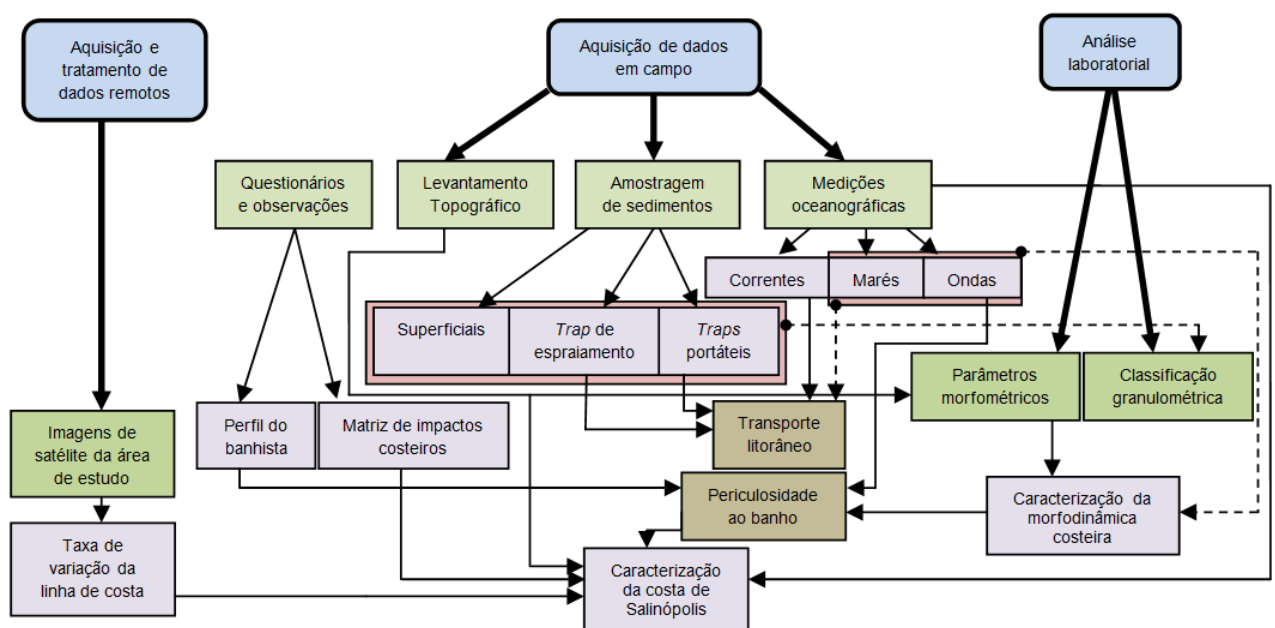
AGRISAL, a partir do projeto aprovado pela antiga SUDAM (através da Resolução no 632, na reunião ordinária de 15 de maio de 1970). A AGRISAL objetivava a exploração agrícola, beneficiamento, industrialização e comercialização, para os mercados interno e externo.

- (4) *Quanto ao comércio*: O comércio no município conta com a presença de bares, restaurantes, supermercados, lojas de materiais de construção, vendedores ambulantes, “shopping de verão”, que apresentam um movimento significativo durante a alta temporada, e além de atender à população local, atende também a população flutuante.

As ações implementadas pelo Estado em Salinópolis (produção de infraestrutura e o projeto AGRISAL) podem ser apontados como o elemento de atração da população rural tanto do município de Salinópolis, quanto de outros municípios próximos, atraída pela possibilidade de emprego na cidade. Desde então, a população urbana cresceu em ritmo acelerado, só que agora motivada pela possibilidade de ocupação em postos de trabalho nos setores de construção civil, turismo e veraneio (caseiro). Entretanto, o crescimento da população urbana não foi acompanhado do crescimento proporcional da oferta de empregos, muito menos da criação de condições de moradias adequadas para a população chegada (MARINHO, 2009).

### 3. METODOLOGIA

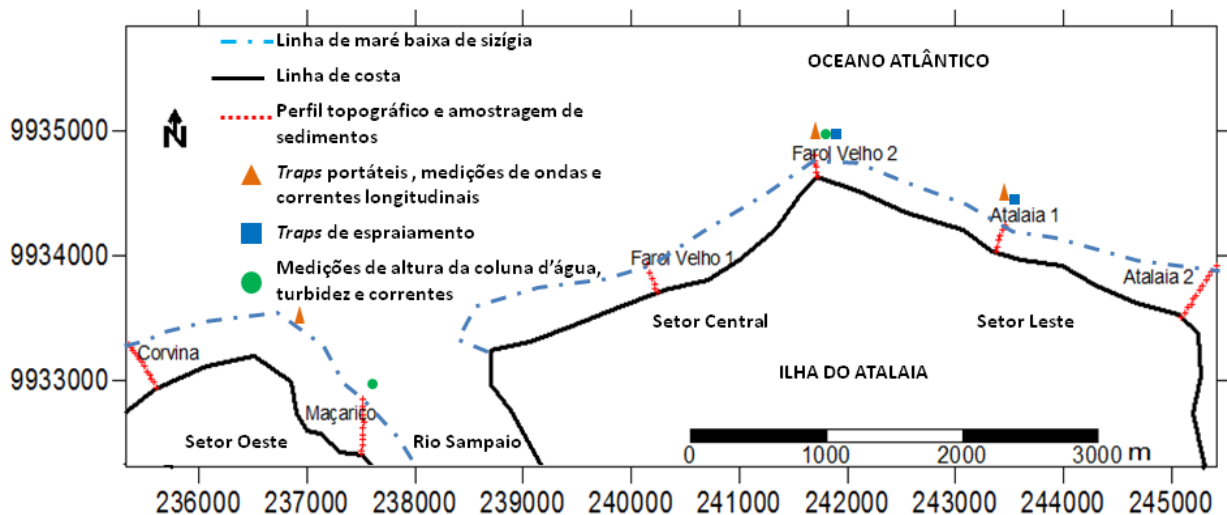
A metodologia consistiu em quatro etapas: (a) *aquisição de dados em campo*, durante 2 campanhas compreendendo um ciclo sazonal; (b) *aquisição e tratamento de dados remotos*: imagens multitemporais (período de 25 anos) do satélite Landsat compreendendo a área de estudo; (c) *análise laboratorial* para o tratamento dos dados adquiridos em campo; e (d) outra *descritiva*, onde os resultados do tratamento dos dados de campo e os remotos foram discutidos no desenvolver da tese e integralizados para a caracterização da costa de Salinópolis (Figura 15).



**Figura 15** – Fluxograma das etapas metodológicas aplicadas na tese.

#### 3.1. TRABALHOS DE CAMPO

Foram realizadas 2 campanhas de campo durante um ciclo hidrológico (26, 27 e 28/04/2013 – estação chuvosa – e 04, 05 e 06/10/2013 – estação menos chuvosa) visando analisar a sazonalidade das mudanças ocorridas nas praias durante curto período. Os trabalhos desempenhados (Figura 16) foram: levantamento topográfico, amostragem de sedimentos, medições oceanográficas nas praias estudadas e aplicação de entrevista/questionário com banhistas.



**Figura 16** – Trabalhos de campo desempenhados nas praias de Salinópolis.

### 3.1.1. Levantamento de Perfil Topográfico

Para a análise das alterações morfológicas das praias da Corvina, Maçarico, Farol Velho e Atalaia foram realizados perfis topográficos com auxílio de Estação Total marca Topcon GTS 212 em cada ponto pré-definido da área de estudo (Figura 16), em todas as campanhas de campo e durante a maré baixa de sizígia. Os perfis foram distantes cerca 1,5 km e tiveram início a partir da linha de costa de cada setor (BIRKEMEIER, 1985), prosseguindo-se transversalmente à linha de costa com leituras da elevação da praia a cada 40 m linearmente, ou onde houvesse mudanças morfológicas significativas, como a presença de afloramentos e canais, encerrando-se na linha de maré baixa de sizígia (Figura 16).

O objetivo no estabelecimento dos perfis topográficos foi de fornecer um arcabouço da morfologia da parte subaérea das praias (zona de espraiamento) e de verificar a tendência erosiva ou progradacional nos 3 setores da costa. Dois perfis por setor foram definidos como estudo de verificação do estado morfodinâmico das praias e a variabilidade morfossedimentar entre a estação chuvosa e menos chuvosa. Para cada setor definiu-se um perfil em local mais urbanizado e outro em local menos urbanizando, possibilitando averiguar se há distinção nas características da morfodinâmica praial por conta da interferência humana e permitindo uma possível discussão sobre este fato, caso ocorra.

Marcos previamente determinados e identificados (barracas, casas, estruturas de concreto) e coordenadas dadas em GPS (*Global Positioning System*) foram utilizados para a identificação dos perfis praias durante o período de coletas.

O levantamento topográfico foi iniciado com a leitura ré de um ponto fixo em cada perfil estudado, pois é necessário haver um mesmo ponto de partida estável para as medições periódicas da topografia.

### 3.1.2. Amostragem de Sedimentos

As coleta de sedimentos superficiais das praias estudadas foram feitas paralelas aos perfis topográficos, em cada ponto de medição da elevação praial (Figura 16), em todas as campanhas de campo e durante a maré baixa de sizígia.

As coletas ocorrem com o uso de tampa de PVC de 5 cm e tiveram início a partir da linha de costa de cada setor até a linha de maré baixa de sizígia.

Após a coleta das amostras de sedimentos, os mesmos foram acondicionados em sacos plásticos de 1 kg previamente identificados com pontos em ordem crescente.

Nos 3 setores estudados foram feitas coletas de sedimentos provenientes do transporte transversal no final de perfis topográficos (zona de inframaré) utilizando-se uma armadilha de espraimento (*Trap* de espraimento: instrumento composto por uma rede de captura de 12,5 cm x 6 cm) (Figura 17a), ora no sentido contrário ao mar, ora no sentido contrário ao continente (Figura 17c). O objetivo foi comparar o volume de sedimentos trazidos e removidos da face praial durante o fluxo e refluxo das ondas (FONTOURA, 2004). Além desta armadilha, também foi aplicado em cada setor, o método dos *traps* portáteis de Kraus (1987) – um conjunto de redes de 63 micrômetros e 15 cm x 9 cm fixado a uma torre de metal de 1,80 m (Figura 17b) posicionada em sentido contrário a corrente longitudinal (Figura 17d) para reter os sedimentos transportados longitudinalmente na zona de *surf*, possibilitando quantificá-los (peso total) e qualificá-los (análise granulométrica) verticalmente, ou seja, ao longo da coluna d'água. O objetivo foi a comparação do experimento nos três setores estudados, visando identificar como é o transporte de sedimentos na área. O tempo de operação para as duas armadilhas foi de aproximadamente 5 minutos, como sugerido por Fontoura (2004), e realizado durante a maré vazante e maré enchente, como sugerido por Ranieri (2011), visto a grande importância do efeito da maré na costa Norte do Brasil.



**Figura 17** – Armadilhas portáteis de coleta de sedimentos. Vista frontal do *trap* de espreiamento (A). Experimentação com *trap* de espreiamento na praia do Farol Velho (B) e com *traps* portáteis na zona de *surf* da praia do Atalaia (C). Suporte com *traps* da zona de *surf*, vista frontal (D). Fotografias retiradas em 28/04/2013.

### 3.1.3. Medições Oceanográficas

Os parâmetros de onda (altura e período) foram observados em cada setor do trecho estudado, através de filmagem da passagem de cristas de ondas consecutivas na torre (suporte) de *traps*. Este último, com dimensões conhecidas, serviu como referência para aplicação de escala dos vídeos e, assim, para obtenção de 1/3 das maiores alturas de ondas ( $H_b$ ) registradas.

Utilizando-se a metodologia proposta por Muehe (2002) para obtenção do período de ondas ( $T$ ), o tempo da passagem das ondas sucessivas filmadas foi dividido pelo número delas.

Para o ângulo de incidência de ondas ( $\alpha$ ), ângulo que as ondas fazem após a arrebentação, um observador na face praial com o auxílio de uma bússola de geólogo verificou a direção de aproximação das ondas na altura da arrebentação.

As medições de parâmetros de ondas foram realizadas com o intuito de fornecer informações da hidrodinâmica costeira em cada setor estudado, de acrescentar dados para

caracterização do trânsito costeiro de sedimentos e como registro necessário para o cálculo do estado morfodinâmico das praias e periculosidade ao banho nas mesmas.

Para verificação do trânsito costeiro de sedimentos sobre a costa oceânica de Salinópolis foram realizados os seguintes procedimentos:

- Medições de altura da coluna d'água, turbidez e correntes na foz do rio Sampaio (praia do Maçarico) e na divisa das praias do Farol Velho e Atalaia através de sondas de pressão com sensor OBS (*Optical Backscatter Sensors*), modelo Infinity-turbi ATU75W-USB, e correntômetro modelo Infinity AEM-USB, emprestados do Laboratório de Análise de Imagens do Trópico Úmido (LAIT). As medições ocorreram em 2 estações fixas nos locais mais urbanizados da costa (Figura 16), um mais abrigado, na foz do Rio Sampaio, e outro na ponta mais exposta ao oceano na costa de Salinópolis. Os locais foram escolhidos devido a maior importância dos mesmos, tanto em função de serem áreas críticas com aparente acreção sedimentar (para a primeira estação) e erosão costeira (para segunda estação), como pelo fato de serem locais mais habitados. Para altura da coluna d'água foram feitas dez medições a cada segundo visando abranger registros de altura de onda e de maré, e os valores de correntes foram registrados a cada 1 minuto. Ambas as medições realizadas durante o período de 12 horas (1 ciclo de maré), com os equipamentos operando em conjunto a partir do estófo de baixa-mar.
- Medições pontuais de intensidade e direção de correntes longitudinais nos 3 setores da costa também foram feitas através de uma bóia de deriva (balão cheio d'água) despejada entre o ponto de quebra de onda e a linha de praia (Figura 18), como sugerido por Fontoura (2004). Foram medidas as distâncias percorridas pela bóia em 1 minuto, sendo estas medidas realizadas duas vezes, durante a maré vazante e enchente, e quando ocorreram as experimentações com os *traps*. As medições pontuais (no tempo e no espaço) de correntes longitudinais foram feitas não somente para identificar o comportamento da deriva litorânea em cada setor, mas também para complementar os dados resultantes dos *traps* portáteis.



**Figura 18** – Medição de intensidade da corrente longitudinal na praia do Farol Velho em 27/04/2013.

## 3.2. PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

### 3.2.1. Classificação Granulométrica dos Sedimentos

No Laboratório de Geologia Marinha foram realizadas separações por peneiramento e com auxílio de centrífuga, das diferentes frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em campo.

Este método inicia-se com a lavagem das amostras e decantação das mesmas. Essa etapa foi realizada três vezes para que houvesse a melhor remoção de sais contidos nas amostras. Depois, as amostras foram secadas em estufa a 60°C até adquirirem condições ideais (secas), e logo após esta etapa, foi feito o quarteamento destas amostras, a seleção de alíquotas de 100g para cada amostra quarteada e peneiramento das mesmas por cerca de 10 min, utilizando-se peneiras com os seguintes intervalos em mm: 0,71 – 0,50 – 0,35 – 0,25 – 0,18 – 0,125 – 0,09 – 0,063 – <0,063. Por fim, as diferentes frações encontradas no processo de peneiramento foram pesadas em balança. As frações de silte e argila foram separadas através de centrífuga.

O objetivo desta metodologia é verificar como é a distribuição granulométrica na área de estudo, que pode ser uma ferramenta de auxílio para dedução do comportamento da circulação costeira na área, por exemplo, setores com sedimentos mais finos normalmente têm uma tendência deposicional, já os com sedimentos mais grosseiros tende a erosão costeira. O emprego de parâmetros estatísticos fornece uma melhor análise da distribuição granulométrica.

Utilizou-se neste trabalho o software *SysGran 3.0* para determinação de parâmetros estatísticos granulométricos (média, seleção, assimetria e curtose) de Folk & Ward (1957) e a

classificação de Wentworth (1922) para definição dos sedimentos arenosos e lamosos (Tabela 1).

Além disso, foi utilizado o software *Surfer 8* da *Golden Software* para geração de mapas de distribuição granulométrica.

**Tabela 1** – Classificação granulométrica de Wentworth (1922) para sedimentos arenosos e lamosos.

Classificação	PHI ( $\Phi$ )	Mm
Areia muito grossa	< -1 a 0	< 2 a 1
Areia grossa	< 0 a 1	< 1 a 0,5
Areia média	< 1 a 2	< 0,5 a 0,25
Areia fina	< 2 a 3	< 0,25 a 0,125
Areia muito fina	< 3 a 4	< 0,125 a 0,0625
Silte grosso	< 4 a 5	< 0,0625 a 0,03125
Silte médio	< 5 a 6	< 0,03125 a 0,0156
Silte fino	< 6 a 7	< 0,0156 a 0,0078
Silte muito fino	< 7 a 8	< 0,0078 a 0,0039
Argila	< 8	< 0,0039

O método de Folk & Ward (1957) consiste na elaboração de uma curva granulométrica a partir do percentual encontrado pelos pesos de cada fração sedimentar. Segundo Muehe (2002), a moda, mediana e a média são valores de tendência central. A *mediana* se situa entre a *moda*, isto é, o valor correspondente à maior frequência de ocorrência de um dado tamanho granulométrico. A *média* é mais afetada pela posição das caudas da curva granulométrica. O *desvio padrão* descreve a dispersão em relação à média. A *assimetria* descreve se a curva é ou não simétrica, e, sendo assimétrica, para que lado se inclina a cauda mais longa da curva. A *curtose* é uma medida de esbeltez da curva de distribuição granulométrica.

As fórmulas propostas por Folk & Ward (1957) são as seguintes:

$$Md = \Phi_{50} \quad (\text{Mediana}) \quad (1)$$

$$Mz = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3} \quad (\text{Média}) \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6,6} \quad (\text{Desvio Padrão}) \quad (3)$$



$$Sk_I = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50} + \Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} - \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)} \quad (\text{Assimetria}) \quad (4)$$

$$K_G = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2,44(\Phi_{75} - \Phi_{25})} \quad (\text{Curtose}) \quad (5)$$

Na tabela 2 são apresentados os intervalos em *phi* para a classificação dos parâmetros estatísticos granulométricos:

**Tabela 2** – Classificação do grau de seleção (A), assimetria (B) e curtose (C), segundo Folk & Ward (1957).

<b>Grau de seleção</b>	<b>Intervalo (phi)</b>
Muito bem selecionado	< 0,35
Bem selecionado	0,35 – 0,50
Moderadamente selecionado	0,50 – 1,00
Mal selecionado	1,00 – 2,00
Muito mal selecionado	2,00 – 4,00
Extremamente mal selecionado	> 4,00

(A)

<b>Assimetria (SkI)</b>	<b>Intervalos</b>
assimetria muito negativa	-1,00 a -0,30
assimetria negativa	-0,30 a -0,10
aproximadamente simétrica	-0,10 a 0,10
assimetria positiva	0,10 a 0,30
assimetria muito positiva	0,30 a 1,00

(B)

<b>Curtose (K<sub>G</sub>)</b>	<b>Intervalos</b>
muito platicúrtica	< 0,67
Platicúrtica	0,67 - 0,90
Mesocúrtica	0,90 - 1,11
Leptocúrtica	1,11 - 1,50
muito leptocúrtica	1,50 - 3,00
Extremamente leptocúrtica	> 3,00

(C)

Fonte: Almeida (2006).

### 3.2.2. Parâmetros Morfométricos e Classificação Morfodinâmica

Em laboratório de modelagem foi utilizado o software *Grapher 8* da *Golden Software* para representação gráfica dos perfis topográficos. Além disso, foi feita a superposição dos

perfis e, posteriormente, o cálculo dos parâmetros morfométricos sugeridos por Short & Hesp (1982): variação do volume sedimentar ( $V_v$ ), declividade da face praial ( $\beta$ ), largura da praia ( $Y_b$ ), desvio padrão da variação da largura da praia ( $\sigma Y_b$ ), coeficiente de variação da linha de costa ( $CVY_b$ ) e velocidade de decantação das partículas sedimentares ( $W_s$ ). Tais parâmetros morfométricos foram calculados com o intuito de relacioná-los aos estados morfodinâmicos, e fornecem detalhamento para a análise da sazonalidade das alterações morfodinâmicas.

Para obtenção do volume sedimentar, expresso em  $m^3$ , o software *Grapher 8* da *Golden Software* verificou automaticamente as mudanças de volume para distâncias comuns a duas superfícies de perfis topográficos.

A declividade da face praial ( $\beta$ ), expressa em graus, é obtida através da fórmula:

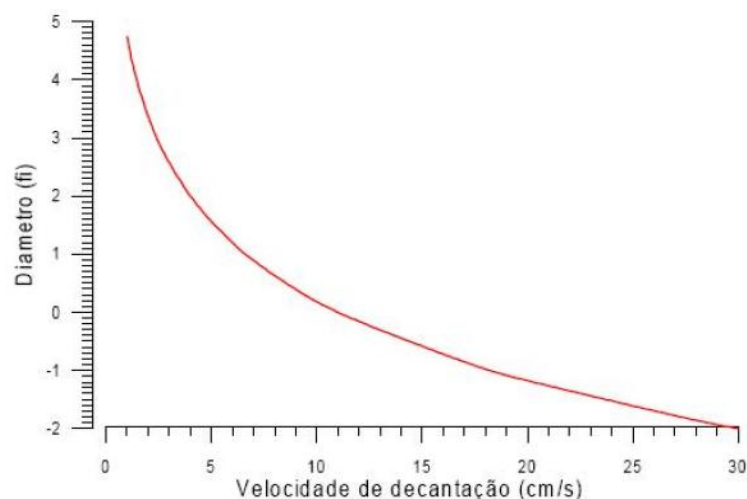
$$\text{Tan}\beta = \text{oposto/adjacente} \quad (6).$$

Onde o dado oposto corresponde à altura e o dado adjacente corresponde à distância entre o máximo e o mínimo valor registrado do perfil topográfico.

O coeficiente de variação da linha de costa ( $CVY_b$ ) foi obtido pela relação entre o índice de mobilidade da praia ( $\sigma Y_b$ ) e a largura da praia ( $Y_b$ ), como sugerido por Oliveira (2009), segundo a fórmula:

$$CVY_b\% = \sigma Y_b / Y_b \times 100 \quad (7).$$

A velocidade de decantação de partículas sedimentares ( $W_s$ ) foi obtida a partir da granulometria média expressa em  $\phi$  (Figura 19), como estabelecido por Dean (1973) e sugerido por Muehe (2002).



**Figura 19** – Velocidade de decantação (cm/s) em função do diâmetro médio ( $\phi$ ).

**Fonte:** Sabaini (2005).

A classificação morfodinâmica utilizada é baseada no modelo sequencial de evolução morfológica proposta por Wright & Short (1984), e Masselink & Short (1993).

Através do parâmetro empírico adimensional ômega ( $\Omega$ ), Wright & Short (1984) relacionaram os estados morfodinâmicos de praia (Tabela 3) às variáveis envolvidas no nível de energia da praia:

$$\Omega = H_b/W_s * T \quad (8).$$

Onde:

$H_b$  é a altura de onda na arrebentação;

$W_s$  é a velocidade de decantação;

$T$  é o período médio de ondas.

**Tabela 3** – Relações de equilíbrio entre estado da praia e  $\Omega$ . Estados intermediários: TMB – Terraço de Baixa-Mar, BTR – Bancos Transversais Rítmicos, BPR – Bancos de Praia Rítmicos e BLC – Banco e Calha Longitudinais.

ESTADO DA PRAIA	$\Omega$	$\sigma$
Refletivo	<1,5	—
TMB	2,4	0,19
BTR	3,15	0,64
BPR	3,50	0,76
BLC	4,7	0,93
Dissipativo	>5,50	—

**Fonte:** Wright & Short 1984.

Considerando-se também os efeitos relativos às marés na morfologia das praias (Tabela 4), será utilizada a expressão sugerida por Masselink & Short (1993):

$$RTR = MSR/H_b \quad (9).$$

Onde:

$RTR$  é a variação relativa da maré (*Relative Tide Range*);

$MSR$  é a variação da maré;

$H_b$  é a altura de onda na arrebentação.

**Tabela 4** – Caracterização dos diferentes tipos de estágios morfodinâmicos a partir do Parâmetro Relativo da Maré.

Amplitude Relativa da Maré	Grupo	Tipo de Praia
RTR<3	Onda dominante	1. Refletivo 2. Intermediária 3. Dissipativa
3<RTR<15 *(2) RTR<7 *(5) RTR<15	Interação onda-maré	4. Terraço de baixa-mar 5. Banco/corrente de baixa-mar 6. Ultradissipativa
RTR>15	Maré dominante	7. Transicional (praia para planície de maré)

**Fonte:** Albuquerque *et al.* (2009). Adaptado de Masselink & Short (1993).

### 3.2.3. Sensoriamento Remoto

As imagens de satélite utilizadas foram adquiridas previamente ortorretificadas, no formato *geotiff*, projeção UTM, zona 23S e datum WGS-84, através dos sites: A) *Global Land Cover Facility* (<http://glcfapp.glc.f.umd.edu>) da Universidade de Maryland – *United States Geological Survey* (USGS), para os anos de 1988 e 2001; B) *LandsatLook Viewer* (<http://landsatlook.usgs.gov>) – USGS, para o ano de 2013.

Nas imagens *Landsat 5 TM (Thematic Mapper)* de 1988 e *Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper)* de 2001 foi utilizada a composição colorida com as bandas 3, 4 e 5, combinação 4R5G3B. Para a imagem *Landsat 8 OLI (Operational Land Imager)*, a combinação utilizada foi com as bandas 4, 5 e 6 (5R6G4B), pois as mesmas correspondem as bandas 3, 4 e 5 dos satélites *Landsat* anteriores. Utilizou-se ainda as bandas 8 pancromáticas das imagens *Landsat 7 ETM+* e *Landsat 8 OLI* para realização de fusão com as imagens coloridas de três bandas dos anos correspondentes (2001 e 2013). A finalidade da fusão de bandas foi a comparação de imagens de melhor resolução (15 m) entre estes dois anos. Detalhes das características das imagens podem ser observados na Tabela 5.

**Tabela 5** – Informações sobre as imagens de satélite utilizadas.

Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Data de aquisição	Resolução espacial (m)	Condição da maré
Landsat 5	TM	223/060	22/07/1988	30	Baixa
Landsat 7	ETM	223/060	03/08/2001	30/15	Alta
Landsat 8	OLI	223/060	28/08/2013	30/15	Baixa

O Processamento Digital das Imagens (PDI) foi realizado no Laboratório de Análise de Imagens do Trópico Úmido (LAIT) da Universidade Federal do Pará (UFPA), mediante o

uso do *software* PCI *Geomatics* 10.2. Exceto a reprojeção das mesmas para o Hemisfério Sul que foi realizada através do *software* *Global Mapper* 12. Devido às imagens já estarem previamente ortorretificadas, foram realizadas apenas as técnicas de correções atmosférica, radiométrica e realce. A correção atmosférica pela subtração dos *pixel's* escuros através do método Chavez Jr. (1996) foi realizada utilizando-se a função *Ariconst* disponível na biblioteca de algoritmos (*Algorithm Librarian*) do *software* PCI *Geomatics* 10.2.

Como as imagens foram adquiridas com resolução radiométrica de 16 *bits* foi realizado o reescalonamento das mesmas para 8 *bits* visando melhorar o contraste das cenas trabalhadas, através da função *Scale* também disponível na biblioteca de algoritmos ) do *software* PCI *Geomatics* 10.2. A técnica de realce por transformação linear foi realizada através da função *Edit LUT*, no qual foi manipulado o histograma de cada banda das imagens utilizadas.

As imagens utilizadas apresentaram correspondência de posicionamento, ou seja, exatidão dos pontos identificados como referência (pontes e cruzamento de ruas) em todas as imagens, dispensando esforços com o georreferenciamento entre elas.

Para interpretação e digitalização visual da LC foram traçados para cada imagem os limites externos sugeridos por França & Souza Filho (2003), limites delimitados pela linha de maré alta de sizígia, que correspondem: A) à linha de contato entre as planícies lamosas cobertas por manguezais e os cordões arenosos duna/praias; B) à linha limítrofe da planície de supramaré coberta por vegetação campestre com os cordões arenosos duna/praias; e C) à linha de falésias em contato com os cordões arenosos praias.

A partir da digitalização da LC para cada ano estudado (1988, 2001 e 2013), gerando arquivos vetoriais no *software* ARCGIS 10, foram calculadas as taxas de variação entre os vetores através da extensão *Digital Shoreline Analysis* (DSAS), proposta por Thieler (2003).

A extensão DSAS 4.3 (*Digital Shoreline Analysis System*) é um aplicativo que melhora as normais funcionalidades do *software* ArcGIS para os estudos de variação da LC, permitindo ao utilizador calcular com maior confiabilidade as taxas de mudanças a partir de uma série de linhas representadas por *polylines* devidamente posicionadas.

A partir da geração de *transectos* ortogonais a uma linha de base determinada pelo usuário (*baseline*), calcula-se a taxa de variação horizontal da LC ao longo do tempo com base em parâmetros estatísticos quantitativos.

Neste trabalho foram utilizados os parâmetros EPR (*End Point Rate*) e NSM (*Net Shoreline Movement*), pois o primeiro calcula a variação dividindo a distância do movimento

pelo tempo decorrido entre duas linhas. O segundo método (NSM) mostra a distância linear entre as LC que tiveram as taxas calculadas.

A finalidade do estudo das variações na linha de costa das praias oceânicas de Salinópolis foi de fornecer a visualização ampla das tendências erosivas e progradaçãois ao longo do tempo (25 anos), e também como objeto de comparação com o estado atual da costa no trecho estudado neste trabalho (Corvina ao Atalaia).

### 3.2.4. Decomposição de vetores de correntes

Para os pontos de medições de correntes de fundo na área de estudo foi utilizado o referencial cartesiano ortogonal plano **Oxy**, onde o eixo **Ox** é orientado longitudinalmente à linha de costa e o **Oy** orientado transversalmente a ela. Para cada ponto, os vetores de velocidade e direção foram decompostos em componentes longitudinais (**u**) e transversais (**v**), de acordo com as orientações do rio Sampaio e da Ponta do Farol Velho, na Ilha do Atalaia. Convencionou-se que os valores positivos da componente longitudinalmente (**u**) está associada a corrente de vazante (jusante) do rio Sampaio e correntes de direção oeste na Ponta do Farol Velho. Os valores negativos correspondem às correntes de enchente (montante) do rio Sampaio e de direção leste na Ponta do Farol Velho.

A decomposição foi efetuada considerando a declinação magnética de área de estudo para o ano de 2013. Na decomposição do vetor velocidade em componentes longitudinal e transversal, em relação ao referencial **Oxy** (Figura 20), seguiram-se as relações trigonométricas (MIRANDA *et al.*, 2002):

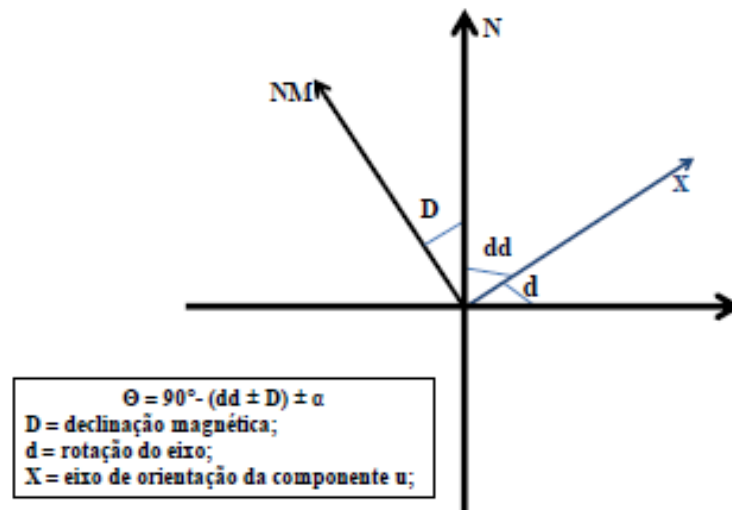
$$u = |\mathbf{V}| \cdot \cos \theta : \text{componente longitudinal (10).}$$

$$v = |\mathbf{V}| \cdot \sin \theta : \text{componente transversal (11).}$$

$\theta$  é expresso como:

$$\theta = 90^\circ - (dd \pm D) \pm d \text{ (12).}$$

Onde **D**: é a declinação magnética (ângulo entre o norte verdadeiro e o magnético), o sinal negativo indica declinação para oeste e o positivo para leste. **dd**: é o ângulo entre o eixo norte magnético e o vetor velocidade **V**, em sentido horário. **d**: rotação do canal: é o ângulo correspondente a rotação horária (+) ou anti-horária (-) necessária para que o eixo **Ox** oriente-se longitudinalmente ao canal. A subtração dos demais ângulos pelo ângulo de 90° indica a mudança de referencial, do eixo das abscissas para o eixo das ordenadas (COSTA, 2014).



**Figura 20** – Decomposição das velocidades das correntes segundo Miranda *et al.* (2002).

### 3.2.5. Cálculo da Taxa de transporte de sedimentos

O fluxo de sedimentos que passa pelos *traps* portáteis é dado por um conjunto de equações (WANG *et al.*, 1998) utilizadas para estimar a taxa de transporte de sedimentos. O fluxo que passa entre duas redes é calculado pela equação (13). O fluxo total  $I$  que passa através de um conjunto de *traps* é calculado pela equação (14).

$$\Delta F_i = \frac{\left( \frac{F_{i+1}}{Z_{i+1}} + \frac{F_{i-1}}{Z_{i-1}} \right) \Delta Z_i}{2} \quad (13)$$

Onde  $\Delta F_i$  é a quantidade de sedimentos que flui no espaço entre dois *traps* adjacentes,  $F_{i+1}$  e  $F_{i-1}$  são as quantidades medidas pelos dois *traps* em questão (superior e inferior), enquanto que  $Z_{i+1}$  e  $Z_{i-1}$  representam a dimensão vertical da boca do *trap* superior e inferior, respectivamente (FONTOURA, 2004).

O fluxo total de sedimentos que passa através de uma estação de medição é dado pela soma dos fluxos individuais ( $F_i$ ) que passam por cada *trap*, somados aos fluxos nos espaços entre cada dois *traps* adjacentes ( $\Delta F_i$ ). O fluxo total é calculado pela equação:

$$I = \sum_{i=1}^N (F_i) + \sum_{i=1}^{N-1} (\Delta F_i) \quad (14)$$

### 3.3. CLASSIFICAÇÃO DA ORLA MARÍTIMA

Foi utilizado o decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, em cada setor da área de estudo (Figura 4), visando a classificação e compartimentação da costa de Salinópolis em

termos de urbanização. Segundo o anexo II deste decreto, a orla pode ser classificada em três classes quanto a sua utilização e conservação (Quadro 1): Orlas Naturais ou Classe A, Orlas em Processo de Urbanização ou Classe B e Orlas com Urbanização Consolidada ou Classe C (BRASIL, 2004).

Segundo o Decreto 5.300/2004, a delimitação da faixa terrestre para os processos de utilização da ZC são: (a) 50 metros contados a partir do limite da praia ou a partir da base do reverso da duna frontal, quando existente, para faixa terrestre urbanizada; (b) 200 metros contados a partir do limite da praia ou a partir da base do reverso da duna frontal, quando existente, para faixa terrestre não urbanizada.

O Decreto 5.300/2004 enquadra diferentes tipos de orla em 3 categorias distintas. Contudo, torna-se necessário a inserção de sub-categorias ao considerar que num litoral extenso e variado como o brasileiro, seja difícil utilizar um pequeno número de categorias. Por isso, pode-se esperar de uma região a outra, ou até mesmo de um trecho de costa a outro dentro de uma mesma região, propostas de tipologias mais específicas para orla marítima, considerando as peculiaridades de cada local, especialmente quanto à variedade natural e social.

Nesta tese utilizou-se os critérios de recuo urbano adotados por Oliveira (2009) em trecho da costa oceânica de Santa Catarina, adaptando alguns desses critérios ao tipo de ocupação existente e características ambientais específicas de Salinópolis.

Salinópolis, diferentemente dos outros municípios da Costa Atlântica do Nordeste do Pará, apresenta urbanização mais densa próxima aos limites de praia. É o único município onde se observa inclusive edificações prediais sobre áreas contíguas à linha de costa. Cerca de 50% da faixa de praias oceânicas de Salinópolis é limitada por área urbanizada e a outra metade ainda apresenta-se conservada.

Por este motivo, adaptando os critérios de Oliveira (2009), para a tipologia de Orla Natural (Classe A), foi utilizado o limite de recuo urbano original do decreto 5.300/2004, sendo este de 200 metros contados a partir do limite da praia.

Para as Classes B e C foram utilizados os mesmos critérios adotados por Oliveira (2009) de recuo urbano (Figura 21), referentes à distância da estrutura urbana da praia atual, e ao tipo de construção, que se refere basicamente a estruturas horizontais e verticais. Contudo, substituiu-se o limite de 33 m para 50 m, ficando de acordo com o decreto 5.300/2004. O limite de 33 m corresponde aos Terrenos de Marinha, medido horizontalmente da posição da linha de preamar média de 1831 em direção ao continente (BRASIL, 1946).

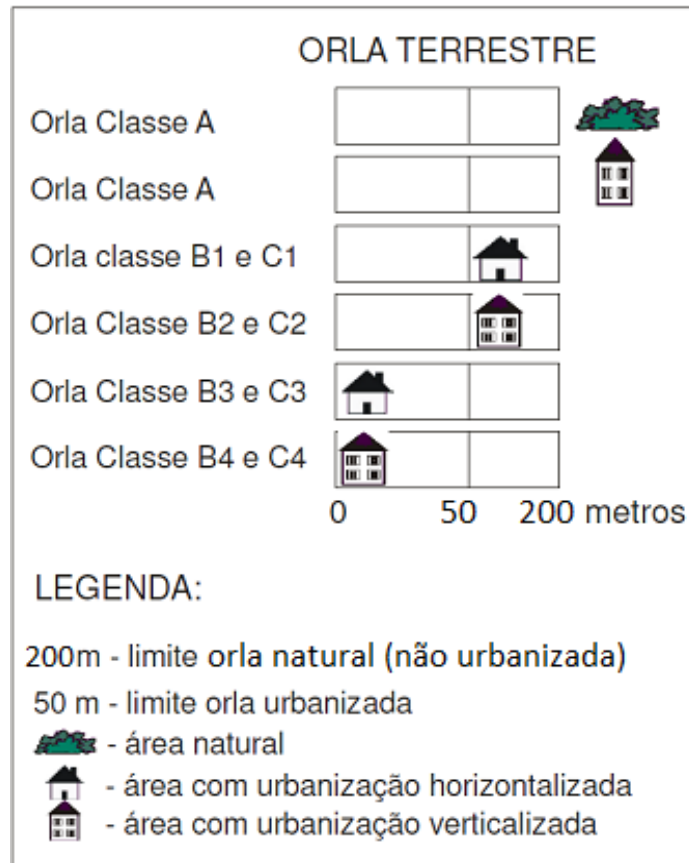


De acordo com Muehe (2001b e 2004), uma vez que os limites dos Terrenos de Marinha foram definidos a partir da linha de preamar média de 1831, não deveriam ser mais mencionado como um possível limite para qualquer medida de não edificação na ZC.

Adotou-se neste trabalho 8 sub-classes complementares às classes B e C do decreto 5.300/2004 (Figura 21), sendo elas, adaptado de Oliveira (2009):

- Orla em processo de urbanização com recuo caracterizado (B1) – Presença de infraestrutura urbana e social e de barreira arquitetônica formada por residências e edificações de até dois andares, construídas a mais de 50 metros da praia atual.
- Orla em processo de urbanização com recuo caracterizado e verticalização de construções (B2) – Presença de infraestrutura urbana, social e de barreira arquitetônica com predomínio de edificações com mais de três andares, construídas a mais de 50 metros da área limítrofe da praia atual.
- Orla em processo de urbanização sem recuo caracterizado (B3) – Presença de infraestrutura urbana e social e de barreira arquitetônica formada por residências e edificações de até dois andares, construídas a menos de 50 metros da área limítrofe da praia atual.
- Orla em processo de urbanização sem recuo caracterizado e com verticalização de construções (B4) – Presença de infraestrutura urbana, social e de barreira arquitetônica com predomínio de edificações com mais de três andares, construídas a menos de 50 metros da área limítrofe da praia atual.
- Orla urbanizada com recuo caracterizado (C1) – Presença de infraestrutura urbana e social e de barreira arquitetônica formada por residências e edificações de até 2 andares, construídas em áreas a mais de 50 metros da praia atual.
- Orla urbanizada com recuo caracterizado e verticalização de construções (C2) – Presença de infraestrutura urbana, social e de barreira arquitetônica com predomínio de edificações com mais de três andares, construídas em áreas a mais de 50 metros da área limítrofe da praia atual.
- Orla urbanizada sem recuo caracterizado (C3) – Presença de infraestrutura urbana e social e de barreira arquitetônica formada por residências e edificações de dois andares ou menos, construídas em áreas a menos de 50 metros da praia atual.

- Orla urbanizada sem recuo caracterizado e com verticalização de construções (C4) – Presença de infraestrutura urbana, social e de barreira arquitetônica com predomínio de edificações com mais de três andares, construídas em áreas a menos de 50 metros da área limítrofe da praia atual.



**Figura 21** – Critérios de recuo e estrutura urbana para o trecho de orla oceânica.

**Fonte:** Adaptado de Oliveira (2009).

### 3.4. VULNERABILIDADE DO AMBIENTE COSTEIRO À FATORES ANTRÓPICOS E À EROSÃO

Visando a caracterização da costa de Salinópolis quanto à relação entre os fatores naturais e os antrópicos, foi feito nos 3 setores da área de estudo um mapeamento das condições acrescionais e erosivas da costa, a análise dos impactos ambientais na linha de costa, o grau de periculosidade ao banho nas praias e a identificação do perfil do banhista. Para tanto, foram correlacionadas tabelas, gráficos e questionários que tratam dos assuntos envolvidos para esta caracterização.

A partir das pesquisas sobre a urbanização da orla e das obras situadas nos ambientes costeiros foi utilizada em cada setor da costa uma matriz proposta por FARINACCIO & TESSLER (2010) que permitiu diagnosticar os impactos na linha de costa de Salinópolis. Esta matriz (Quadro 3) combina o método Matricial de Leopold (LEOPOLD *et al.*, 1971) com o Método de Listas de Interação (Método de Battelle-Columbus, desenvolvido por Dee *et al.*, 1973).

O método *Battelle-Columbus* (DEE *et al.*, 1973) foi desenvolvido inicialmente, para avaliar impactos de projetos relacionados com recursos hídricos. Posteriormente, esse método foi adaptado para outros tipos de projetos, envolvendo outros parâmetros e outros sistemas de ponderação. O método baseado em *Matrizes de Interação* tem sua origem na *Matriz de Leopold* (LEOPOLD *et al.*, 1971), concebida para avaliar impactos ambientais da mineração. Essa matriz é uma tabela de dupla entrada, na qual as colunas relacionam ações causadoras de impactos decorrentes dos projetos e as linhas, fatores ambientais da área de influência do projeto a serem afetados pelas ações.

Visando o mapeamento da vulnerabilidade à erosão costeira utilizou-se a tabela de Bush *et.al.* (1999), modificada por Rocha (2009), com geoindicadores de avaliação de comportamento da linha de costa (Quadro 4) em 3 grupos: Erosão Severa, Erosão e Acresção ou estabilidade à longo prazo.

MATRIZ DO SETOR 1 ( )		PADRAO DE INTERFERÊNCIA				IMPACTOS																		
TIPOS DE OBRAS QUE OCORREM NO SETOR		A	B	C	D	G1				G2			G3											
		a	b	c	D	e	f	g	H	I	J	K	L	m	N	o	p	Q	R	S	t			
Obras de proteção	Muros																							
	Barreiras de rocha (ex. <i>rip-rap</i> )																							
	Molhes e enrocamentos																							
Obras de recuperação	Engordamento de praia - molhes e Enrocamentos																							
	Espigões e gabiões																							
Obras de infraestrutura	Emissários (dutos emersos e enterrados)																							
	Canais de águas superficiais																							
	Aterros de loteamentos																							
	Aterros de invasões																							
	Palafitas																							
	Aterros de passagem (ruas, avenidas, estradas)																							
Obras de lazer e turismo	Pier ou plataforma de embarque																							
	Aterros																							
	Marinas																							
	Pieres ou plataforma de pesca																							
	Molhes e enrocamentos																							
<b>PADRÕES DE INTERFERÊNCIA:</b> Padrão A: obras que são capazes de alterar predominantemente os fluxos longitudinais, aqueles relacionados aos movimentos das correntes de deriva litorânea ( <i>longshore currents</i> ), e que apresentam expressão mais nítida em planta; Padrão B: obras que alteram os fluxos transversais, relacionados aos movimentos costa adentro-costa afora ( <i>onshore-offshore</i> ), cujo reflexo se dá maneira mais incisiva sobre o perfil praiial; Padrão C: obras cuja ação se dá de maneira igualitária nos dois tipos de fluxos; e Padrão D: Obras que interferem nos fluxos de canais estuarinos.											<b>SETORES:</b> Setor 1: ( ) Setor 2: ( ) Setor 3: ( )													
<b>G1-IMPACTOS SOBRE A FAIXA DE AREIA – PRAIAS</b>		Redução da faixa de praia (avanço das obras sobre a faixa de praia) (a) Praias mais extensas causadas pelo assoreamento/deposição (b) Praias mais estreitas pela erosão (erosão paralela a linha de costa) (c) Alteração da topografia da praia (perfil praiial) (d) Instalação de processos erosivos na praia (formação de células erosivas) (e) Aprisionamento de sedimentos junto a estrutura rígida de orientação impedindo seu movimento a sotamar (f)									<b>G3-IMPACTOS ASSOCIADOS</b>			Deposição de areia em equipamentos públicos (praças, quiosques, etc) (j) Deposição de areia em avenidas e ciclovias (k) Colapso de muros de proteção (l) Solapamento/recalques de aterros (m) Assoreamentos (n) Escalonamento da linha de costa por sucessivas estruturas rígidas perpendiculares a linha de costa (o) Redução de áreas úteis a ocupação (p) Alteração da paisagem (q) Contaminação da água superficial - por efluentes (r) Contaminação da água por resíduos sólidos (s) Alteração do regime de fluxo da água subterrânea (t)										
<b>G2-IMPACTOS SOBRE CANAIS ESTUARINOS</b>		Instalação de processos erosivos nas margens dos canais estuarinos (g) Redução de ambientes naturais (h) Redução de áreas de mangue (i)																						

**Quadro 3** – Exemplo da aplicação da matriz em setores.

**Fonte:** FARINACCIO & TESSLER (2010). Modificado.

<b>Geoindicadores para Rápida Avaliação de Comportamento de Linha de Costa</b>
<p><b>Erosão Severa</b></p> <p>1 Ausência de dunas de transposição freqüente;</p> <p>2 Escarpas ativas por ondas ou dunas remanescentes;</p> <p>3 Canais de maré expostos na zona de surfe;</p> <p>4 Ausência de vegetação;</p> <p>5 Obras de engenharia costeiras presentes na praia ou <i>offshore</i>;</p> <p>6 Escarpamento do pós-praia evidente (acúmulo de areia).</p> <p>7 Presença de edificações e infra-estruturas urbanas danificadas.</p>
<p><b>Erosão</b></p> <p>8 Dunas escarpadas ou rompidas;</p> <p>9 Escarpas íngremes e depósito de talús;</p> <p>10 Turfa, lama ou troncos de árvores expostos na praia;</p> <p>11 Praia estreita ou somente com área coberta por espraiamento de ondas;</p> <p>12 Presença de leques de transposição; aberturas artificiais (como corte de estrada);</p> <p>13 Vegetação efêmera ou tombada ao longo da linha de escarpa;</p>
<p><b>Acresção ou estabilidade em longo tempo</b></p> <p>14 Dunas e cristas de praia robusta e vegetada;</p> <p>15 Escarpa vegetada com rampa estável;</p> <p>16 Praia larga e berma bem desenvolvida;</p> <p>17 Ausência de leque de transposição;</p> <p>18 Vegetação bem desenvolvida desde floresta marítima interna, a arbustos de dunas, e grama pioneira de praia.</p>

**Quadro 4** – Listagem de indicadores do comportamento da linha de costa, modificado de Bush *et.al.* (1999).

**Fonte:** Rocha (2009).

### 3.5. PERICULOSIDADE AO BANHO E PERFIL DO BANHISTA

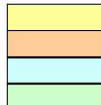
Para a caracterização da costa de Salinópolis em termos de periculosidade ao banho, foram integralizados os dados de hidrodinâmica, a tabela de Short & Hogan (1993) (Tabela 6) e as entrevistas/questionários com banhistas (ANEXO A). Foram entrevistadas 217 pessoas, desde nativos até turistas, em todas as praias estudadas nesta tese.

As informações sobre o perfil do banhista foram relacionadas ao grau de periculosidade ao banho, que determina o nível de segurança das praias. Este grau é obtido através de uma escala baseada na altura da onda na arrebentação e no estado morfodinâmico de praia (Tabela 6).

Segundo esses autores existem quatro razões para a realização de estudos que tenham como objetivo a proteção dos banhistas:

- 1) as praias são locais de recreação e turismo, freqüentadas por milhões de pessoas, banhistas ou não;
- 2) praias oceânicas e suas zonas de *surf* são locais de risco;
- 3) o crescente uso diário das praias implica num aumento do risco público e;
- 4) a variedade de riscos o qual se traduz por mais salvamentos mostra a necessidade de educar os usuários da praia.

**Tabela 6** – Tabela utilizada para determinar o nível de segurança das praias sul-australianas com base no estágio da praia e na altura de onda na arrebentação.

Estado da praia	Altura da onda (m)							
	< 0,5	0,5	1	1,5	2	2,5	3	>3,0
<i>Dissipativo</i>	4	5	6	7	8	9*	10*	10
<i>Banco e cavas longitudinais</i>	4	5	6	7*	7*	8*	9	10
<i>Banco e praia rítmicos</i>	4	5	6	6*	7*	8	9	10
<i>Banco e retornos transversos</i>	4	4	5*	6*	7	8	9	10
<i>Terraço de baixa mar ou crista-canal</i>	3	3*	4*	5	6	7	8	10
<i>Refletivo</i>	2*	3*	4	5	6	7	8	10
<b>Escala de segurança</b> Máxima 1-3 Moderada 4-6 Baixa 7-8 Mínima 9-10	<b>Legenda para os perigos associados</b>  Profundidade e correntes fracas Arrebentação Retornos e correntes na zona de surfe Retornos, correntes e arrebentação muito alta							

Nota: Todos os níveis de segurança são baseados com relação a um banhista na zona de surfe e crescem com o aumento da altura de onda ou com a presença de feições como desembocaduras de rios e lagunas, promontórios rochosos e correntes de retorno induzidas por recifes. As correntes de retorno também aumentam em intensidade na maré baixa. Números assinalados por (\*) indicam níveis de segurança em condições modais de ondas.

**Fonte:** SABAINI (2005, modificado de Short & Hogan, 1993).

#### **4. ARTIGO 1: COMPORTAMENTO MORFOSEDIMENTAR SAZONAL DAS PRAIAS OCEÂNICAS DE SALINÓPOLIS (NE DO PARÁ, BRASIL)**

(Artigo submetido à Revista Geociências em 10/11/2014)

**RESUMO** – As praias são ambientes costeiros com contínuas alterações morfosedimentares. Em Salinópolis, elas são limitadas por manguezais, dunas costeiras, canais de maré, foz de rios, que desempenham papel de proteção e reposição de sedimentos às mesmas. O objetivo deste artigo foi identificar o comportamento da morfologia e granulometria nestas praias durante a estação chuvosa e a menos chuvosa: 26, 27 e 28/04/2013, e 04, 05 e 06/10/2013, respectivamente. A metodologia contemplou a perfilagem topográfica praial nos setores: Oeste (Corvina e Maçarico), Central (Farol Velho) e Leste (Atalaia), coleta de sedimentos ao longo dos perfis e, posteriormente, aplicação de parâmetros estatísticos granulométricos. A média granulométrica predominante foi 2,6 a 2,8 phi (areia fina). Para o grau de seleção foi 0,2 a 0,5 phi (muito bem selecionados e bem selecionados). A classificação predominante da assimetria foi de positiva (0,10 a 0,30) e de aproximadamente simétrica (-0,10 a 0,10). O grau de curtose variou desde muito platicúrtica ( $<0,67$ ) a muito leptocúrtica (1,50 a 3,00). Foram observados eventos de acresção sedimentar da estação chuvosa a menos chuvosa. A maior deposição de sedimentos está direcionada aos extremos da área estudada. No setor central e parte do setor leste (Atalaia 1), as condições erosivas são mais favoráveis.

**Palavras-chave:** Ambiente de praia, morfologia, sedimentologia.

**ABSTRACT** – The beaches are coastal environments with continuous morphological and sedimentary changes. In Salinópolis, they are limited by mangroves, coastal dunes, tidal channels, river mouths, which perform the role of protecting and restoring sediment to the same. This article aims to identify the behavior of the morphology and particle size on these

beaches during the rainy season (april 26<sup>th</sup>, 27<sup>th</sup>, 28<sup>th</sup>, 2013) and less rainy (october 04<sup>th</sup>, 05<sup>th</sup>, 06<sup>th</sup>, 2013). The methodology included the beach profiles in sectors: Western (Corvina and Maçarico), Center (Farol Velho) and Eastern (Atalaia), sediments sampling along the profiles, and thereafter granulometric definition of statistical parameters. The prevailing mean grain size was 2.6 to 2.8 phi (fine sand). The degree of sorting was 0.2 to 0.5 phi (very well sorted and well sorted). The predominant classification of asymmetry was positive (between 0.10 and 0.30) and nearly symmetrical (-0.10 to 0.10). The degree of kurtosis ranged from very platykurtic (<0.67) to very leptokurtic (1.50 to 3.00). Events of sedimentary accretion of the rainy season for the less rainy season were observed. The greater deposition of sediment is directed to the extremes of the study area. In the central and part of the eastern sector (Atalaia 1), the erosive conditions are more favorable.

**Keywords:** Beach environment, morphology, sedimentology.

## INTRODUÇÃO

As praias são depósitos de areias acumuladas pelos agentes de transportes fluviais ou marinhos (Guerra & Guerra 2011), e que se ajustam às condições de ondas e marés. Trata-se de ambiente costeiro com dinâmica complexa, variável e de contínuas alterações morfosedimentares.

Diversos têm sido os métodos e equipamentos utilizados no estudo do comportamento morfosedimentar de praias. Estes se baseiam, por exemplo, em ensaios experimentais, correspondentes às coletas de dados *in situ*, que podem incluir amostragens específicas, medições de dados hidrodinâmicos e emprego de perfis de praia, de modo que a realização destas tarefas seja através de monitoramentos em campo.

O método de perfil praiar consiste na medição da topografia e coleta de sedimentos superficiais da praia ao longo de uma trajetória reta e perpendicular à linha de costa



(Birkemeier 1985). O arcabouço topográfico é importante para entender de que forma os sedimentos mobilizados na face praial interferem no seu comportamento morfológico, bem como para ilustrar feições sedimentares e ratificar os resultados obtidos de análises granulométricas.

A interpretação ambiental da distribuição da granulometria tem sido, e ainda é, uma meta fundamental da sedimentologia (McLaren 1981; Carmo 2006). Esta investigação é largamente utilizada para a compreensão da dinâmica sazonal de ambientes sedimentares costeiros recentes, e é feita pela determinação das porcentagens de frações granulométrica em uma massa de sedimentos.

Estudos abordando a distribuição sedimentar ao longo das praias e fatores condicionantes são feitos objetivando um melhor entendimento das condições reinantes no momento de sua deposição e retrabalhamento, além de permitir traçar um fluxo da carga sedimentar (Marino 2013).

McLaren (1981) sugeriu que a granulometria média, o grau de seleção (desvio padrão) e a assimetria das distribuições de frequências granulométricas seguem tendências, que identificam o transporte e os processos sedimentares de seleção, deposição seletiva e deposição total.

Tendências granulométricas são resultados dos processos do transporte sedimentar como abrasão, transporte seletivo e a mistura de sedimentos de várias fontes (Gao & Collins 1994; Carmo 2006).

As variações de tamanho de grão estão associadas com elementos geológicos e trajetória do transporte de sedimentos, que por sua vez, são controladas por fatores hidrodinâmicos e eólicos que atuam de forma conjunta sobre a praia, alterando a sua morfologia.

Segundo King (1972), o elemento mais importante para a seleção do material da praia é a dissipação de energia das ondas, que é proporcional a sua altura. Desta forma, o material mais grosseiro está intimamente associado com zonas de maior energia.

Anteriormente, Bascom (1951), já havia concluído uma relação entre a declividade da praia, o diâmetro médio dos grãos, e a quantidade de energia da onda que atinge determinado setor da praia. Desta forma, semelhante à hipótese anterior, quanto maior a altura da onda, maior seria a capacidade dos sedimentos finos serem transportados para outras regiões e dos sedimentos mais grossos permanecerem no local.

Mais tarde, Nordström (1981) destaca que o tamanho do grão não varia com a altura da onda, sendo mais importante a fonte de sedimentos. Esta mesma teoria foi comprovada por Short (1999).

As praias pertencentes à planície costeira de Salinópolis obedecem mais a esta teoria na morfosedimentação, pois ao longo da costa do município predomina o estado dissipativo de praia, onde se espera maior energia de ondas.

Contudo, a granulometria reinante é de areia fina, pois as praias são limitadas por manguezais, dunas costeiras, canais de maré e foz de rios. Esta característica também é observada em outras praias do NE do Pará, como Ajuruteua (Braga 2007; Barbosa *et al.* 2007 e Pagliarini-Cordovil 2010); Marieta (Guerreiro 2010); Romana (Ranieri & El-Robrini 2011); Princesa (Silva 2014).

Este artigo tem como objetivo demonstrar o comportamento sazonal morfosedimentar das praias oceânicas de Salinópolis, evidenciando as alterações morfológicas (topografia, calhas/runnels) e granulométricas (tamanho e dispersão dos grãos).

## ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Salinópolis ( $0^{\circ}37'53''\text{S}$  e  $47^{\circ}20'46''\text{W}$ ), NE do Pará (Brasil), e foi compartimentada em três setores distintos: Oeste (praias da Corvina e Maçarico), Central (praia do Farol Velho) e Leste (praia do Atalaia) (Figura 22).

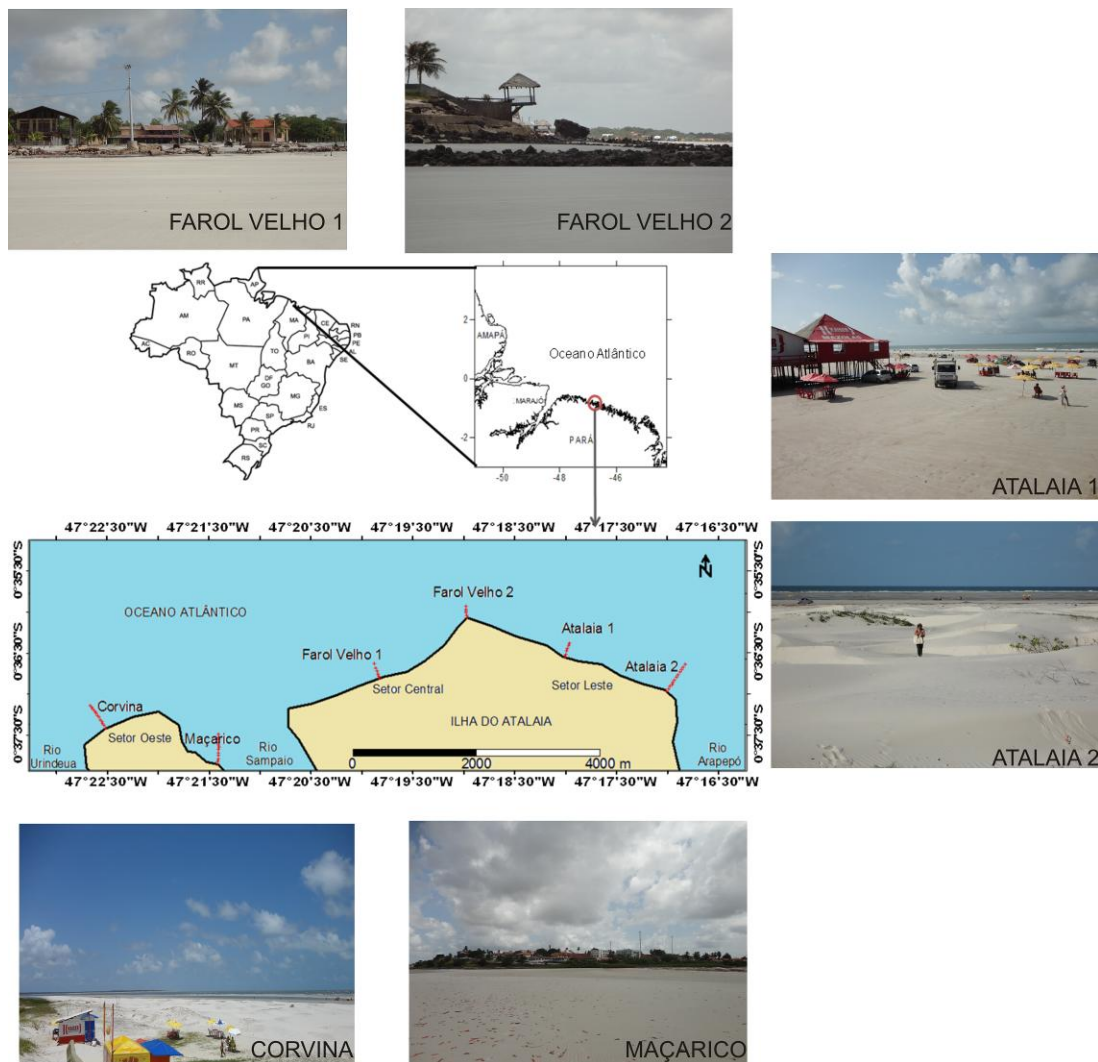


Figura 22 – Mapa de localização das praias oceânicas de Salinópolis, setores e perfis praias. Fotografias retiradas em 06/10/2013.

## CLIMA E OCEANOGRAFIA

O clima no NE do Pará é do tipo Am (Tropical Úmido) e é caracterizado por ser quente e úmido (Clima Equatorial Amazônico), de acordo com a classificação de Köppen (1948). A Umidade Relativa do Ar (Média Anual) varia em torno de 80 % a 90 % (Martins & Luz

2004). A temperatura média é de 27 °C (CPTEC 2014). Há um período menos chuvoso (de junho a novembro) e outro mais chuvoso (dezembro a maio). No município de Salinópolis, a precipitação é cerca de 2.800 mm (ANA 2013).

O ciclo anual das chuvas na Amazônia Oriental é marcado pelo movimento migratório latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico Equatorial. As Linhas de Instabilidade (LIS) são as que produzem intensas precipitações na região. O regime de precipitação da Amazônia é ainda determinado, pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e pela Alta da Bolívia (AB) (Silva 2010).

O regime de ventos dominante no NE do Pará é representado pelos alísios de NE que atuam continuamente durante o ano todo, com máximo normalmente de dezembro a março, quando se somam aos alísios de SE. Estes são responsáveis pelo transporte de sedimentos da plataforma continental interna em direção à costa (Geyer *et al.* 1996).

Durante a estação menos chuvosa, os ventos predominantes no NE do Pará fluem na maior parte de norte-nordeste, enquanto que na estação chuvosa, fluem na direção leste-nordeste, associado ao deslocamento da ZCIT para o Hemisfério Norte.

A partir de dados da estação SYNOP (Estação de superfície terrestre) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pode-se observar que a velocidade dos ventos em 2013 no município de Salinópolis foi em média 4,0 m/s (Figura 23), sendo a variação da direção de 10° a 190°, mas predominantemente com a incidência dos ventos alísios de NE (0-90°) (Figura 23).

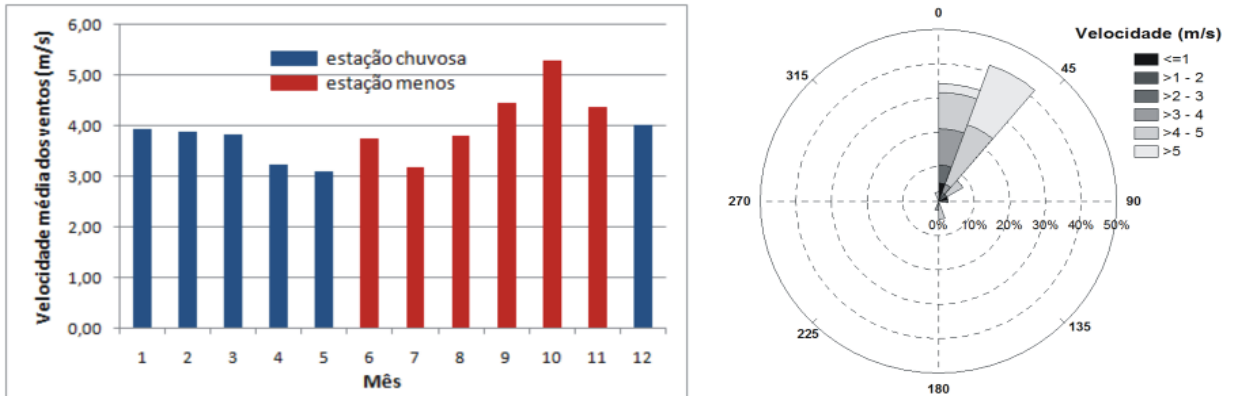


Figura 23 – Velocidade média dos ventos na costa de Salinópolis e direção preferencial dos mesmos durante o ano de 2013, de acordo com CPTEC (2014).

O município sofre influência das ondas formadas a partir dos ventos alísios. Estes cruzam a plataforma continental em direção a oeste, gerando “trends” de ondas incidentes, que associados à morfologia de fundo, ocasionam correntes de deriva litorânea para noroeste (Geyer *et al.* 1996).

Segundo o modelo WWATCH (CPTEC 2013), a altura de onda modelada para Salinópolis varia de 0,5 a 1,5 m.

Macromarés semidiurnas (amplitudes  $> 4$  m) dominam na área de estudo. As correntes de marés são as principais correntes que atuam no NE do Pará, com velocidade máxima na plataforma continental interna de 2 m/s, durante a maré de sizígia (Segundo 2007).

## ***GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA***

As unidades litoestratigráficas ocorrentes em Salinópolis são: (a) Formação Pirabas, (b) Formação Barreiras, (c) Sedimentos Pós-Barreiras, e (d) Sedimentos Recentes (Quaternário) (Mácola & El-Robrini 2004).

A estrutura geológica do município é constituída principalmente pelos sedimentos da Formação Barreiras, ocupando a maior distribuição espacial de seu território, e rochas carbonáticas da Formação Pirabas.

Na foz do rio Sampaio (praia do Maçarico), reentrâncias das baías que recortam o município, ponta do Cocal (extremo leste da ilha de Atalaia) e na vila de Cuiarana, a presença de falésias deixa evidente os sedimentos da Formação Barreiras e do Pós-Barreiras. Já os afloramentos da Formação Pirabas são encontrados expostos na praia do Farol Velho, e em menor proporção nas praias de Atalaia e do Maçarico.

Sobre os sedimentos do Pós-Barreiras estão os depósitos recentes do Quaternário, representados por feições geomorfológicas características do NE do Pará, tais como extensos depósitos de lama de planície de maré, planícies arenosas, *cheniers*, dunas, deltas de marés, praias-barreiras praias e leques de lavagens associados (Souza Filho 1995; Souza Filho & EL-Robrini 1996; Santos 1996).

Na planície costeira de Salinópolis são identificadas as seguintes subunidades morfológicas (Leite, 2010): campo de dunas, paleodunas, praias-barreiras, sistema de lagos, planície arenosa e lamosa (manguezais), além de barras arenosas.

As praias oceânicas de Salinópolis (Figura 22) mostram características morfodinâmicas e sedimentológicas de variabilidade mediana. Mas apesar da relativa semelhança na composição granulométrica, morfologia e processos costeiros reinantes, as praias apresentam unidades fisiográficas distintas limitando suas linhas de costa, indo desde a presença de planície lamosa a falésias. A praia da Corvina é limitada por dunas frontais, restinga e manguezais na linha de costa. A praia do Maçarico é limitada por falésias ao sul, dunas e restinga na linha de costa a oeste. A praia do Farol Velho é limitada por uma pequena área de manguezal a oeste e costões rochosos construídos para proteção de moradias a leste. A praia de Atalaia é também limitada por estas estruturas artificiais a oeste, mas por dunas frontais, estáveis (campo de dunas) e restinga na maior parte da linha de costa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### *AQUISIÇÃO DOS DADOS*

Foram realizadas campanhas durante um ciclo hidrológico (26, 27 e 28/04/2013 – estação chuvosa – e 04, 05 e 06/10/2013 – estação menos chuvosa) visando analisar a influência da sazonalidade na morfosedimentação das praias de Salinópolis. Os trabalhos desempenhados correspondem ao método de perfil de praia: levantamento topográfico e amostragem de sedimentos superficiais, que foram realizados em 6 pontos de estudo deste trabalho (Figura 22).

Para a análise das alterações morfológicas das praias da Corvina, Maçarico, Farol Velho e Atalaia foram realizados perfis topográficos, com auxílio da Estação Total de marca Topcon GTS 212, durante a maré baixa de sizígia. Os perfis foram distantes cerca 1,5 km, tiveram início a partir da linha de costa de cada setor, e fornecem um arcabouço da morfologia da parte subaérea das praias (zona de espraiamento), além de verificar a tendência erosiva ou progradacional nos 3 setores da costa. Dois perfis por setor foram definidos, sendo um em local mais urbanizado e outro em local menos urbanizado, possibilitando verificar as características morfosedimentares em locais onde há muita ou pouca interferência humana.

Marcos previamente determinados (barracas, casas, estruturas de concreto) e identificados com coordenadas dadas em GPS (*Global Positioning System*) foram utilizados como ponto de partida dos perfis praias durante o período de coleta. O levantamento topográfico foi iniciado partindo-se do ponto fixo de cada perfil estudado, pois é necessário haver um mesmo local de partida, estável, para as medições periódicas de perfil praias.

As coletas de sedimentos superficiais das praias estudadas foram feitas simultaneamente aos perfis topográficos, até a linha de maré baixa de sizígia (Figura 22).

Neste artigo, foi utilizada a nomenclatura e divisão do perfil praiial sugerido por Souza Filho *et al.* (2003) para a zonação morfológica das praias de meso-macromarés da região NE do Pará (Figura 24).

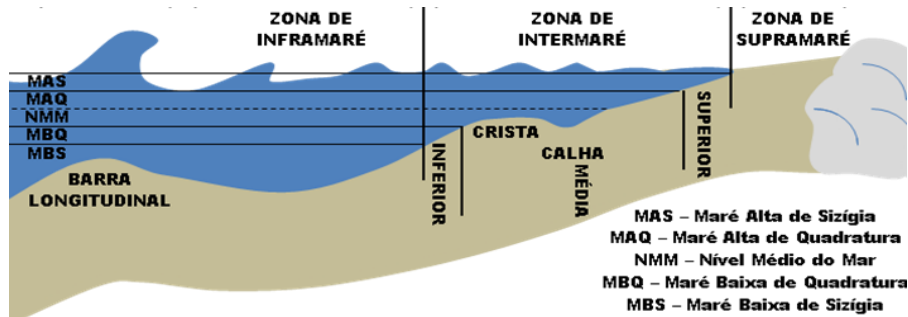


Figura 24 – Diagrama da morfologia do perfil de praias de meso-macromarés, segundo Souza Filho *et al.* (2003).

### **ANÁLISE LABORATORIAL**

No Laboratório de Geologia Marinha do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiro (GEMC) da Universidade Federal do Pará (UFPA) foram realizadas separações, por peneiramento, das diferentes frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em campo.

Este método iniciou-se com a lavagem das amostras e decantação das mesmas. Etapa realizada três vezes para que houvesse a melhor remoção de sais contidos nas amostras. Depois, as amostras foram secadas em estufa a 60 °C até adquirirem condições ideais (completamente secas), e logo após esta etapa, foi feito o quarteamento destas amostras, a seleção de alíquotas de 100 g para cada amostra quarteada e peneiramento das mesmas por cerca de 10 min, utilizando-se peneiras com os seguintes intervalos em mm: 0,71 – 0,50 – 0,35 – 0,25 – 0,18 – 0,125 – 0,09 – 0,063 – <0,063. Por fim, as diferentes frações encontradas no processo de peneiramento foram pesadas em balança.

O objetivo da prática desta metodologia foi de verificar, posteriormente, a distribuição granulométrica na área de estudo, que pode ser uma ferramenta de auxílio para dedução do comportamento da circulação costeira na área. Através do software *SysGran 3.0* foram



determinados os parâmetros estatísticos granulométricos (média, seleção, assimetria e curtose) de Folk & Ward (1957) e a classificação de Wentworth (1922) para definição dos sedimentos arenosos. Além disso, foram utilizados os aplicativos do pacote *Golden Software: Surfer 8*, para geração de mapas da distribuição granulométrica e, *Grapher 5*, para os gráficos de perfil praiial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### **RELAÇÃO MORFOLOGIA X GRANULOMETRIA**

Nos perfis de praia realizados (Figuras 25, 26, 27) verifica-se uma tendência no padrão longitudinal dos mesmos com a diminuição da granulometria dos sedimentos ( $> \phi$ ) nos últimos metros da face praiial correspondente à zona de inframaré (último ponto de cada perfil praiial), evidenciando a distribuição sedimentar característica de praias, onde os grãos mais grosseiros e mais pesados são os primeiros a decantar na face praiial durante o transporte transversal, e os mais finos, direcionados em direção à parte submersa da praia (zona de *surf* e arrebentação), além de serem parcialmente agrupados à massa de sedimentos transportados longitudinalmente.

O fato acima é o esperado para qualquer tipo de praia. Contudo, deve-se considerar a escala granulométrica envolvida ao longo de cada perfil praiial, normalmente relacionada à hidrodinâmica local e à área fonte de sedimentos, além da presença de feições morfológicas na face praiial, como afloramentos rochosos, paleomangues, sistemas de banco-calha (*ridge-runnel*), que provocam maiores variações da distribuição sedimentar.

A presença de bancos-calhas implica numa relação específica entre a morfologia e sedimentologia, com aumento da granulometria nas calhas, pois grãos maiores ( $< \phi$ ) tendem a decantar no meio do canal e os mais finos ( $> \phi$ ), nas bordas do canal. À medida que aumenta a elevação, fora da zona de calha, normalmente voltam a ocorrer grãos mais finos.

Não foram observadas mudanças significativas de migração de bancos-calhas nas praias, apenas variações em número e na ausência/ocorrência entre os meses estudados. Ambientes de macromarés semidiurnas induzem um curto período de exposição dos bancos para os processos hidrodinâmicos, podendo assim limitar seu retrabalhamento (Ranieri & El-Robrini 2012). Robin *et al.* (2009), ao estudarem um banco de intermaré em Regnéville, Normandy (França), associaram as baixas taxas de migração do banco também aos efeitos das macromarés.

Somente na Corvina (Figuras 25a e 25b) e Atalaia 1 (outubro/2013) (Figura 27b), ocorreram bancos-calhas típicos da Morfodinâmica de Praias. Na Corvina, apareceram três sistemas de banco-calha em outubro/2013, anteriormente (abril/2013) houve apenas um. Já na praia de Atalaia, Gregório *et al.* (2005) atribuíram a ocorrência desses sistemas com a influente migração das barras de maré vazante, na foz do rio Arapepó, em direção à linha de costa e para oeste devido a deriva litorânea. Tal rio limita a ilha de Atalaia na sua margem leste. Semelhante, a praia da Corvina está adjacente ao rio Urindeua, a oeste, e ao rio Sampaio, a leste, o que torna ainda mais favorável ocorrência de bancos e calhas longitudinais. Esta tipologia está de acordo com o modelo morfológico de Short (2003) para praias de meso-macromarés.

Contudo, feições de calha que não satisfazem a mesma formação anterior estavam presentes desde a linha de maré alta nos setores oeste (Figura 25) e central (Figuras 26c e 26d). No setor oeste, a feição calha está relacionada com o canal de maré que atravessa transversalmente a faixa de praia deste setor com ramificações na zona de supramaré e intermaré superior, orientando-se paralelo à linha de costa (Figuras 28a e 28b), onde cessa o efeito acentuado da energia de ondas, mantendo-o estável. No setor central, a calha longitudinal ocorreu devido aos afloramentos rochosos dispostos na linha de costa que aprisionam os sedimentos menos finos na sua parte superior, e inferior a estes afloramentos,

cria-se uma depressão que origina poças de água represada (Figura 28c). No setor leste, os afloramentos estão presentes apenas na divisa com o setor central (Figura 28d).

No Atalaia 2, houve uma depressão semelhante a calha longitudinal na zona de intermaré média, em função da transição da praia mais plana para o campo de dunas frontais. Este teve menor proporção na estação chuvosa (Figura 29a) e maior proporção na estação menos chuvosa (Figura 29b). As dunas foram observadas também nas zonas de supramaré do Atalaia 1 (Figuras 29c e 29d) e Corvina (Figuras 29e).

No Maçarico (abril/2013) (Figura 25c), um pico decrescente da granulometria na zona de inframaré ocorreu devido neste local haver afloramento rochoso, assim como ocorreu na zona de intermaré superior do Farol Velho 2 (abril/2013). No setor central, estes afloramentos estiveram presentes, inclusive desde a linha de maré alta (Figuras 26c e 26d), evidenciando a alta erosão no local.

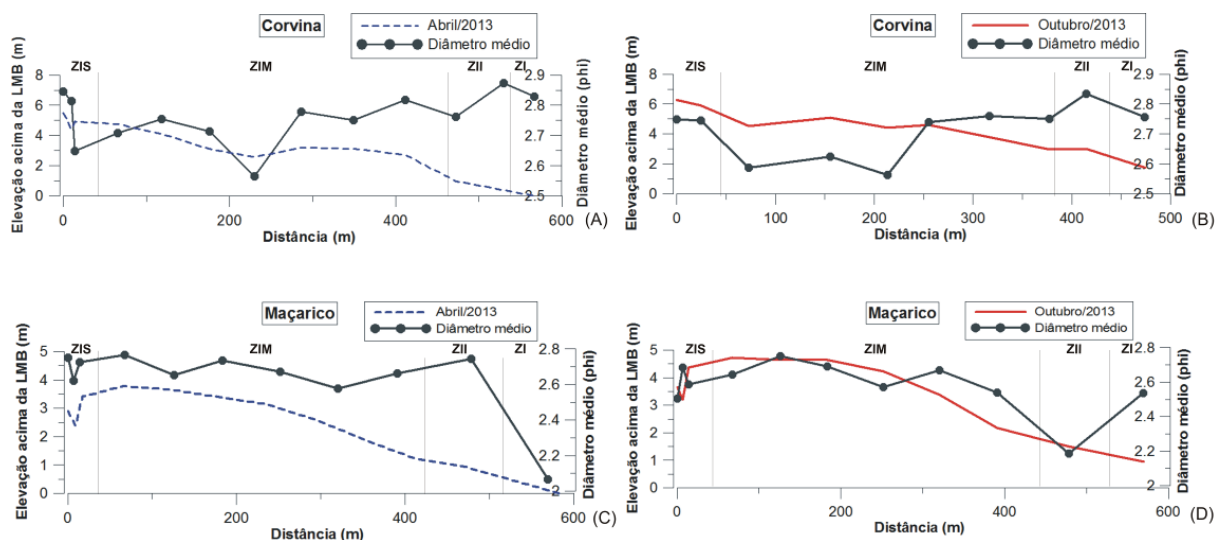


Figura 25 – Relação morfologia x granulometria no setor oeste: Corvina, abril (A) e outubro de 2013 (B); Maçarico, abril (C) e outubro de 2013 (D). ZIS: Zona de Intermaré Superior; ZIM: Zona de Intermaré Média; ZIS: Zona de Intermaré Inferior; ZI: Zona de Inframaré.

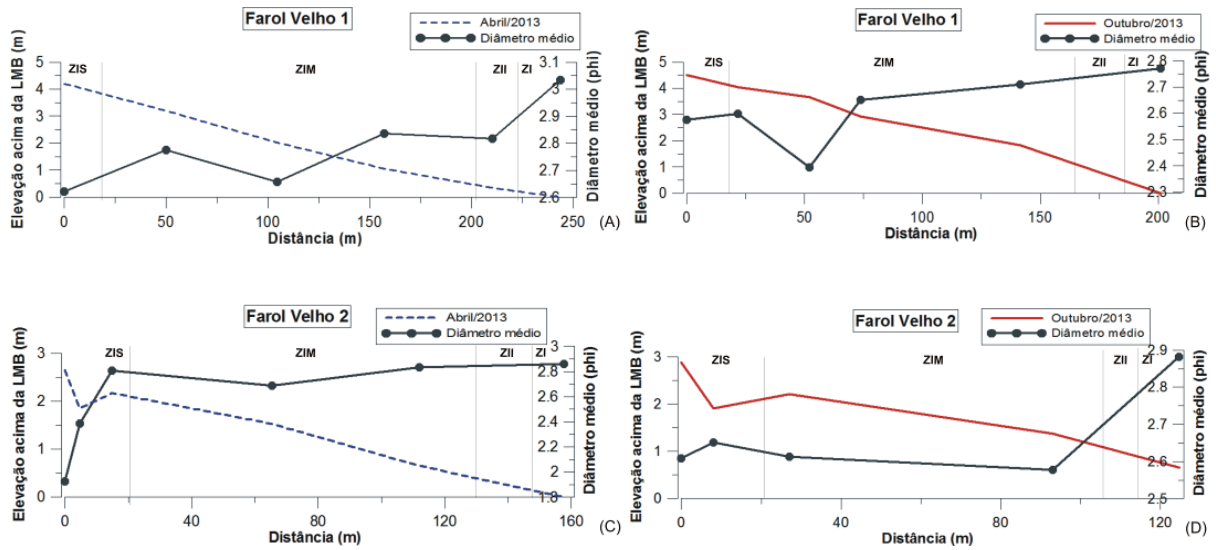


Figura 26 – Relação morfologia x granulometria no setor central: Farol Velho 1, abril (A) e outubro de 2013 (B); Farol Velho 2, abril (C) e outubro de 2013 (D). ZIS: Zona de Intermaré Superior; ZIM: Zona de Intermaré Média; ZIS: Zona de Intermaré Inferior; ZI: Zona de Inframaré.

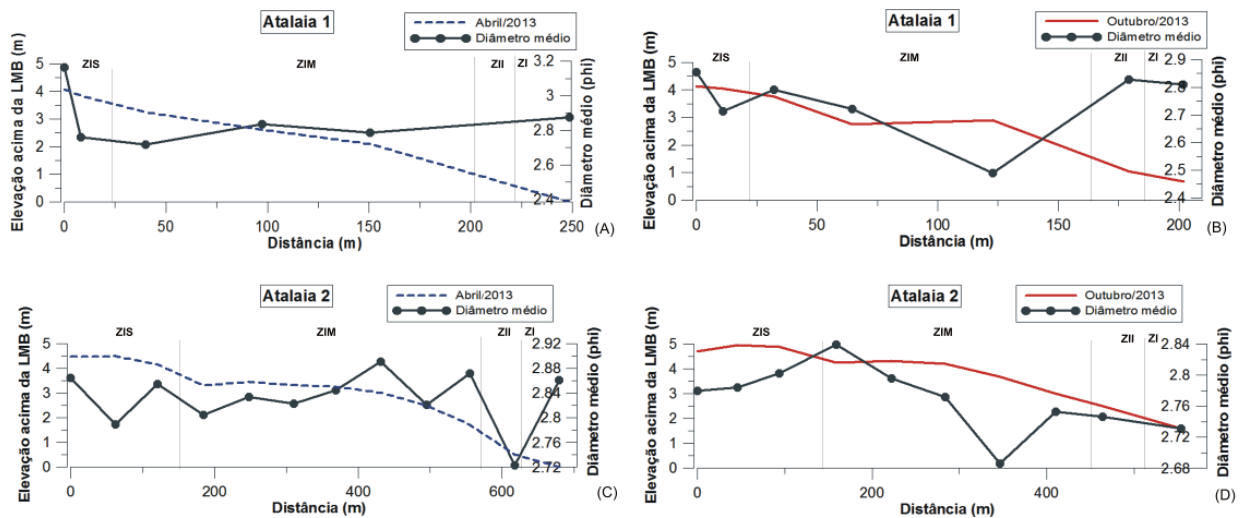


Figura 27 – Relação morfologia x granulometria no setor leste: Atalaia 1, abril (A) e outubro de 2013 (B); Atalaia 2, abril (C) e outubro de 2013 (D). ZIS: Zona de Intermaré Superior; ZIM: Zona de Intermaré Média; ZIS: Zona de Intermaré Inferior; ZI: Zona de Inframaré.



Figura 28 – Ramificações paralelas à linha de costa do canal de maré que atravessa o setor oeste: praia da Corvina (A) e praia do Maçarico (B). Afloramentos de rochas carbonáticas (Formação Pirabas) na linha de maré alta do Farol Velho 2, propiciando o desenvolvimento de uma calha longitudinal (C). Afloramentos expostos na zona de intermaré a oeste da praia de Atalaia (D). Fotografias retiradas em 26/04/2013.

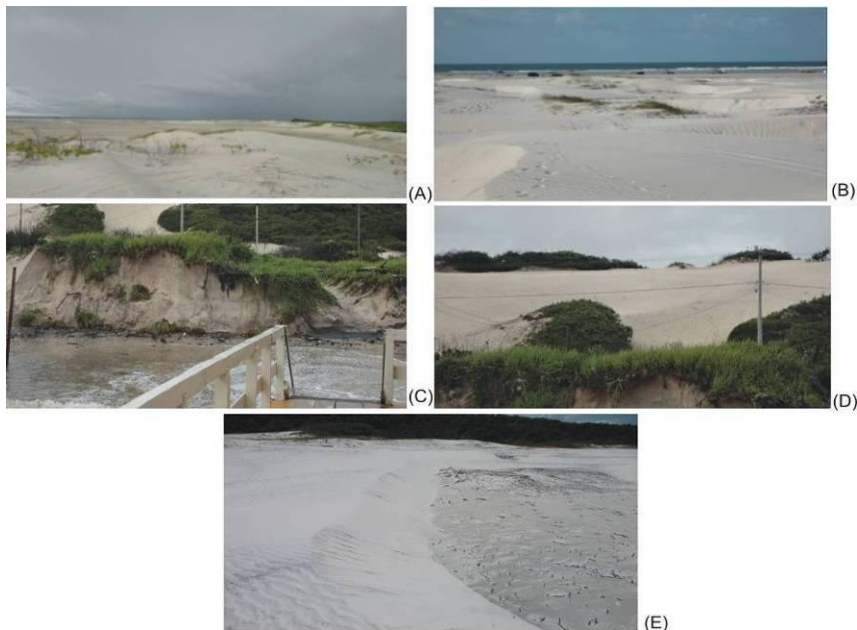


Figura 29 – Campo de dunas frontais desenvolvidos na zona de intermaré superior do Atalaia 2 em abril (A) e outubro de 2013 (B). Dunas erodidas no Atalaia 1 em abril (C). Dunas estáveis limitando a linha de costa da praia de Atalaia (D) e, campo de dunas frontais dispostos nas zonas de supramaré e intermaré superior da praia da Corvina (E). Fotografias retiradas em 04/10/2013 (A, B, E) e 28/04/2013 (C, D).

Durante o período de monitoramento, da estação chuvosa a menos chuvosa, ocorreram eventos predominantes de acresção (Figura 30). O Atalaia 1 apresentou balanço sedimentar mais equilibrado e, Corvina e Maçarico, obtiveram maior volume sedimentar (Figura 30). As áreas de erosão concentram-se principalmente nas zonas de intermaré inferior e de inframaré. O aumento da intensidade dos ventos e, conseqüentemente, das ondas, provoca remoção de areias para as zonas de supramaré e intermaré superior, propiciando crescimento das dunas frontais.

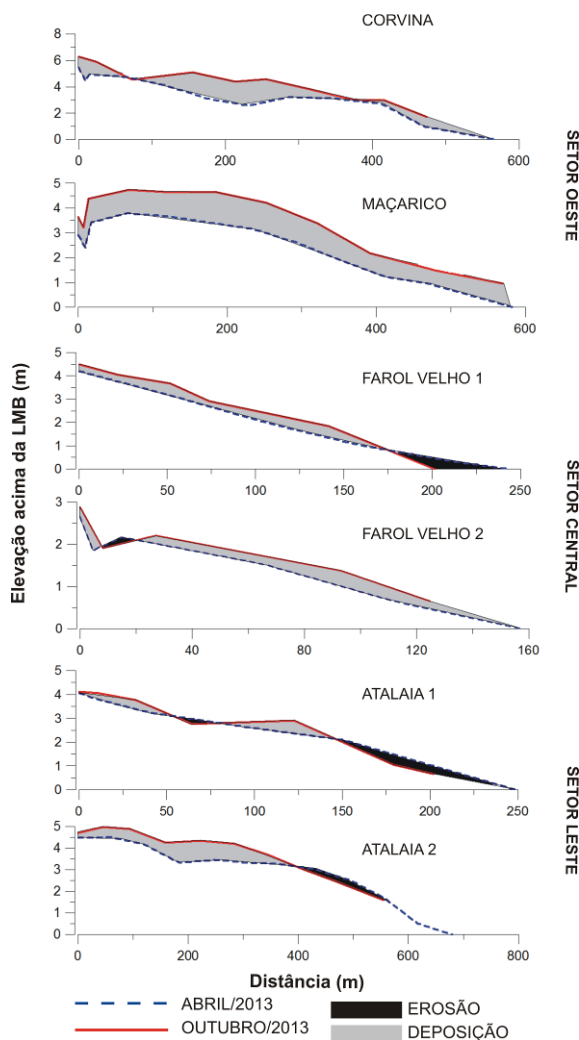


Figura 30 – Áreas de erosão e de acresção sedimentar identificadas nas praias entre abril (estação chuvosa) e outubro (estação menos chuvosa) de 2013.

### ***PARÂMETROS ESTATÍSTICOS GRANULOMÉTRICOS***

A média granulométrica das amostras de sedimentos mostrou escala mais frequente entre 2,6 a 2,8 phi, indicando a predominância de areia fina nas praias de Salinópolis (Figura 31), com ocorrência de areia média em pontos isolados das praias do Maçarico, Farol Velho e Atalaia, junto a afloramentos rochosos. Tanto que as maiores variações granulométricas ocorreram em perfis onde estavam presentes estes afloramentos em seus trajetos: Maçarico (Figura 25c) e Farol Velho 2 (Figura 26c).

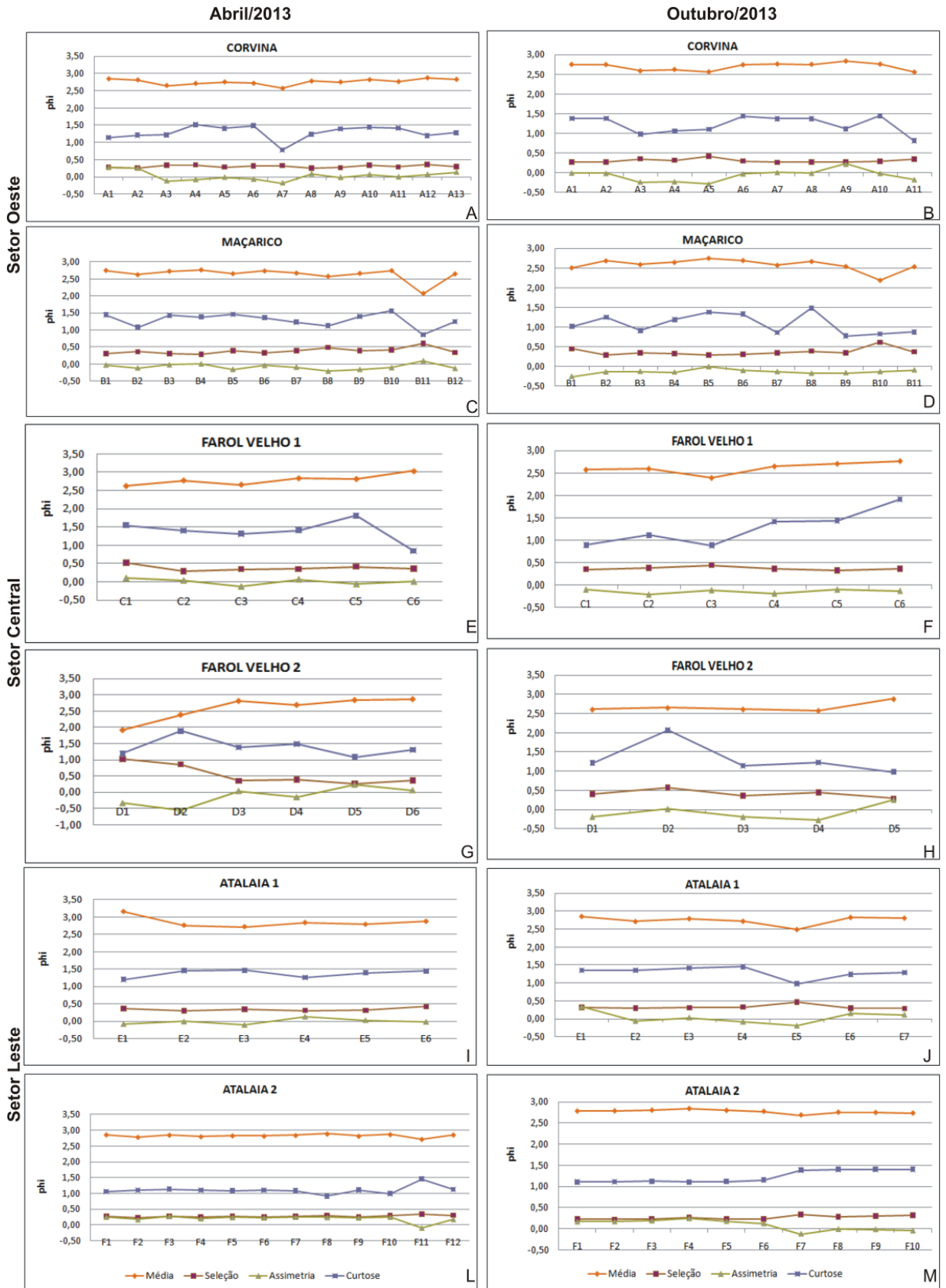


Figura 31 – Parâmetros estatísticos granulométricos verificados para abril e outubro/2013.



O valor mais baixo da escala granulométrica total foi de 1,924 phi (areia média) na zona de intermaré superior (ponto D1), em abril, no Farol Velho 2 (Figura 31g). O valor mais alto foi de 3,163 phi (areia muito fina) na mesma zona e mês, no Atalaia 1 (ponto E1) (Figura 31i). Esta zona é composta por dunas frontais erodidas por ondas e marés. O setor leste foi o que apresentou menor variação granulométrica, sendo especialmente de 2,7 a 2,9 phi (Figuras 31i, 31j, 31l e 31m).

O grau de seleção predominante dos sedimentos foi de 0,2 a 0,5 phi (muito bem selecionados e bem selecionados), mas principalmente de sedimentos muito bem selecionados (<0,35 phi), em especial no setor leste (Figuras 31i, 31j, 31l e 31m) e na Corvina (setor oeste) (Figuras 31a e 31b). Nestes não há afloramentos rochosos agregando sedimentos mais grosseiros, por isso a melhor seleção dos mesmos, além de estarem próximos de áreas fontes, como a foz dos rios que limitam a costa de Salinópolis e, os campos de dunas limitando a linha de costa.

O menor valor da seleção (0,22 phi – ponto F2) ocorreu justamente durante a estação menos chuvosa e no local onde as dunas estão melhores desenvolvidas e preservadas (Atalaia 2) (Figura 31m). O maior valor (ponto D1) ocorreu no Farol Velho 2 (setor central), em abril, sendo de 1,01 phi (pobremamente selecionado) (Figura 31g). No setor central, os campos de dunas são ausentes e a fonte de sedimentos é basicamente oriunda do transporte transversal (sedimentos vindos da plataforma continental) e longitudinal (ao longo da ilha de Atalaia).

A classificação predominante da assimetria foi de positiva (0,10 a 0,30) no Atalaia 2, principalmente em abril/2013 (Figura 31l), contudo nos outros perfis de praia predominou a classificação de aproximadamente simétrica, mas com grandes variações entre assimetria positiva a negativa (0,3 a -0,3) e até mesmo assimetria muito negativa (-1 a -0,3), como é o caso do Farol Velho 2 (abril/2013) (pontos D1 e D2, Figura 31g). Perfis que obtiveram aumentos pontuais na granulometria em função da proximidade com afloramentos rochosos

(Maçarico, Farol Velho 1 e Farol Velho 2) apresentaram maior ocorrência de assimetria negativa.

O grau de curtose predominante foi de mesocúrtica (0,90 a 1,11) e leptocúrtica (1,11 a 1,5), principalmente para o setor leste, contudo os valores de curtose variaram desde muito platicúrtica ( $<0,67$ ) a muito leptocúrtica (1,50 a 3,00). As maiores variações ocorreram no setor central (Figuras 31e, 31f, 31g e 31h), visto que há maior dispersão granulométrica.

Sedimentos mais finos foram obtidos em direção ao setor leste (Figuras 32 e 33). Neste a presença de dunas abundantes proporciona um benefício contra a erosão costeira, retirada de areia da praia de Atalaia e exposição de afloramentos rochosos de sedimentações antigas. A ocorrência desses afloramentos no setor central e na praia do Maçarico, setor oeste, proporciona menores valores da média granulométrica pela disponibilidade pontual de sedimentos menos finos retrabalhados por ondas que erodem as rochas.

A assimetria aumenta em direção aos extremos da área de estudo (Corvina e Atalaia 2), indicando uma tendência de sedimentos mais finos, sendo eles bem selecionados e muito bem selecionados, corroborado pela diminuição do grau de seleção nos extremos leste e oeste. Para o grau de curtose a tendência da diminuição foi semelhante, contudo apenas para o extremo leste (Atalaia 2), pois a escala granulométrica envolvida neste foi mais homogênea, havendo pouca dispersão (Figuras 32 e 33).

As áreas de margens de estuários, como as que se situam Corvina e Atalaia 2, estão sujeitas a um bom aporte sedimentar, especialmente de grãos mais finos, e um melhor retrabalhamento dos sedimentos por efeito conjunto da hidrodinâmica oceânica e estuarina.

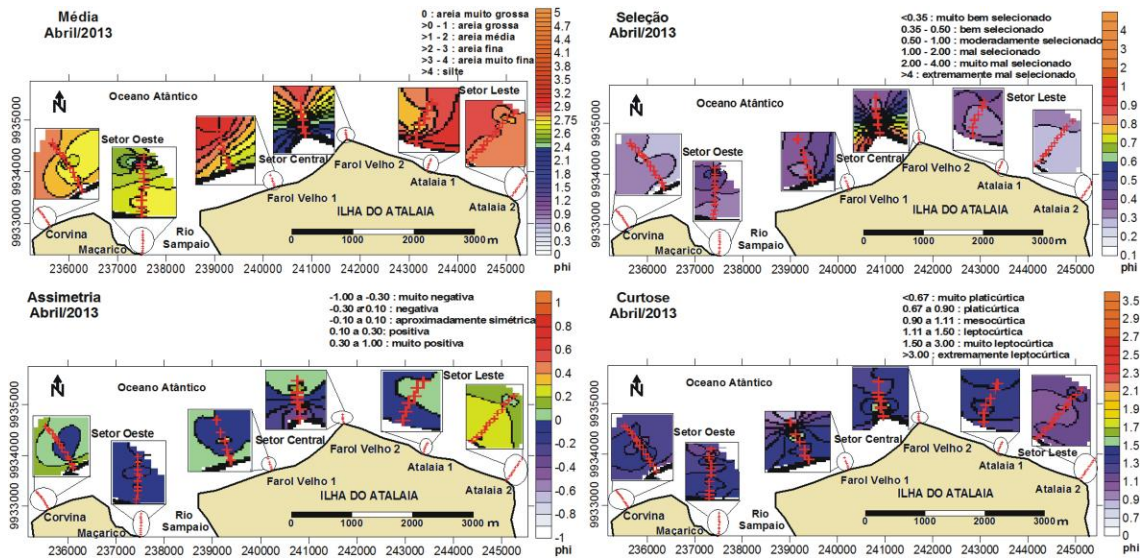


Figura 32 – Mapa comparativo da distribuição granulométrica por setor em abril de 2013

(estação chuvosa), mostrando a tendência obtida no emprego dos parâmetros estatísticos.

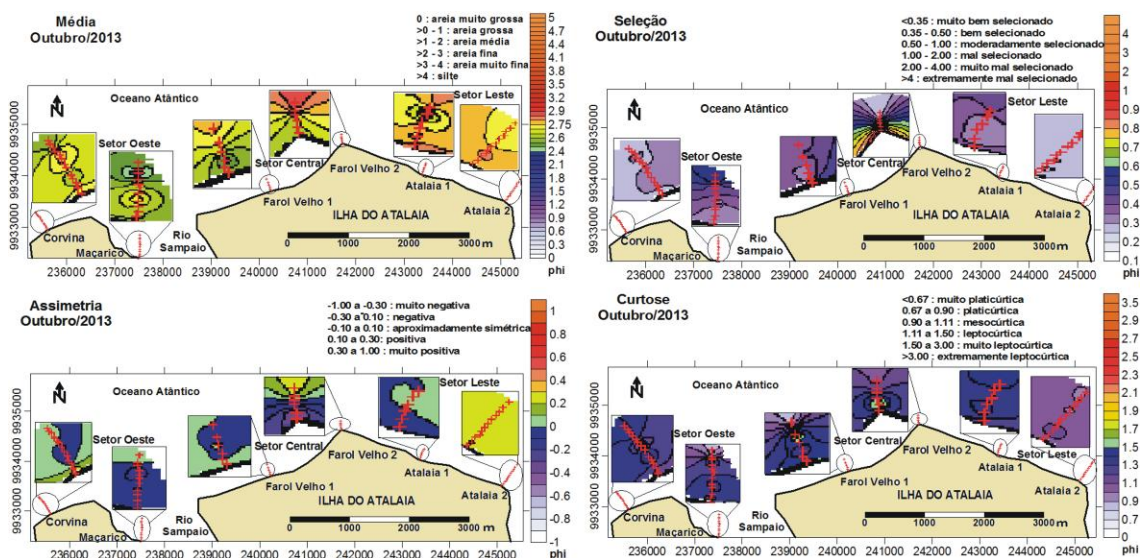


Figura 33 – Mapa comparativo da distribuição granulométrica por setor em outubro de

2013 (estação menos chuvosa), mostrando a tendência obtida no emprego dos parâmetros estatísticos.

## CONCLUSÕES

As praias de Salinópolis são mais planas durante a estação chuvosa, com baixo número de sistemas de banco-calha longitudinais, constitutivos de tipologia praial. Somente em Corvina e Atalaia 1 ocorreram estas feições típicas da Morfodinâmica de Praia. Durante a estação

menos chuvosa ocorre a migração de barras arenosas *offshore* em direção à linha de costa, construindo sistemas de banco-calha na zona de intermaré. A migração tende a ficar mais limitada quando estes sistemas estão dispostos nesta zona, pois as macromarés semidiurnas induzem um curto período de exposição dos sistemas para os processos hidrodinâmicos.

Calhas longitudinais formadas por fatores externos aos padrões morfodinâmicos ocorreram nos setores oeste e central. No primeiro, em função de ramificações de um canal de maré, comum em praias litorâneas amazônicas e, no segundo, por depressões desenvolvidas na praia do Farol Velho, quando os afloramentos rochosos são mais expostos ou mais acentuados.

Durante o período de monitoramento, ocorreram eventos predominantes de acreção sedimentar entre a estação chuvosa e menos chuvosa. Nesta última, a intensidade dos ventos e o regime de ondas aumentam, influenciando no transporte de sedimentos para a face praial e na acreção das dunas frontais. Em Corvina e Atalaia 2, houve extensos campos de dunas durante a estação menos chuvosa. A presença de dunas proporciona um benefício contra a erosão costeira, retirada de areia e exposição de afloramentos rochosos de sedimentações antigas. Tanto que os sedimentos mais finos foram obtidos em direção ao setor leste, onde as dunas são mais abundantes.

Houve predominância de areias finas muito bem selecionadas nas praias oceânicas de Salinópolis, principalmente nos extremos da área de estudo (Corvina e Atalaia 2), pois observa-se o aumento da média e da assimetria, e diminuição do grau de seleção em direção a eles. A deposição de sedimentos está direcionada a estes extremos, que ainda recebem os sedimentos das baías que os margeiam. No setor central e parte do setor leste, onde se situa o Atalaia 1, as condições erosivas são mais favoráveis, visto que há muita exposição de afloramentos rochosos no setor central, e que o balanço sedimentar positivo entre a estação chuvosa e menos chuvosa foi baixo no Atalaia 1.

## AGRADECIMENTOS

Aos membros do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC) da Universidade Federal do Pará (UFPA) pela parceria na realização deste trabalho. Ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da UFPA e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) pelo financiamento da bolsa de estudos.

## REFERÊNCIAS BLIOGRÁFICAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Sistema de monitoramento hidrológico**. Disponível em: <http://bancodedados.cptec.inpe.br>. Acessado em: 03jun2013.

BARBOSA, V. M.; GREGÓRIO, A. M. S.; BUSMAN, D. V.; COSTA, R. A. A. M.; SOUZA FILHO P. W. M.; PEREIRA, L. C. C. Estudo morfodinâmico durante uma maré equinocial de sizígia em uma praia de Macromaré do litoral amazônico (Praia de Ajuruteua-PA, Brasil). **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 60-61, p.31-43, 2007.

BASCOM, W.N. The relationship between sand-size and beach face slope. **Trans. Am. Geophys. Union**, v.32, p.866-874, 1951.

BIRKEMEIER, W. Field data on seaward limit of profile change. **Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering**, v.111, n.3 , p.598-602, 1985.

BRAGA, F.P.S. **Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Pará: Um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo**. Belém, 2007. 116 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.

CARMO, D.A. **Aplicação do modelo de tendências granulométricas (GSTA) para determinação do padrão de transporte de sedimento na Baía do Espírito Santo, Vitória – ES**. Vitória, 2006, 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo.

CPTEC – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS –  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Modelo WWatch Global.**

Disponível em: <http://ondas.cptec.inpe.br/>. Acessado em: 14out2013.

CPTEC – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS –  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Banco de dados meteorológico  
(Estação Synop).** Disponível em:

<http://bancodedados.cptec.inpe.br/downloadBDM/login.do;jsessionid=C6D7F66A4DC3B139F487EA7042392AE0.base1>. Acessado em: 19jul2014.

EL-ROBRINI, M.; ALVES, M. A. M. S.; SOUZA FILHO, P. W. M.; EL-ROBRINI, M. H. S.; SILVA JÚNIOR, O. G.; FRANÇA, C. F. Atlas de erosão e progradação da zona costeira do Estado do Pará – Região Amazônica: Áreas oceânica e estuarina. In: MUEHE, D. (Coordenador), **Atlas de Erosão e Progradação da Zona Costeira Brasileira**. São Paulo, p.1-34, 2006.

FOLK, R.L & WARD, W.C. Brazas river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of sedimentary petrology**, v.27, p.3-26, 1957.

GAO, S. & COLLINS, M. Analysis of grain size trends, for defining sediment transport pathways in marine environments. **Journal of Coastal Research**, v.10, p.70-78, 1994.

GEYER, W.R.; BEARDSLEY, R.C.; LENTZ, S.J.; CANDELA, J.; LIMEBURNER, R.; JOHNS, W.E.; CASTRO, B.M.; SOARES, I.D. Physical oceanography of the Amazon shelf. **Continental Shelf Research**, v.16, p.575-616, 1996.

GREGÓRIO, A.M.S; MENDES, A.C.; BUSMAN, D.V. Morfodinâmica da Praia de Atalaia – Salinópolis/Pará. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 5, 2005, Guararipe. **Resumos expandidos...** São Paulo: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2005.

GUERRA, A.T. GUERRA, A.J.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 648 p., 2011.

GUERREIRO, J.S. **Análise morfoossedimentar da praia da Marieta, Ilha do Marco, NE do Pará**. Belém, 2010, 102 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.

KING, C.A.M. (Coordenador). **Beaches and coasts**. London: Edward Arnold, 403 p., 1972.

KÖPPEN, W. (Coordenador). **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 479 p., 1948.

LEITE, W.S. **Estratigrafia de dunas costeiras de Salinópolis/Pa em associação com variações pluviométricas**. Belém, 2010, 66 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental) – Instituto de Estudos Costeiro, Universidade Federal do Pará.

MCLAREN, P. An interpretation of trends in grain size measures. **Journal of Sedimentary Research**, v.51, n.2, p.611-624, 1981.

MARINO, M.T.R.D.; FREIRE, G.S.S.; HORN FILHO, N.O. Variações granulométricas ao longo da costa da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.13, n.3, p.267-282, 2013.

MARTINS, A.C.S. & LUZ, M.S.F.C. **Cenário climatológico atuante no Litoral Norte da Amazônia Brasileira**. Belém, 2004, 63 p. Monografia (Especialização em Oceanografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Para.

NORDSTROM, K.F. Differences in grain size distributions with shoreline positions in a spit environment. **Northeastern Geology**, v.3, 252-258, 1981.

PAGLIARINI-CORDOVIL, P.E. **Sedimentação e hidrodinâmica em uma praia de macromaré: Ajuruteua, Pará**. Belém, 2010, 42 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.

RANIERI, L.A. & EL-ROBRINI, M. Comportamento morfodinâmico sazonal da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área. **Pesquisas em Geociências**, v.39, n.3, p.231-246, 2012.

ROBIN, N.; LEVOY, F.; MONFORT, O. Short term morphodynamics of an intertidal bar on megatidal ebb delta. **Marine Geology**, v.260, p.102–120, 2009.

SANTOS, V.F. **Estratigrafia holocênica morfodinâmica atual da planície costeira da Ilha de Algodal e Marudá**. Belém, 1996, 139 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.

SEGUNDO, G.H.C. **Processos oceanográficos na região costeira e estuarina do rio Caeté, Pará, Brasil**. Niterói, 2007, 139 p. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense.

SHORT, A.D. Beaches. In: SHORT A. D. (Coordenador), **Handbook of beach and shore face morphodynamics**. Chichester: John Wiley & Sons, p.1-19, 1999.

SHORT, A.D. Australia beach system – The morphodynamic of wave through tide-dominated beachdune systems. **Journal of Coastal Research**, v.35, p.7-20, 2003.

SILVA, A.N.B. **Índices de extremos climáticos e tendências da precipitação anual e sazonal na Amazônia Oriental**. Belém, 2010, 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.

SILVA, P.V.M. **Estudo da morfodinâmica sazonal e quantificação de transporte sedimentar costeiro nas praias de Fortalezinha e Princesa, Algodal/Maiandeuá (Nordeste do Estado do Pará)**. Belém, 2014, 95 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.

SOUZA FILHO, P.W.M. **A planície costeira bragantina (NE do Pará): Influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia costeira durante o Holoceno**. Belém,



1995, 123 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará,

SOUZA FILHO, P.W.M. & EL-ROBRINI, M. Morfologia, Processos de Sedimentação e litofácies dos ambientes morfosedimentares da Planície Costeira Bragantina, Nordeste do Estado do Para (Brasil). **Geonomos**, v.4, p.1-16, 1996.

SOUZA FILHO, P.W.M.; TOZZI, H.A.M.; EL-ROBRINI, M. Geomorphology, land-use and environmental hazards in Ajuruteua macrotidal sand beach, Northern Brazil. **Journal of Coastal Research**, v.35, p.580-589, 2003.

WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v.30, p.377-392, 1922.

## 5. ARTIGO 2: CLASSIFICAÇÃO MORFODINÂMICA E EFEITOS DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA SAZONAL NAS PRAIAS DE MACROMARÉS DE SALINÓPOLIS, COSTA AMAZÔNICA, BRASIL

(Artigo a ser submetido para revista *Estuaries and Coasts*)

### **Resumo**

As praias de macromarés da costa amazônica estão sob a influência do clima equatorial, das condições oceanográficas e dos padrões físicos e sedimentares dos grandes estuários que deságuam nesta costa. Este artigo visa analisar os efeitos da sazonalidade climática sobre a morfodinâmica das praias de macromaré de Salinópolis através de coletas de dados realizadas durante as estações amazônicas: chuvosa (26, 27 e 28/04/2013) e menos chuvosa (04, 05 e 06/10/2013). A área de estudo compreende três setores: Oeste (praias da Corvina e Maçarico), Central (praia do Farol Velho) e Leste (praia do Atalaia). Os materiais e dados coletados foram: topografia da zona de intermaré e amostras de sedimentos superficiais desta zona em seis *transectos* perpendiculares a linha de costa, altura e período de ondas no momento da arrebentação em cada setor e amplitudes de marés registradas no setor oeste e na Ilha do Atalaia. Os dados foram agregados para identificação de parâmetros morfométricos e estados morfodinâmicos de praia. As marés na área de estudo apresentaram a amplitude máxima de 5,3 m (Setor Central, durante a estação menos chuvosa) e mínima de 4 m no mesmo setor, durante a estação chuvosa. As alturas de ondas foram mais elevadas no setor leste (máximo de 1,05 m durante a maré enchente na estação menos chuvosa) e períodos de ondas foram mais curtos ( $< 4,5$  s) no setor oeste. As praias de Salinópolis apresentam declives suaves ( $< 1,5^\circ$ ), grandes variações na linha de costa entre as estações do ano (9,6 a 88,4 m) e volume sedimentar variável dependendo do grau de exposição ao mar aberto. Predominou o estado morfodinâmico dissipativo ( $\Omega > 5,5$ ) para estas praias, mas com ocorrência do estado de banco e calha longitudinais ( $4,7 < \Omega < 5,5$ ) no setor oeste, concluindo-se que as praias apresentam variabilidade morfodinâmica mediana, que está muito relacionada com a propagação das ondas para o litoral, com as condições climáticas sazonais, com a intensidade variável das correntes de marés e com os padrões dos ventos (média de 4,14 m/s).

**Palavras-chave:** Morfologia, hidrodinâmica, Amazônia Oriental.

## INTRODUÇÃO

A abordagem morfodinâmica considera as interações entre a hidrodinâmica e a morfologia, seus feedbacks positivo e negativo e o acoplamento resultante que mantém alterável a morfologia ao longo da zona costeira (Short, 2012).

As praias, feições mais comuns numa zona costeira, são locais onde ocorrem as maiores alterações morfodinâmicas. As praias são depósitos de sedimentos, mais comumente arenosos que se ajustam às condições de ondas e marés (Muehe, 2001). Os depósitos de areias são acumulados pelos agentes de transportes fluviais ou marinhos (Guerra & Guerra, 2011).

Ao longo da costa amazônica, a precipitação, vazão do rio, ventos, marés, correntes e ondas são os principais fatores que controlam a variação morfológica e sedimentológica das praias (Guerreiro *et al.*, 2013). A maioria dessas praias está sob o regime de macromarés (amplitude  $> 4$  m) semidiurnas.

Durante muito tempo houve poucas informações em relação às praias de macromarés no meio científico. Mas a partir da década de 90, novos estudos surgiram considerando também os efeitos relativos das marés na morfologia das praias, a exemplo dos trabalhos desempenhados por Masselink & Short (1993). Atualmente, há uma série de estudos sobre essas praias no mundo (Jackson *et al.*, 2005; Masselink & Hegge, 1995; Sénéchal *et al.*, 2009; Short, 1991; Kroon & Masselink, 2002; Poate *et al.*, 2009) e na costa amazônica (Ranieri & El-Robrini, 2012; Alves, 2001; Braga, 2007; Barbosa *et al.*, 2007; Monteiro *et al.*, 2009; Pagliarini-Cordovil, 2010; Guerreiro, 2010; Pereira *et al.*, 2014).

Contudo, o estudo da dinâmica de praias de macromarés ainda apresenta particularidades complexas, especialmente quanto ao domínio de ondas e marés, pois mesmo em costas com grandes amplitudes de maré, pode-se ter elevada influência de ondas no estabelecimento da morfodinâmica praial.

Quanto aos efeitos da variação sazonal amazônica sobre a morfossedimentação de praias de macromarés, presume-se que as mesmas podem perder areia para o transporte mar afora durante a estação mais chuvosa, quando os estuários e canais de marés apresentam maior alcance de descarga sedimentar ao oceano e as condições oceanográficas são mais energéticas que as da estação menos chuvosa, resultando na formação de barras arenosas localizadas a centenas de metros costa afora, orientadas paralelamente a linha de costa (Braga, 2007).

Entende-se que a abordagem morfodinâmica para praias de macromarés da costa amazônica, incluindo as do município de Salinópolis (Corvina, Maçarico, Farol Velho e Atalaia) está relacionada com a influência da meteorologia (clima equatorial), das condições oceanográficas e dos padrões físicos e sedimentares dos grandes estuários e furos que deságuam na costa norte, a exemplo dos rios Amazonas, Pará e, localmente, o rio Urindeua que limita o município a oeste, o rio Arapepó que o limita a oeste, e o rio Sampaio que atravessa o município.

Nas praias de Salinópolis também há diferentes tipos de feições geomorfológicas limitando a linha de costa e interação com granulometria de variação mediana, que podem ou não acarretar características morfodinâmicas distintas entre elas.

O presente artigo visa identificar o estado morfodinâmico e a influência da sazonalidade nas alterações ocorrentes durante as estações amazônicas (chuvosa e menos chuvosa) nas praias de macromaré de Salinópolis.

## **ÁREA DE ESTUDO**

O município de Salinópolis está localizado na região Nordeste do Estado do Pará, costa Norte do Brasil, a 130 km da foz do rio Amazonas, cuja influência deste propicia diversos ambientes de sedimentação costeiros, como estuários, canais e deltas de maré, ilhas, manguezais e praias barreiras.

A área de estudo está delimitada em três setores: Oeste (praias da Corvina e Maçarico), Central (praia do Farol Velho) e Leste (praia do Atalaia) (Figura 34).

As praias de Salinópolis estudadas apresentam características morfodinâmicas e sedimentológicas de variabilidade mediana, em função de suas posições serem todas expostas ao oceano. Nas praias da Corvina, Maçarico e Atalaia, ocorrem dunas frontais e canais de maré. A praia do Maçarico é a que está menos exposta ao oceano aberto, devido à conexão que faz com a foz do rio Sampaio. Nela, no Atalaia e no Farol Velho afloram rochas carbonáticas do Terciário em diferentes trechos de praia devido a erosão costeira local.

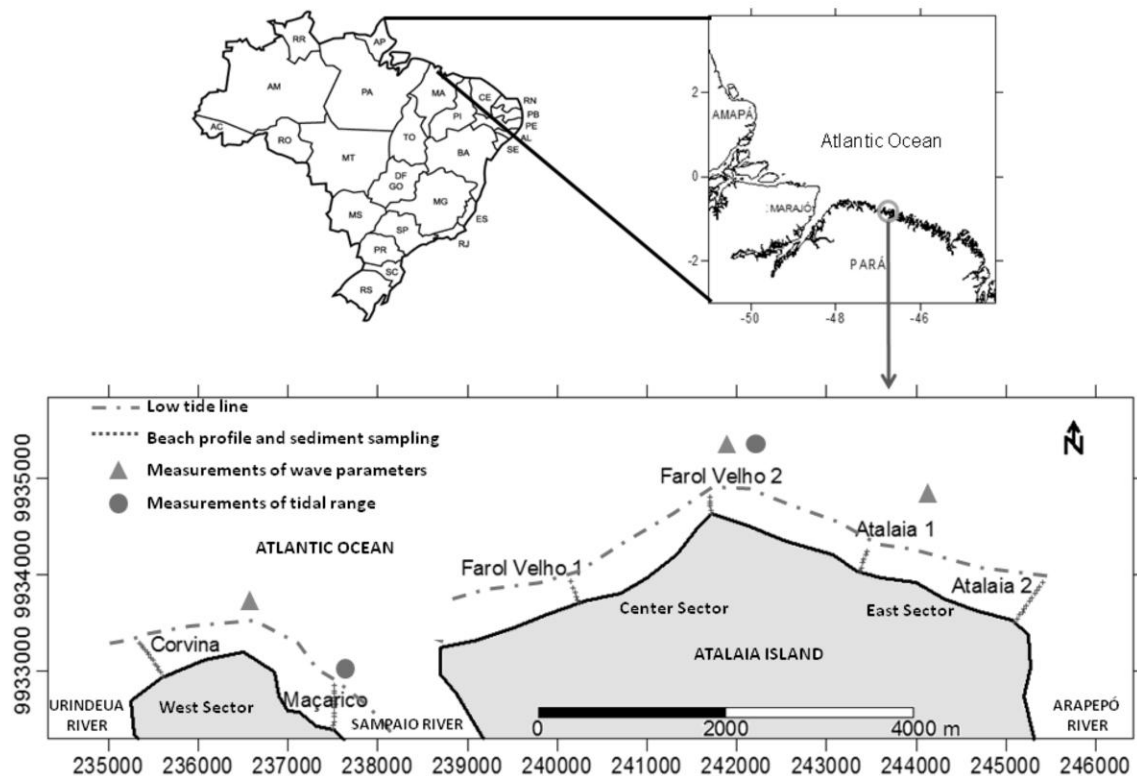
O ciclo anual das chuvas na Amazônia Oriental é marcado pelo movimento migratório latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico Equatorial (Silva, 2010).

O clima é quente e úmido (Clima Equatorial Amazônico) (Köppen, 1948) e a temperatura média é de 27 °C (CPTEC, 2014). Ao longo do ano há um inverno (estação mais chuvosa) e um verão amazônico (estação menos chuvosa). O primeiro de dezembro a maio, e o segundo de junho a novembro. A precipitação anual em Salinópolis é cerca de 2.800 mm (ANA, 2013).

A velocidade média dos ventos é de 4,10 m/s, sendo a variação predominantemente da direção de 20 a 30°, representada pelos ventos alísios de NE (CPTEC, 2014). As ondas são formadas por estes ventos predominantes que ocasionam correntes de deriva litorânea para

NW (Geyer *et al.*, 1996). Segundo CPTEC (2013), a altura de onda em Salinópolis varia de 0,5 a 1,5 m.

As marés mais altas ocorrem normalmente em março e abril devido à associação de dois fatores principais: meses de maiores concentrações de chuva e a ocorrência do Equinócio de primavera, podendo a maré alcançar altura próxima a 6 m. Em setembro e outubro, durante o Equinócio de outono, as marés também apresentam valores elevados. As correntes de marés são as principais correntes que atuam no litoral amazônico, com velocidade máxima na plataforma continental interna de 2 m/s, durante a maré de sizígia (Segundo, 2007).



**Figura 34** – Mapa de localização dos três setores da costa oceânica de Salinópolis e os procedimentos metodológicos aplicados.

## METODOLOGIA

Foram realizadas campanhas de campo nas praias de Salinópolis durante um ciclo sazonal (26, 27 e 28/04/2013 – estação chuvosa – e 04, 05 e 06/10/2013 – estação menos chuvosa e com influência do Equinócio de outono).

Para a análise das alterações morfológicas e sedimentares foram feitas medições topográficas, com auxílio de Estação Total da marca Topcon GTS 239, e coletas de sedimentos superficiais durante a maré baixa de sizígia ao longo de *transectos* perpendiculares a linha de costa localizados em seis pontos de estudo (Figura 34).

Os parâmetros de onda foram medidos em cada setor do trecho estudado (Figura 34), sendo a altura ( $H_b$ ) obtida através de filmagem de cristas de ondas consecutivas numa torre de metal colocada logo após a zona de arrebentação. O tempo da passagem dessas ondas foi dividido pelo número cristas registrado e assim obtido o período delas ( $T$ ) (Muehe, 2002).

Medições de amplitude de maré foram feitas nos setores oeste e na Ilha de Atalaia (setores central e leste) (Figura 34) através de sonda de pressão do equipamento OBS (*Optical Backscatter Sensors*), modelo Infinity-turbi ATU75W-USB.

As frações granulométricas das amostras de sedimentos foram obtidas por peneiramento, sendo utilizada a classificação de Wentworth (1922).

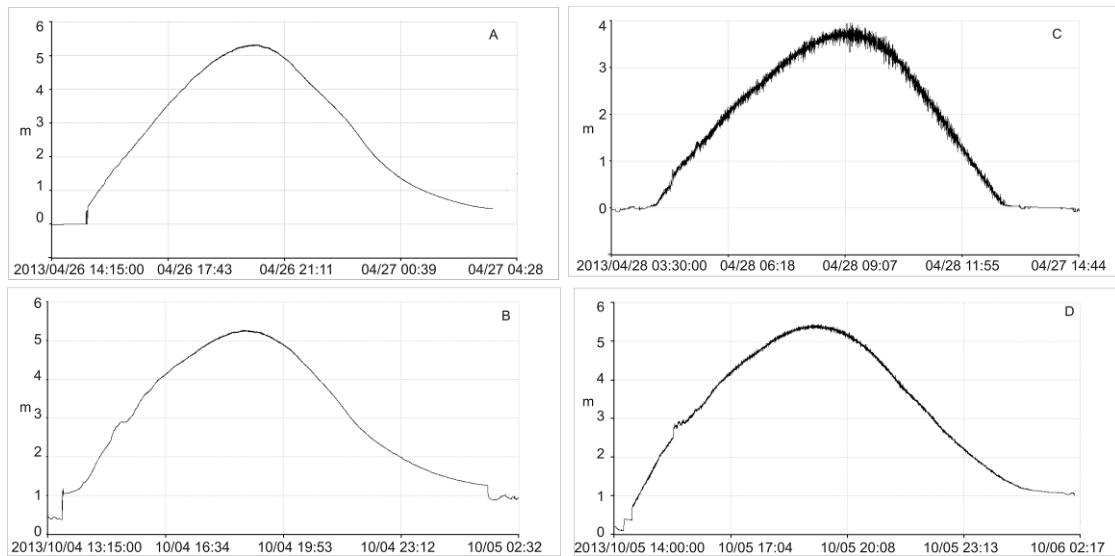
Foram calculados os parâmetros morfométricos sugeridos por Short & Hesp (1982): volume sedimentar ( $V_v$ ), declividade da face praial ( $\beta$ ), largura da praia ( $Y_b$ ), desvio padrão da largura da praia ( $\sigma Y_b$ ), coeficiente de variação da linha de costa ( $CVY_b$ ) e velocidade de decantação das partículas sedimentares ( $W_s$ ). Tais parâmetros morfométricos foram calculados com o intuito de relacioná-los aos estados morfodinâmicos de Wright & Short (1984), e Masselink & Short (1993), e fornecem detalhamento para a análise da sazonalidade das alterações morfodinâmicas.

## RESULTADOS

### *Hidrodinâmica e Ventos*

As macromarés na área de estudo (Figura 35) variaram de 4 m (Setor Central, durante a estação chuvosa) a 5,3 m (Setor Central, durante a estação menos chuvosa), sendo a maior altura correspondente ao efeito do Equinócio de outono.

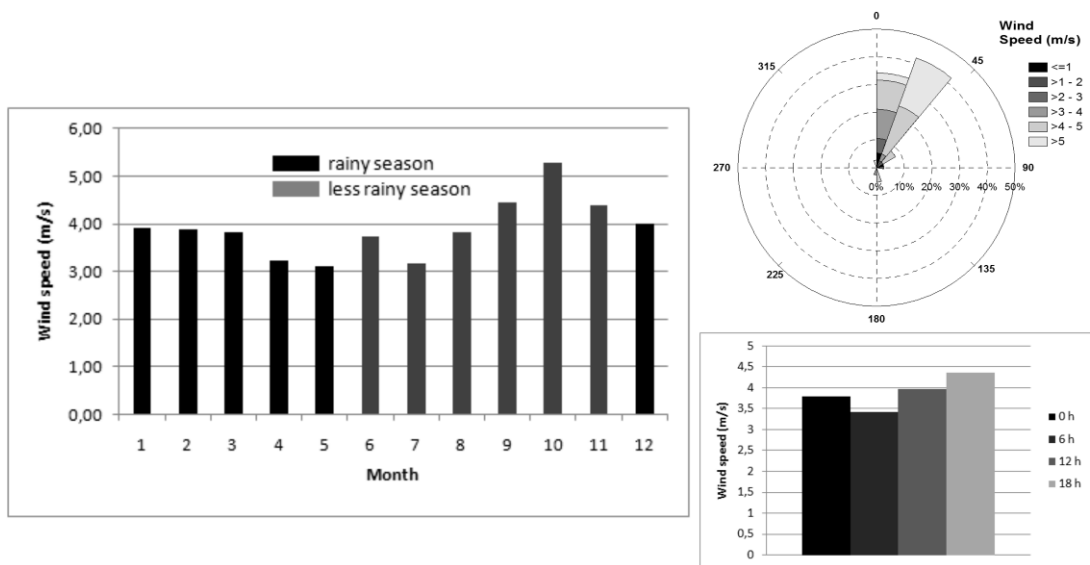
As marés são semi-diurnas, porém com pequena assimetria, dado que a fase de enchente ocorreu num intervalo de tempo menor que a fase de vazante.



**Figura 35** – Amplitude de maré registrada na área de estudo. 26/04/2013, estação chuvosa (A), e 04/10/2013, estação menos chuvosa, (B) no setor oeste. 28/04/2013 (C) e 05/10/2013 (D) na Ilha do Atalaia (setores central e leste).

Os parâmetros Hb e T estão associados com as condições meteorológicas e a fase da maré, com períodos curtos de onda durante a enchente (Tabela 7). Nas fases de enchente ocorridas ao final do dia notam-se os menores valores para T, por conta dos ventos mais intensos neste horário (Figura 36). Os menores períodos de onda foram registrados nas praias localizadas mais perto da foz do rio Sampaio (Corvina e Maçarico – setor oeste).

Hb atingiu os valores mais elevados no setor leste e sempre na maré enchente (Tabela 7). Quando a velocidade dos ventos é menor (estação chuvosa), Hb atingiu valores um pouco mais baixos.



**Figura 36** – Velocidade média dos ventos e direção predominante em 2013 registrada no município de Salinópolis (Dados de CPTEC, 2014).

**Tabela 7** – Parâmetros de altura de onda significativa (Hb) e período de onda (T). *e*: ebb tide (maré vazante). *f*: flood tide (maré enchente).

Parameter	WEST SECTOR				CENTER SECTOR				EAST SECTOR			
	April		October		April		October		April		October	
	Date/hour	Value	Date/hour	Value	Date/hour	Value	Date/hour	Value	Date/hour	Value	Date/hour	Value
Hb <sub>e</sub> (m)	26/04/2013	0,63	04/10/2013	0,65	27/04/2013	0,68	05/10/2013	0,81	28/04/2013	0,86	05/10/2013	0,94
T <sub>e</sub> (s)	12:30	4,20	10:50	4,40	13:00	5,07	12:27	4,98	12:45	5,70	11:42	5,50
Hb <sub>f</sub> (m)	26/04/2013	0,44	04/10/2013	0,60	28/04/2013	0,76	05/10/2013	0,64	28/04/2013	0,90	05/10/2013	1,05
T <sub>f</sub> (s)	18:25	4,10	18:35	4,20	6:45	4,74	16:06	4,82	7:40	5,35	16:36	5,20

\* Horários das medições de ondas ocorreram no intervalo correspondente a três horas antes da baixamar e da preamar.

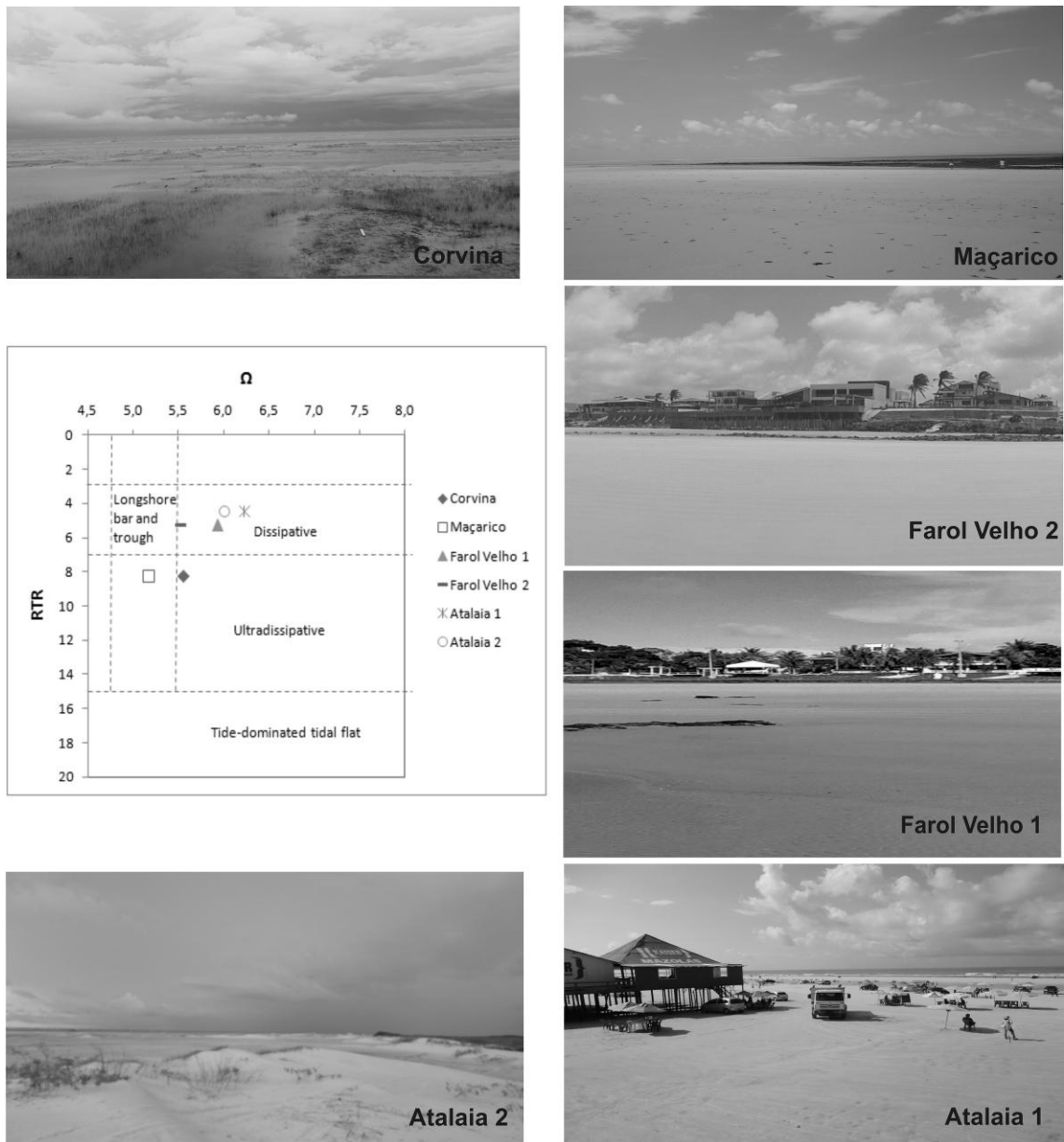
### Morfologia das praias

Ao longo da costa oceânica de Salinópolis, as praias são recobertas por areia fina e apresentam declividade abaixo de  $1,5^\circ$  (Tabela 8). Os menores declives foram verificados na praia do Maçarico (setor oeste) e os maiores na praia do Farol Velho (setor central).

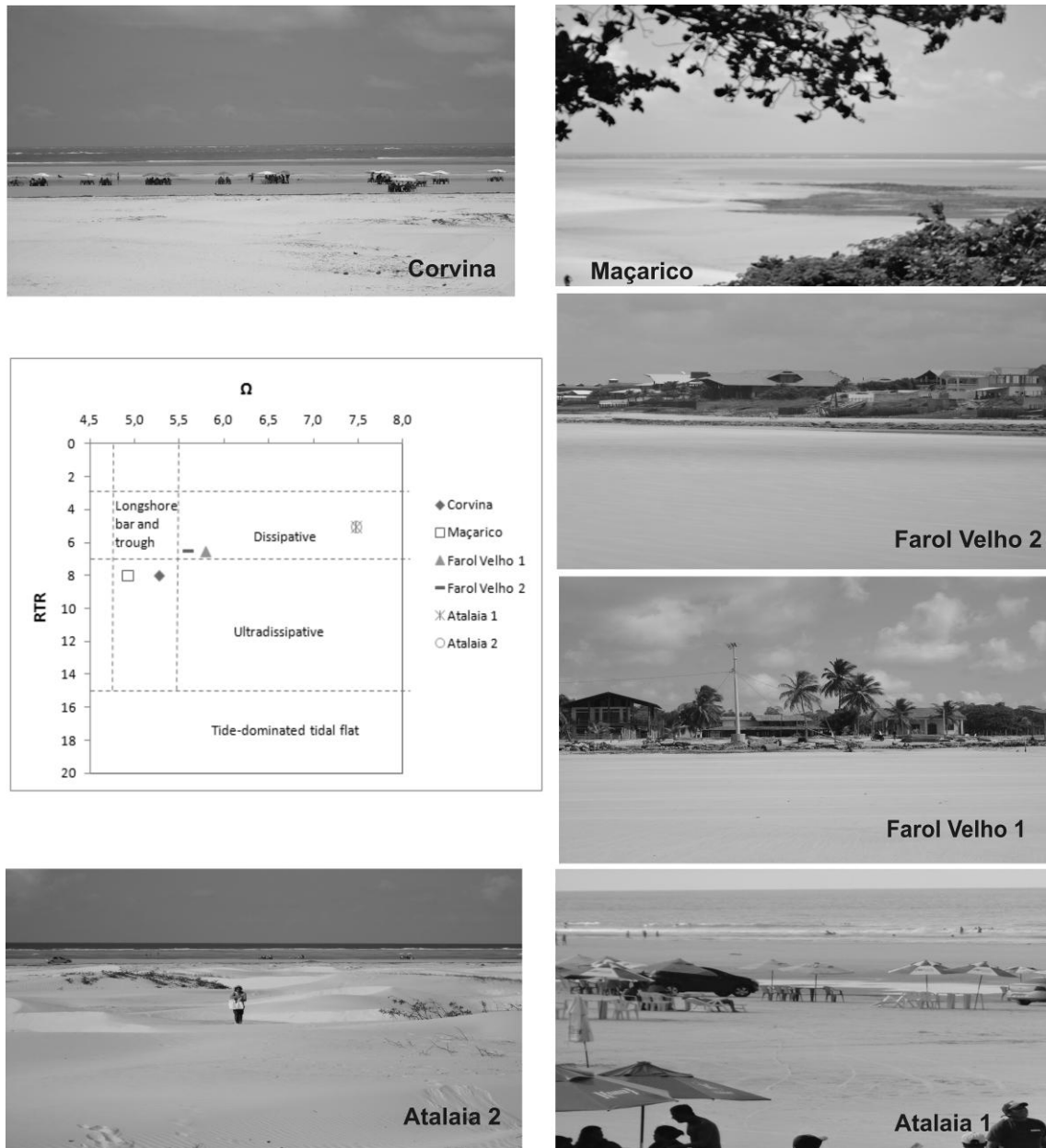
As praias são classificadas, segundo Masselink e Short (1993), como modificadas por maré ( $3 < RTR < 15$ ) (Figuras 37 e 38), sendo ultradissipativas ( $7 < RTR < 15$ ) no setor oeste e intermediária ( $3 < RTR < 7$ ) no setor leste, durante as duas estações do ano. Na estação chuvosa, esta última característica também foi verificada no setor central, e durante a estação menos chuvosa, a praia foi classificada como ultradissipativa.

De acordo com a classificação de Wright & Short (1984), as praias dissipativas, com valor de  $\Omega$  superior a 5,5, ocorreram na Corvina (setor oeste), durante a estação chuvosa, e nos setores central e leste (Figura 37).

Praias intermediárias, com valor de  $\Omega$  entre 4,7 e 5,5 (Figuras 37 e 38), ocorreram apenas no setor oeste, onde há praias com barras e calhas longitudinais bem desenvolvidas na zona de intermaré e offshore.



**Figura 37** – Estados morfodinâmicos identificados para as praias de Salinópolis durante a estação chuvosa.  $\Omega$ : segundo a classificação de Wright & Short (1984). RTR: segundo a classificação de Masselink e Short (1993). Fotografias retiradas em 28/04/2013.

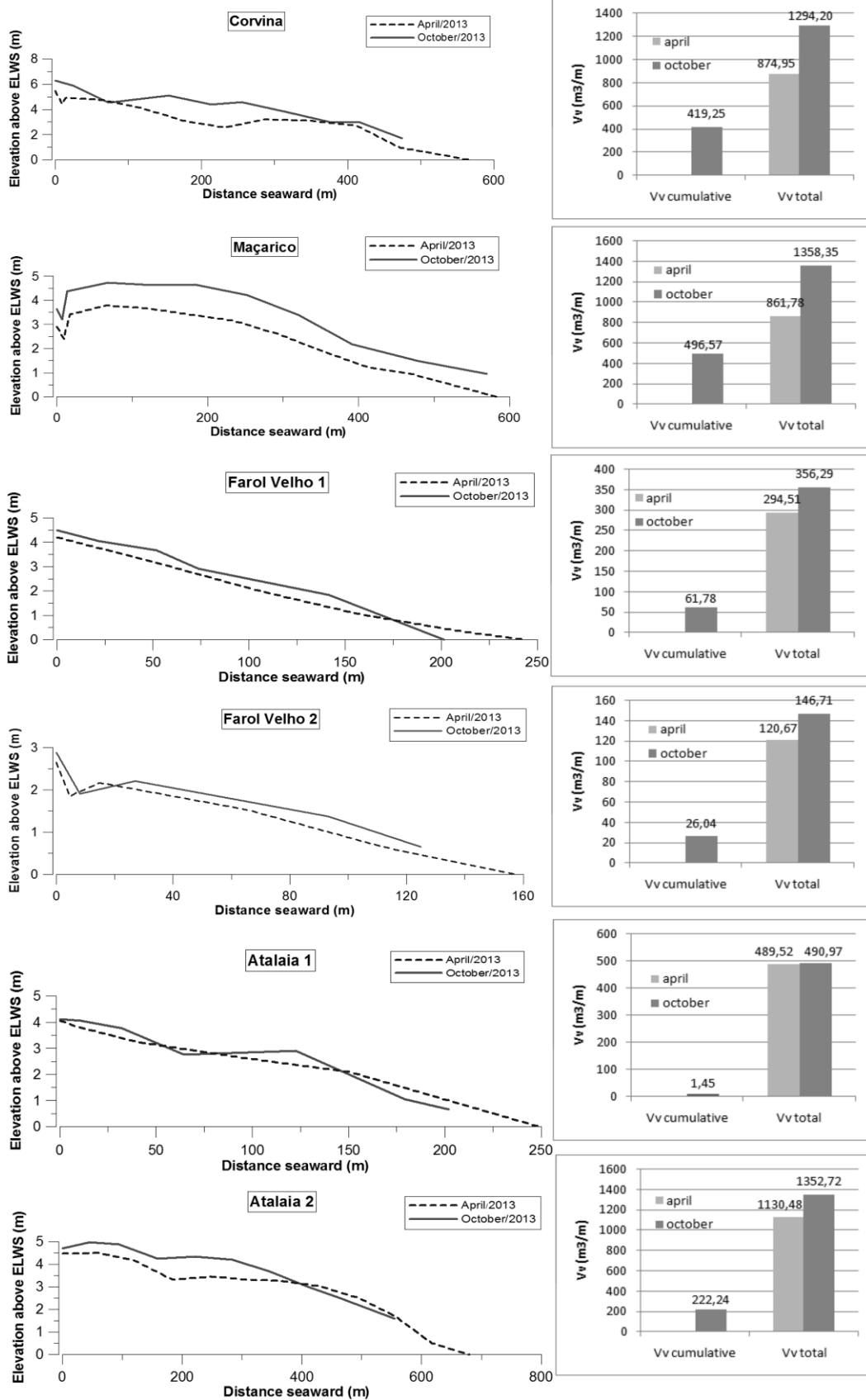


**Figura 38** – Estados morfodinâmicos identificados para as praias de Salinópolis durante a estação menos chuvosa.  $\Omega$ : segundo a classificação de Wright & Short (1984). RTR: segundo a classificação de Masselink e Short (1993). Fotografias retiradas em 06/10/2013.

As variações na linha de costa ( $\sigma Y_b$ ) foram grandes (9,6 a 88,4 m) entre as duas estações do ano, sendo que a praia do Maçarico teve a menor variação em relação às demais praias, com coeficiente (CVY<sub>b</sub>) de 1,66 % (Tabela 8). Tratam-se da praia que se localiza na região mais abrigada da ação direta das ondas. Pelo contrário, o setor leste, mais exposto, apresentou o maior valor de  $\sigma Y_b$ , com CVY<sub>b</sub> de 14,34 % (Tabela 8).

Valores de variações no volume sedimentar (V<sub>v</sub>) foram positivos na transição da estação chuvosa para a menos chuvosa. Maiores V<sub>v</sub> ocorreram no setor oeste (Figura 39 e Tabela 8), que fica adjacente a foz de rio. Nos setores central (Farol Velho 2) e leste (Atalaia 1), os valores de V<sub>v</sub> foram menores (Figura 39 e Tabela 8).





**Figura 39** – Perfis topográficos e variações no volume sedimentar (Vv) das praias entre as estações chuvosa (em abril/2013) e menos chuvosa (em outubro/2013). ELWS: *Extreme Low Water Spring Tides* (Nível de Maré Baixa de Sizígia Equinocial).

**Tabela 8** – Parâmetros morfométricos registrados durante as estações chuvosa (em abril/2013) e menos chuvosa (em outubro/2013).

Parameter	WEST SECTOR				CENTER SECTOR				EAST SECTOR			
	Corvina		Maçarico		Farol Velho 1		Farol Velho 2		Atalaia 1		Atalaia 2	
	April	October	April	October	April	October	April	October	April	October	April	October
D50 (Φ)	2,758	2,697	2,635	2,578	2,79	2,616	2,583	2,666	2,856	2,744	2,832	2,768
Ws (cm/s)	2,70	2,80	2,90	3,00	2,70	2,90	2,90	3,00	2,70	2,70	2,80	2,70
Vv (m3/m)	751,24	1294,2	861,78	1358,35	294,51	356,29	120,67	146,71	489,52	490,97	1130,48	1352,72
$\beta$ (°)	0,70°	0,90°	0,53°	0,54°	1°	1,30°	1°	1,40°	0,95°	1,20°	0,53°	0,60°
Yb (m)	567	474	583	569	244	201	158	125	249	202	679	554
$\sigma_{Yb}$ (m)	65,76		9,59		30,41		23,33		33,23		88,39	
CVYb (%)	12,63%		1,66%		13,67%		16,49%		14,74%		14,34%	

## DISCUSSÃO

Grandes dados de MSR foram observados na área de estudo, assumindo que os mesmos foram coletados em períodos com influência do Equinócio. O maior valor registrado (5,3 m) ocorrido durante a estação menos chuvosa foi devido a associação da maré equinocial de outono e o efeito de ventos fortes. Pelo contrário, o valor de MSR mais baixo (4 m) foi registrado na estação chuvosa, quando a influência do Equinócio de Primavera foi mais baixa (dado coletado cerca de um mês após o evento), e quando a intensidade de ventos é mais fraca.

A costa amazônica é protegida das ondas durante parte da maré vazante, baixamar e o início da preamar por bancos de areia ou barras. O resultado é o atraso da enchente no interior dessas áreas costeiras, levando a períodos de vazante mais longos, principalmente durante o Equinócio (Pereira *et al.*, 2014). Tais autores concluem esta hipótese, ressaltando que em praias mais expostas ao mar aberto, como as de Salinópolis, o efeito de assimetria de maré é menos pronunciado, porque eles estão localizados dentro de uma área de menor influência de banco de areia, permitindo a enchente chegar à praia com um atraso não tão grande, como foi observado neste artigo.

Como consequência da pequena assimetria da maré local, foram obtidos os maiores T durante a vazante. Próximo da baixa-mar, as ondas quebram em barras arenosas, causando um atraso na incidência das ondas à costa, que ao romperem nestes obstáculos, após o empilhamento das mesmas, adquirem ganho de Hb e maiores períodos de propagação. Quando a maré está alta, as ondas propagam sem romper ao longo das barras, obtendo T mais curtos e Hb maiores por conta do aumento da declividade da face praial ao aproximar-se da zona de pós-praia.

Segundo Calliari *et al.* (2003), é comum a todas as praias do tipo meso e macromaré, a ocorrência de um padrão refletivo por ocasião da preamar e de outro mais dissipativo na baixamar. Porém, em condição de ondas altas, há predomínio de modos erosivos, resultando na formação de escarpas na pós-praia e mínimas modificações na face praial. As praias de meso e de macromaré, portanto, são muito estáveis tanto espacialmente quanto no tempo (meses a anos). Contudo, vale ressaltar que em condições de tempestades mais severas, as modificações podem ser diárias e até mesmo entre uma fase de maré e outra, ajustando-se posteriormente ao estado anterior mais estável devido à relativa estabilidade das condições oceanográficas também. Isto confere uma particularidade muito importante para as praias de macromaré equatoriais da costa amazônica.

A presença de barras e calhas longitudinais na zona de intermaré e *offshore* explica a relação entre a altura de ondas de cada praia estudada. Nas praias do setor oeste, os valores de Hb são mais elevados durante a vazante, pela incidência das ondas nas feições de barras presentes, corroborado pelo valor de  $\Omega$  entre 4,7 a 5,5, predominante no setor oeste.

Nos setores central e leste, a influência de barras e calhas longitudinais não ocorreram, mas as ondas incidiram com Hb elevados, especialmente durante a enchente, pelo ganho de

energia ao aproximar-se da fase de premar, por incidirem na face da praia com maior declive topográfico e pela localização mais favorável à direção predominante dos ventos locais. Quando a velocidade dos ventos é menor (estação chuvosa), Hb atingiu valores um pouco mais baixos.

Outro fator de influência sobre a energia de ondas relacionado à condição meteorológica, deve-se ao fato de que nas medições da fase de enchente, ocorridas ao final do dia, obtiveram-se os menores valores para T, por conta dos ventos mais intensos neste intervalo do dia.

Considerando as duas fases de maré, as praias que obtiveram os menores T foram as do setor oeste. Estas praias são localizadas próximo a foz do rio Sampaio, que exerce significativa influência na carga sedimentar e na intensidade das correntes de maré, esta última pode acelerar a propagação das ondas.

Os menores declives de praia foram verificados na praia do Maçarico (setor oeste) também devido à proximidade do rio. Esta praia fica adjacente a um leito mais plano de rio e modelado principalmente pelas correntes de maré. Na praia do Farol Velho (setor central), afloramentos rochosos desde a linha de costa configuram declives um pouco mais acentuados à face praial. Estes afloramentos, também presentes na zona de intermaré da praia do Maçarico, propiciam também aumentos pontuais na granulometria destas praias. Mas, em geral, verifica-se o predomínio de areia fina por toda faixa praial de Salinópolis.

A variabilidade na declividade das praias compostas de areia fina na região deve-se, principalmente, a processos de formação e erosão de dunas frontais.

Na morfologia das praias do setor oeste, a ocorrência de depressões (calhas) desde a linha de costa deve-se às ramificações do canal de maré que atravessa este setor, transversalmente. Já no setor central (Farol Velho 2), a presença de calha na linha de costa ocorre devido aos afloramentos rochosos que retêm sedimentos no limite superior dos mesmos e cria uma depressão no limite inferior.

As praias de Salinópolis são modificadas por maré, predominando o estado morfodinâmico dissipativo nos setores central e leste, durante as duas estações do ano, e somente durante a estação chuvosa na praia da Corvina (setor oeste). Atalaia 1 (setor leste) apesar de enquadrar-se no estado morfodinâmico dissipativo durante a estação menos chuvosa, apresentou barras e calhas longitudinais pouco desenvolvidas na zona de intermaré. Ou seja, este último setor exibiu também características de praia intermediária.

Em todos os setores há abundância de areia fina, baixa declividade na face praial, além de dunas bem desenvolvidas no pós-praia, para os setores oeste e leste, indicando que devem estar realmente mais expostos à energia da hidrodinâmica e eólica moderada. Pelo contrário, na praia do Maçarico (setor oeste), menos exposto ao oceano, o estado morfodinâmico de barras e calhas longitudinais ocorreu nas duas estações do ano.

Geralmente, quanto maior for a exposição às ondas, maior é a variabilidade (Klein *et al.*, 1997), gerando maior instabilidade morfológica. Isto foi observado através da análise dos valores de  $\sigma_{Yb}$  e  $CV_{Yb}$ , visto que na praia do Maçarico as variações na linha de costa foram bem menores em relação às outras praias. Pelo contrário, no setor leste, mais exposto, houve o maior valor de  $\sigma_{Yb}$ , sendo o  $CV_{Yb}$  cerca de 14 %.

No setor central (Farol Velho 2) houve maior  $CV_{Yb}$ , onde os valores superam 15 % de sua largura média. Oliveira (2009) atribuiu que a grande variação da linha de costa resulte de sua própria amplitude, pois em locais no qual a praia é bastante estreita, qualquer valor de variação de linha de costa exerce mais proporcionalidade.

Em relação à variação de volume subaéreo das praias (Vv), verificou-se também diferenças entre os setores por conta da maior e menor exposição ao oceano.

Maiores Vv ocorreram na praia do Maçarico, adjacente ao rio Sampaio. Este apresenta maior deposição sedimentar na praia durante a estação menos chuvosa, devido à força das

correntes de maré, na enchente e vazante, serem menos intensas. Pelo contrário, nos perfis de praia localizados na parte central da Ilha de Atalaia (Farol Velho 2 e Atalaia 1), os valores de  $V_v$  foram menores. Estes estão em áreas onde ocorrem maiores efeitos erosivos, pois são mais expostas à incidência das ondas e mais distantes da foz de rios e baías que fornecem sedimentos.

Em geral, houve balanço positivo no volume sedimentar na transição da estação chuvosa para a menos chuvosa, ou seja, houve aumento na deposição sedimentar, visto que na primeira estação predominam condições erosivas e na segunda deposição de sedimentos, quando se espera efeitos mais razoáveis das correntes de maré, poucas condições de tempestades e maior ação eólica.

## CONCLUSÃO

As praias de Salinópolis apresentaram dois tipos morfodinâmicos: dissipativo, principalmente na estação chuvosa e de banco e calha longitudinal, principalmente na estação menos chuvosa. A propagação de ondas *offshore* para o litoral está restritamente relacionada às condições climáticas sazonais, à condição diária dos ventos e a influência variável das marés. Quanto a esta última, nota-se que durante as marés altas a energia de ondas é moderada (podendo alcançar valores superiores a 1 m), enquanto que a baixa energia de ondas é mais frequente durante as marés baixas.

Em praias, como as do setor oeste, em que a presença de bancos e calhas longitudinais na zona de intermaré e *offshore* é constante, as condições resultantes são também de energia de onda moderada com períodos um pouco mais longos durante a baixamar, próximo da mesma e no início da enchente. Esta característica topográfica de bancos e calhas longitudinais foi observada nas duas estações para a praia do Maçarico, a menos exposta ao mar aberto por ser adjacente à foz do rio Sampaio.

A questão da maior e menor exposição às ondas foi determinante para as diferenças na variabilidade dos valores dos parâmetros morfométricos nos três setores de Salinópolis. Praias mais expostas apresentam maiores variações na linha de costa, instabilidade morfológica e menor ganho de sedimentos entre as estações do ano. Já as menos expostas apresentam menores variações na linha de costa e maior acresção sedimentar.

Mas, em geral, houve um balanço positivo no volume sedimentar entre as estações chuvosa e a menos chuvosa, como era esperado pela sazonalidade das condições climáticas. Esta transição entre as estações é acompanhada não somente pelo aumento na intensidade dos ventos e decréscimo das precipitações, mas também pela diminuição na intensidade dos eventos que esta última variável climática pode influenciar, como tempestades, descarga fluvial, correntes de maré.

As praias equatoriais brasileiras apresentam diferenças significativas quando comparadas com outras praias de macromaré ao redor do mundo em termos de caracterização morfodinâmica. Neste artigo, por exemplo, o parâmetro ômega ( $\Omega$ ), mas recomendado para praias de micromarés, enquadrou-se bem para as praias modificadas por maré de Salinópolis. Este apresenta valores mais condizentes com a realidade observada durante a coleta dos dados do que o parâmetro RTR.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves M.A.M.S. 2001. Morfodinâmica e Sedimentologia da Praia de Ajuruteua – NE do Pará. Dissertação de Mestrado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 104p.

- ANA – Agência Nacional das Águas. 2013. Sistema de monitoramento hidrológico. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 03 jun 2013.
- Barbosa V.M., Gregório A.M.S., Busman D.V., Costa R.A.A.M., Souza Filho P.W.M., Pereira L.C.C. 2007. Estudo morfodinâmico durante uma maré equinocial de sizígia em uma praia de Macromaré do litoral amazônico (Praia de Ajuruteua-PA, Brasil). *Boletim Paranaense de Geociências*, **60-61**: 31-43.
- Braga F.P.S. 2007. Morfologia e Sedimentologia da Praia de Macromaré de Ajuruteua, Pará: Um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo. Dissertação de Mestrado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 116 p.
- Calliari L.J., Muehe D., Hoefel F.G., Toldo Jr J. 2003. Morfodinâmica praial: uma breve revisão (Beach morphodynamics: a brief review). *Rev. bras. oceanogr.*, **51**: 63-78.
- CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 2013. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de dados meteorológico (Modelo WWATCH). Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 14 jan 2013.
- CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 2014. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de dados meteorológico (Estação Synop). Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 25 jul 2014.
- El-Robrini M., Alves M.A.M.S., Souza Filho P.W.M., El-Robrini M.H.S., Silva Júnior O.G. & França C.F. 2006. Atlas de erosão e progradação da zona costeira do Estado do Pará – Região Amazônica: Áreas oceânica e estuarina. In: D. Muehe (ed.) *Atlas de Erosão e Progradação da Zona Costeira Brasileira*. São Paulo, p.: 1-34.
- Geyer W.R., Beardsley R.C., Lentz S.J., Candela J., Limeburner R., Johns W.E., Castro B.M., Soares I.D. 1996. Physical oceanography of the Amazon shelf. *Continental Shelf Research*, **16**:575-616.
- Guerra A. T. & Guerra A. J. T. 2011. Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 648 p.
- Guerreiro J.S. 2010. Análise morfossedimentar da praia da Marieta, Ilha do Marco, NE do Pará. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 102 p.
- Guerreiro J.S., Ranieri L.A., El-Robrini M., Vila-Concejo A. 2013. Seasonal changes of a dynamic macrotidal beach: Case study of Marieta beach (Amazon Coast/Brazil). *Journal of Coastal Research*, Special Issue, **65**.
- Jackson D.W.T., Cooper J.A.G., Riob L. del. 2005. Geological control of beach morphodynamic state. *Marine Geology*, **216**: 297-314.
- Klein, A.H.F.; Temme, B.; Menezes, J.T.; Diehl, F.L.; Carvalho, J.L.B. & Jabor, P.M. 1997. Comportamento morfológico de uma praia semiprotégida: praia central de Balneário Camboriú, Santa Catarina. In: 6o Congresso da ABEQUA. Curitiba, *Anais...* p.: 82-84.

- Köppen W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Econômica, México, 479 pp.
- Kroon A. & Masselink G. 2002. Morphodynamics of intertidal bar morphology on a macrotidal beach under low-energy wave conditions, North Lincolnshire, England. *Marine Geology*, **190**: 591-608.
- Masselink G. & Short A.D. 1993. The effect of tide range of beach morphodynamics: a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, **9**:785-800.
- Masselink G., Hegge B., 1995. Morphodynamics of meso- and macrotidal beaches: examples from central Queensland, Australia. *Marine Geology*, **129**: 1-23.
- Monteiro M.C., Pereira L.C.C., Guimarães D.O., Costa R.M. 2009. Ocupação Territorial e Variações Morfológicas em uma Praia de Macromaré do Litoral Amazônico, Ajuruteua-PA, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, **9(2)**:91-99.
- Muehe D. 2002. Geomorfologia Costeira. In: Cunha S.B. & Guerra A.J.T. (eds.) *Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicação*. 2. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.: 191-238.
- Muehe D. 2001. Geomorfologia costeira. In: S.B. Cunha & A.J.T. Guerra (eds.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 2. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.: 253-308.
- Oliveira U.R. 2009. Relações entre a Morfodinâmica e a Utilização em Trechos da Costa Oceânica da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Tese de Doutorado, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, 140 p.
- Pagliarini-Cordovil P.E. 2010. Sedimentação e hidrodinâmica em uma praia de macromaré: Ajuruteua, Pará. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 42 p.
- Pereira L.C.C., Vila-Concejo A., Costa R.M., Short A.D. 2014. Managing physical and anthropogenic hazards on macrotidal Amazon beaches. *Ocean & Coastal Management*, **96**: 149-162.
- Poate T.G., Kingston K.S., Masselink G., Russell P. 2009. Response of high-energy, macrotidal beaches to seasonal changes in wave conditions: examples from North Cornwall, UK. CAR (ed.). 10<sup>th</sup> International Coastal Symposium. (Lisbon, Portugal). *Journal of Coastal Research*, **56**: 747-751.
- Ranieri L.A., El-Robrini, M. Comportamento morfodinâmico sazonal da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área. *Pesquisas em Geociências*, **39 (3)**: 231-246.
- Segundo G.H.C. 2007. Processos oceanográficos na região costeira e estuarina do rio Caeté, Pará, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense. 139 p.

- Sénéchal N., Gouriou T., Castelle B., Parisot J.-P., Capo S., Bujan S., Howa H. 2009. Morphodynamic response of a meso- to macro-tidal intermediate beach based on a long-term data set. *Geomorphology*, **107**: 263-274.
- Short A.D., 1991. Macro-meso tidal beach morphodynamics e an overview. *Journal of Coastal Research*, **7**: 417-436.
- Short A.D., 2012. Beach Morphodynamics in Australia 1970s–2010. *Geographical Research*, **50(2)**: 141–153.
- Short A.D. & Hesp P.A. 1982. Wave beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Gology*, **48**:259-284.
- Silva A.N.B. 2010. Índices de extremos climáticos e tendências da precipitação anual e sazonal na Amazônia Oriental. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 134 p.
- Wentworth C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**:377-392.
- Wright L.D. & Short A.D. 1984. Morphodynamics variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, **56**:93-118.

## 6. ARTIGO 3: EFEITO DA CARGA SEDIMENTAR ESTUARINA NA EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA DE SALINÓPOLIS, NORDESTE DO PARÁ, BRASIL

(Artigo submetido à Revista Pesquisas em Geociências em 06/05/2014)

**Resumo** – A Linha de Costa delimita o contato oceano-continente na Zona Costeira e é modelada em diferentes escalas espaciais e temporais por processos de origem oceânica, continental, climático/meteorológico e antrópico, tais como ondas, marés, ventos, movimentos tectônicos e construções sobre ecossistemas. As taxas médias de variação de linha de costa constituem um bom índice para a determinação das tendências evolutivas de qualquer trecho do litoral. No município de Salinópolis, apesar de haver uma tendência deposicional de sedimentos na linha de costa, em locais onde a ocupação humana está se consolidando, a erosão costeira tem acarretado impactos significativos (recoo de barracas, perda parcial de moradias e abalos às vias de acesso as praias). Neste sentido, foi realizada com o auxílio do *Digital Shoreline Analysis System*, a avaliação multitemporal (25 anos) da variação da linha de costa no trecho urbano de Salinópolis a partir da análise de imagens de satélite Landsat, limitando a área de estudo em três setores (oeste: praias da Corvina e Maçarico, central: praia do Farol Velho e leste: praia do Atalaia). De 22/07/1988 a 28/08/2013, o recoo médio linear obtido para toda área de estudo foi de -42,25 m, enquanto o avanço médio linear foi de 190,26 m, indicando uma tendência progradacional da costa. As maiores taxas de variação ocorreram entre os anos de 1988 a 2001, com 18,24 m/ano no Setor Oeste, 0,06 m/ano no Setor Central e 5,08 m/ano no Setor Leste. As áreas em erosão são pontuais: divisas das praias da Corvina e Maçarico, e Farol Velho e Atalaia, locais mais expostos ao oceano e onde a urbanização se consolida de forma desordenada. A tendência deposicional de sedimentos na linha de costa desde 1988 ocorre exclusivamente nas margens de cada faixa praial, cujo resultado é derivado da elevada carga sedimentar trazida pelos estuários que cortam a área de estudo.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, análise multitemporal, variação de linha de costa, Salinópolis.

**Abstract** – The coastline delimits the ocean-continent contact in the coastal zone and is modeled at different spatial and temporal scales by oceanic, continental, climate / weather and anthropogenic processes, such as waves, tides, winds, tectonic movements and constructions on the ecosystems. The average variation of the coastline rates are a good indicator for determining evolutionary trends in any stretch of the coast. In Salinópolis, although there is a trend of depositional sediments on the coastline, in places where human occupation is



consolidating, the coastal erosion has caused significant impacts (down tents, partial loss of houses and concussions to access beaches roads). Like this, was performed with the *Digital Shoreline Analysis System*, the multitemporal evaluation (25 years) of the variation of the shoreline in the urban stretch of Salinópolis from the Landsat satellite images analysis, limiting the study area into three sectors (western: Corvina and Maçarico beaches, center: Farol Velho beach and eastern: Atalaia beach). From 22/07/1988 to 28/08/2013, the average linear retreat obtained for the entire study area was -42.25 m, while the average linear increase was 190.26 m, indicating a progradational trend of the coast. The highest rates of change occurred between the period of 1988 to 2001, with 18.24 m/year in the Western Sector, 0.06 m/year in the Center Sector and 5.08 m/year in the Eastern Sector. The eroding areas are punctual: between the Corvina and Maçarico beaches, and Farol Velho and Atalaia beaches, places more exposed to the ocean and where development is consolidated in a disorderly manner. The depositional trend of sediments in the coastline since 1988, occurs exclusively on the shores of the beaches, due to the high sediment load brought by estuaries that cut the study area.

**Keywords:** remote sensing, multitemporal analysis, change of shoreline, Salinópolis.

## 6.1. Introdução

A Zona Costeira (ZC) é um espaço geográfico de interação entre o oceano e o continente onde ocorrem também múltiplas atividades humanas, como lazer, transporte, habitação, indústria, produção de energia, consequentemente, é uma das áreas sob maior estresse ambiental.

A linha que delimita o contato oceano-continente, onde há o alcance máximo das ondas e marés é denominada de Linha de Costa (LC). Esta sofre contínuas alterações morfodinâmicas (Silva *et al.*, 2004) devido às trocas existentes entre os processos oceânicos (ondas, marés, correntes), continentais (movimentos tectônicos, descarga fluvial, degelo), climáticos/meteorológicos (ventos, precipitação, tempestades) e antrópicos (destruição dos ecossistemas costeiros).

Estes processos modelam a LC ao longo do tempo, ora causando erosão e ora causando acresção costeira em diferentes trechos do litoral. Assim a LC é considerada como uma linha móvel e sua posição pode variar em todas as escalas (Boak & Turner, 2005).

A interferência no meio físico por ações de natureza antrópica, principalmente relacionada à dinâmica dos processos sedimentares, desencadeiam efeitos expressivos à LC, podendo acarretar

problemas no âmbito ambiental e financeiro. Do ponto de vista geológico, as principais alterações são decorrentes de erosões, assoreamentos, bem como de colapsos do substrato. Em relação ao fator econômico, destacam-se as perdas de moradias, edificações e estruturas localizadas à beira-mar (Farinaccio & Tessler, 2010).

Os estudos de mapeamento das mudanças da LC demonstram o comportamento dos ambientes costeiros sob pressões naturais e antrópicas. Estes estudos vão desde os ensaios experimentais correspondentes às coletas de dados *in situ* até a utilização de dados coletados por instrumentos remotos. A utilização de imagens multitemporais de satélites, de radares, fotografias aéreas e cartas, aliadas aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) possibilita o monitoramento de paisagens que respondem a diversas perturbações e efeitos complexos e difíceis de serem previstos, tais como as paisagens contidas nos ambientes costeiros, que sofrem mudanças constantes em função da instabilidade das LC's.

As taxas médias de variação de LC's constituem um bom índice para a determinação das tendências evolutivas de qualquer trecho do litoral e para o diagnóstico dos impactos reais ocorrentes na costa, tais como as áreas com risco de erosão. Todavia, os valores determinados para as taxas médias de variação da LC têm de ser analisados com preocupação, pois correspondem à comparação de duas situações diferenciadas no tempo, não refletindo o que se verificou entre essas duas situações nem a eventual excepcionalidade de uma dessas situações. Dependem da extensão do período analisado, da época do ano, do método, da escala, da densidade dos dados e da extensão e variabilidade do trecho costeiro estudado.

Em virtude disto, nas últimas décadas, as técnicas de mapeamento da LC têm apresentado grande evolução relacionada ao rápido avanço tecnológico. Muitos trabalhos demonstram notáveis avanços em questões relacionadas a erros e tratamentos de dados, métodos de análise e predição da posição da LC (Mazzer & Dillenburg, 2009). A exemplo disto, tem-se o DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) (Thieler, 2003) que consta de uma aplicação gratuita de *software* que funciona dentro do SIG ArcGIS. Ele calcula as estatísticas de taxa de mudança para uma série temporal de dados vetoriais da LC, sendo de grande valor para o gerenciamento costeiro e os estudos sobre erosão.

Pesquisas realizadas por autores como Barbosa *et al.* (2007), Braga (2007), El-Robrini *et al.* (2006), França (2003), França *et al.* (2012), Gregório *et al.* (2013), Ranieri & El-Robrini (2012), Souza Filho & Paradella (2003) mostram que os ambientes costeiros, no NE do Pará, estão sendo afetados por processos erosivos decorrentes, principalmente, do avanço do nível médio do mar e da ação das marés de sizígia, que amplificam a energia das ondas. No município de Salinópolis, outro agravante é a expansão urbana desordenada sobre os limites da costa: construções irregulares sobre os ecossistemas costeiros (dunas e manguezais), devido a intensa especulação imobiliária por hoteleira e residências de veraneio sobre a LC, como as localizadas na Ponta do Farol Velho, que se encontram ameaçadas pelo avanço gradativo das preamares (Brito, 2004).

Nas áreas mais antropizadas, a erosão costeira tem acarretado impactos expressivos (recuo de barracas na praia do Atalaia, perda parcial das moradias nas praias do Atalaia e Farol Velho e abalos das vias de acesso a estas praias). Contudo, em outras áreas adjacentes aos estuários, as características progradacionais da LC são dominantes, mesmo em locais antropizados, como na “Orla do Maçarico”.

O presente artigo mostra este comportamento (tendências erosivas e progradacionais) da LC no trecho urbano de Salinópolis (praia da Corvina à praia do Atalaia), a partir da análise multitemporal em longo prazo (período de 1988 a 2013).

## **6.2. Área de Estudo**

### *6.2.1. Fisiografia da Linha de Costa*

O município de Salinópolis está localizado na região NE do Estado do Pará, onde têm-se na parte central e urbana as praias estudadas: Corvina, Maçarico, Farol Velho e Atalaia. A outra parte que constitui o Município é mais preservada (Fig. 40).

A parte urbana, cujas variações na LC são mais impactantes, foi compartimentada em três setores: Oeste, mais urbanizado, com as praias da Corvina e do Maçarico, onde se situa a “Orla do Maçarico”; Central, com a praia do Farol Velho e o local com urbanização mais próxima da praia; e o Leste, com a praia do Atalaia e campo de dunas com urbanização em expansão.

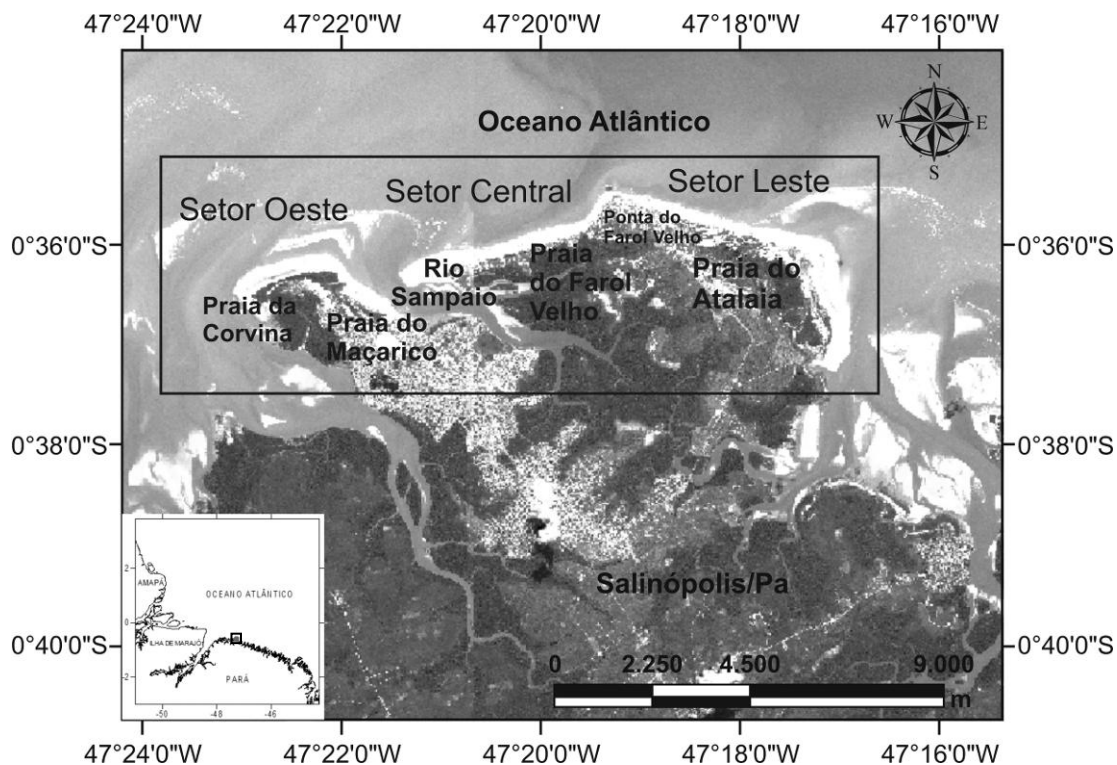


Figura 40 – Mapa de localização do município de Salinópolis, destacando no quadro interno, o trecho de costa estudado.

A praia da Corvina (Fig. 41a) é limitada por dunas frontais, restinga e manguezais na LC, situados à frente da “orla do Maçarico”. A praia do Maçarico (Fig. 41b) é limitada por falésias (Formação Barreiras) a sudeste, dunas e restinga a nordeste, que também se situam a frente da “orla do Maçarico”. Na praia do Farol Velho (Fig. 41c) há exposição de afloramentos rochosos da Formação Pirabas limitando a LC, assim como moradias construídas à frente do manguezal e diretamente sobre a LC. Já na praia de Atalaia (Fig. 41d) apenas à oeste estas moradias estão presentes. Ao leste, barracas de restaurantes em forma de palafitas limitam a LC junto com as dunas móveis frontais e permanentes (campo de dunas).

A natureza ainda divide espaço com a expansão urbana no trecho de costa estudado, e as unidades fisiográficas que limitam a LC são distintas, indo desde a presença de manguezais à falésias.



Figura 41 – Praias do município de Salinópolis/Pa: Corvina (A), Maçarico (B), Farol Velho (C) e Atalaia (D). Fotografias retiradas em 06/10/2013.

### 6.2.2. Geologia e Geomorfologia

Salinópolis está situada num setor da Zona Costeira e Estuarina do Pará (ZCEP) também conhecido como Costa Atlântica do Salgado Paraense, onde estão presentes muitos ambientes

costeiros, como: estuários, canais e deltas de maré, ilhas, manguezais, campo de dunas e praias barreiras.

No município afloram as unidades litoestratigráficas: Formação Pirabas, Formação Barreiras, ocupando a maior distribuição espacial de seu território, e Sedimentos Pós-Barreiras (Leite, 2010). Sobre os sedimentos do Pós-Barreiras estão os depósitos do Quaternário, representados pela planície aluvionar, estuarina e costeira da cobertura sedimentar recente (holocênica) (Mácola & El-Robrini, 2004).

Afloramentos da Formação Pirabas são expostos nas praias do Maçarico, do Farol Velho e do Atalaia. Os sedimentos da Formação Barreiras, correspondentes ao domínio geomorfológico de Planalto Costeiro, estão evidentes na LC e formam falésias na foz do Rio Sampaio, nas reentrâncias das baías que cortam o município, na ponta do Cocal (extremo leste da Ilha do Atalaia) e na vila de Cuiarana.

No domínio geomorfológico de Planície Costeira estão presentes os sedimentos do Holoceno nas praias, campo de dunas recentes e manguezais na LC de Salinópolis. Outras sub-unidades morfológicas são: paleodunas, sistema de lagos e planície arenosa (Leite, 2010), além de barras arenosas e deltas de maré.

Na LC, destacam-se, principalmente, dunas frontais com e sem vegetação de restinga nos Setores Oeste (praias da Corvina e do Maçarico) e Leste (praia do Atalaia), dunas inativas, estabilizadas pela vegetação, nos Setores Central (praia do Farol Velho) e Leste novamente, sendo menos vegetadas, “semi-fixas” e de maior ocorrência neste último setor.

### *6.2.3. Climatologia e Oceanografia*

O clima no NE do Pará é caracterizado por ser quente e úmido (Clima Equatorial Amazônico) (Köppen, 1948), com alta taxa de umidade relativa do ar, média anual em torno de 80 % a 90 % (Martins & Luz, 2004) e temperatura média de 27 °C (El-Robrini *et al.*, 2006). A região NE do Pará está situada no Hemisfério Sul (HS), contudo por estar próximo à Linha do Equador, apresenta particularidades climáticas, tendo ao longo do ano um inverno (verão e outono no HS) e um verão

amazônico (inverno e primavera no HS). Há um período mais chuvoso (dezembro a maio) e outro menos chuvoso (de junho a novembro), respectivamente.

O ciclo anual das chuvas na Amazônia Oriental é marcado pelo movimento migratório latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico Equatorial. As Linhas de Instabilidade (LIS) são as que produzem intensas precipitações na região. O regime de precipitação da Amazônia é ainda determinado, pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e pela Alta da Bolívia (AB) (Silva, 2010). A região é ainda afetada grandemente por anomalias climáticas naturais que ocorrem nos oceanos Pacífico e Atlântico.

De acordo com Silva (2010), o Oceano Pacífico influencia a variabilidade da precipitação amazônica interanual através do El Niño – Oscilação Sul (ENOS). Já a variabilidade interanual que ocorre no Oceano Atlântico Tropical, conhecida como Dipolo do Atlântico, mostraram um padrão de anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre o oceano Atlântico Tropical.

Segundo Souza (1997), a manifestação do modo de Dipolo no Atlântico, agindo em conjunto com os padrões anômalos de pressão ao nível médio do mar (PNM) e vento superficial constituem os principais fatores dinâmicos e termodinâmicos que modulam a intensidade e o posicionamento da ZCIT no Atlântico Equatorial (Silva, 2010).

Para o trimestre Março-Abril-Maio registram-se maiores índices pluviométricos no NE Paraense. Este alto índice de precipitação está associado à posição da ZCIT que se desloca mais ao Hemisfério Sul neste período (Albuquerque *et al.*, 2010). Particularmente no município de Salinópolis, a precipitação anual é cerca de 2.800 mm (Ana, 2013).

O regime de ventos dominante no NE do Pará é representado pelos alísios de NE que atuam continuamente durante o ano todo, com máximo de dezembro a março, quando se somam aos alísios de SE (Geyer *et al.*, 1996). A velocidade dos ventos em 2013 no município de Salinópolis foi em média 4,10 m/s, sendo a variação predominantemente da direção de 20 a 30°, representada pelos ventos alísios de NE (Cptec, 2014).

O NE do Pará recebe ondas formadas a partir dos ventos alísios. Estes cruzam a plataforma continental em direção a SW, gerando “*trends*” de ondas incidentes, que associados a morfologia de fundo, ocasionam correntes de deriva litorânea para NW (Geyer *et al.*, 1996).

Segundo o modelo WWATCH do CPTEC/INPE (Cptec, 2013), a altura de onda de águas profundas no município de Salinópolis varia de 0,5 a 1,5 m.

No NE do Pará ocorrem meso-macromarés semidiurnas (altura > 2m – > 4m, respectivamente). Em março e abril ocorrem as maiores alturas de maré devido à associação de dois fatores principais: meses de maiores concentrações de chuva e a ocorrência do Equinócio de primavera, podendo a maré alcançar altura próxima a 6 m.

As correntes de marés são as principais correntes que atuam no NE do Pará, com velocidade máxima na plataforma continental interna de 2 m/s, durante a maré de sizígia (Segundo, 2007). Secundariamente, são as correntes litorâneas resultantes da chegada das ondas à costa. Estas são responsáveis pelo transporte de grandes quantidades de sedimentos da plataforma continental para o litoral (Braga, 2007).

#### *6.2.4. Histórico Climático*

Durante o ano todo, na Amazônia Oriental, há influência de vários sistemas atmosféricos que variam desde a escala convectiva a escala sinótica: Linhas de Instabilidade (LI); Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); Ondas de Leste (OL); Sistemas de Brisas (marítima e terrestre). Em períodos intervalares, os fenômenos El Niño e La Niña, causam modificações no regime de precipitação (Cohen, 1996).

Devido à fragilidade da ZC, os efeitos de qualquer anomalia climática são refletidos rapidamente nos ambientes costeiros, pois os mesmos são regidos por processos sedimentares dinâmicos de origem continental e marinha, ajustados por fatores climáticos/meteorológicos.

Os impactos na região norte do Brasil pelo El Niño são: diminuição da precipitação e secas, enquanto que os impactos causados na mesma região pela La Niña são: aumento de precipitação e maior vazão dos rios. Ambos os impactos são mais perceptíveis nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, no entanto, a partir destes fenômenos pode-se definir se o restante do ano será mais chuvoso ou mais seco (ex. se a precipitação for mais intensa nos primeiros meses do ano, o verão amazônico será mais rigoroso também) (Marengo & Nobre, 2009; Corrêa, 2011). Na fig. 42 são identificados os anos de ocorrência de El Niño e La Niña entre 1978 a 2012.



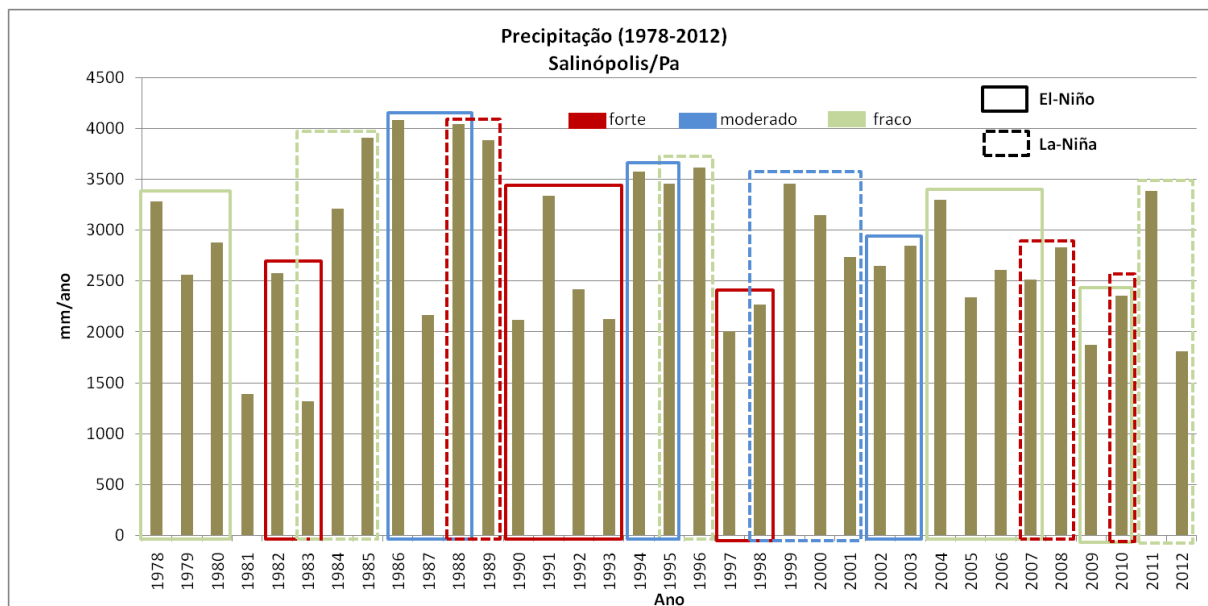


Figura 42 – Precipitação em Salinópolis e registros de El Niño e La Niña no período de 1978 a 2012. Fonte: Ana (2013) e Inpe (2014).

#### 6.2.5. Fatores Antrópicos na ZC de Salinópolis

O município de Salinópolis, inserido na Microrregião do Salgado Paraense, foi criado pelo decreto estadual n° 1.081 de 02 de novembro de 1943 (Cavalcante, 2001).

Salinópolis, assim como algumas cidades a beira-rio, também apresenta uma nova dinâmica na estrutura espacial que se reflete, principalmente, no modo de vida da população local, basicamente em função do mercado turístico que se instala na região (Brito, 2004).

As primeiras ações de urbanização em Salinópolis buscavam beneficiar empreendimentos que vêm instalando-se na região desde a década de 30.

Na década de 70, as ações implementadas pelo Estado em Salinópolis (produção de infraestrutura e o projeto AGRISAL) podem ser apontados como o elemento de atração da população rural tanto do município de Salinópolis, quanto de outros municípios próximos, atraída pela possibilidade de emprego na cidade. Desde então, a população urbana cresceu em ritmo acelerado, só que agora motivada pela possibilidade de ocupação em postos de trabalho nos setores de construção civil, turismo e veraneio (caseiro) (Marinho, 2009).

A principal representante do processo de incentivo à atividade turística presente na paisagem da cidade de Salinópolis é o complexo turístico “Orla do Maçarico”, construído em área que corresponde à planície costeira, onde estão presentes algumas unidades morfológicas marcadas por uma dinâmica constante e por ecossistemas frágeis, são elas, praias (Maçarico e Corvina), canais de maré, manguezais, dunas e restingas, áreas consideradas pelo governo federal como reservas ecológicas e de preservação permanente (Marinho, 2009).

Os principais fatores de impacto sobre o meio ambiente no município de Salinópolis são: avanço da cunha salina sobre o aquífero e o aumento da erosão costeira (Fig. 43) (aspectos naturais), lixo, esgoto sem tratamento, contaminação das águas subterrâneas, conflitos fundiários e ocupações irregulares em área de risco (aspectos antrópicos), especialmente na ilha do Atalaia, onde os efeitos da interferência humana estão sendo cada vez mais consolidados, com construções irregulares de hotéis em áreas de dunas e residências de veraneio sobre os terraços que limitam a linha de costa.



Figura 43 – Indícios de erosão nas principais praias de Salinópolis se traduzindo por: destruição da ponte que interliga a “orla do Maçarico” à praia da Corvina (A); desmoronamento gradativo de muros de arrimo na foz do Rio Sampaio, praia do Maçarico (06/10/2013) (B), nas praias do Farol Velho (C) e Atalaia (D). Fotografias retiradas em 26/04/2013 (A) e 06/10/2013 (B, C e D).

Na ilha do Atalaia, a ocupação desordenada ocorre desde a década de 70, com a construção da ponte que interliga a sede do município à ilha, expondo este sistema costeiro à forte especulação imobiliária sobre áreas antes ocupadas por dunas.

Há o recuo periódico de barracas residentes na LC para área de dunas frontais por conta do avanço do nível médio do mar, e atrás destas dunas são intensos os loteamentos. Em muitos destes loteamentos estavam dunas permanentes que foram removidas.

### 6.3. Metodologia

As imagens de satélite utilizadas neste artigo foram adquiridas previamente ortorretificadas, no formato *geotiff*, projeção UTM, zona 23S e datum WGS-84, através dos *sites*: A) *Global Land Cover Facility* (<http://glcfapp.glcf.umd.edu>) da Universidade de *Maryland – United States Geological Survey* (USGS), para os anos de 1988 e 2001; B) *LandsatLook Viewer* (<http://landsatlook.usgs.gov>) – USGS, para o ano de 2013.

Nas imagens *Landsat 5 TM (Thematic Mapper)* de 1988 e *Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper)* de 2001 foi utilizada a composição colorida com as bandas 3, 4 e 5, combinação 4R5G3B. Para a imagem *Landsat 8 OLI (Operational Land Imager)*, a combinação utilizada foi com as bandas 4, 5 e 6 (5R6G4B), pois as mesmas correspondem as bandas 3, 4 e 5 dos satélites *Landsat* anteriores. Utilizou-se ainda as bandas 8 pancromáticas das imagens *Landsat 7 ETM+* e *Landsat 8 OLI* para realização de fusão com as imagens coloridas de três bandas dos anos correspondentes (2001 e 2013). A finalidade da fusão de bandas foi a comparação de imagens de melhor resolução (15 m) entre estes dois anos. Detalhes das características das imagens podem ser observados na Tab. 9.

Tabela 9 – Características das imagens de satélite utilizadas.

Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Data de aquisição	Resolução espacial (m)	Condição da maré
Landsat 5	TM	223/060	22/07/1988	30	Baixa
Landsat 7	ETM	223/060	03/08/2001	30/15	Alta
Landsat 8	OLI	223/060	28/08/2013	30/15	Baixa

### 6.3.1. *Processamento digital das imagens de satélite*

O Processamento Digital das Imagens (PDI) foi realizado no Laboratório de Análise de Imagens do Trópico Úmido (LAIT) da Universidade Federal do Pará (UFPA), mediante o uso do *software* PCI *Geomatics* 10.2. Exceto a reprojeção das mesmas para o Hemisfério Sul, usando-se o *software* Global *Mapper* 12. Devido às imagens já estarem previamente ortorretificadas foram feitas apenas as técnicas de correções atmosférica, radiométrica e realce. A correção atmosférica pela subtração dos *pixel's* escuros através do método Chavez Jr. (1996) foi realizada utilizando-se a função *Aricnst* disponível na biblioteca de algoritmos (*Algorithm Librariam*) do *software* PCI *Geomatics* 10.2. Como as imagens foram adquiridas com resolução radiométrica de 16 *bits* foi feito o reescalonamento das mesmas para 8 *bits* visando melhorar o contraste das cenas trabalhadas, através da função *Scale* também disponível na biblioteca de algoritmos. A técnica de realce por transformação linear ocorreu através da função *Edit LUT*, no qual foi manipulado o histograma de cada banda das imagens utilizadas.

As imagens utilizadas no artigo apresentaram correspondência de posicionamento, ou seja, exatidão dos pontos identificados como referência (pontes e cruzamento de ruas) em todas as imagens, dispensando esforços com o georreferenciamento entre elas.

### 6.3.2. *Digitalização da linha de costa*

Para interpretação e digitalização visual da LC foram traçados para cada imagem os limites externos sugeridos por França & Souza Filho (2003), limites delimitados pela linha de maré alta de sizígia, que correspondem: A) à linha de contato entre as planícies lamosas cobertas por manguezais e os cordões arenosos duna/praias; B) à linha limítrofe da planície de supramaré coberta por vegetação campestre com os cordões arenosos duna/praias; e C) à linha de falésias em contato com os cordões arenosos praias.

As opções A e B levam em consideração a Linha Limite de Vegetação (LV) sugerida por Moore (2000), que é a melhor opção utilizada, tendo em vista que o objetivo do artigo foi de verificar mudanças de longo prazo (mais de 20 anos), cujas variações da vegetação tendem a apresentar

tendências mais robustas visto que a área de estudo corresponde a uma região estuarina com muita colonização vegetal.

A Linha de Contato Água/Solo (LCAS) e a Linha de Deixa (LD), outros procedimentos sugeridos por Moore (2000), não apresentam boa utilidade neste artigo, pois a primeira tem interpretação que depende muito da posição da maré no período do imageamento e muitas vezes pode induzir a falhas ou interpretações equivocadas em áreas muito rasas ou com grandes quantidades de material em suspensão (Conti & Rodrigues, 2011), tal como a Costa Norte do Brasil. A segunda opção possui a dificuldade do posicionamento da LC ser muitas vezes subjetivo e não ser detectável em imagens de média resolução espacial com *pixels* maiores que de 10 m (Conti & Rodrigues, 2011), como as imagens *Landsat*.

### 6.3.3. Análise quantitativa da variação da linha de costa

A partir da digitalização da LC para cada ano estudado (1988, 2001 e 2013), gerando arquivos vetoriais no *software* ARCGIS 10, foram calculadas as taxas de variação entre os vetores através da extensão *Digital Shoreline Analysis* (DSAS), proposta por Thieler (2003).

A extensão DSAS 4.3 (*Digital Shoreline Analysis System*) é um aplicativo que melhora as normais funcionalidades do *software* ArcGIS para os estudos de variação da LC, permitindo ao utilizador calcular com maior confiabilidade as taxas de mudanças a partir de uma série de linhas representadas por *polylines* devidamente posicionadas.

A partir da geração de *transectos* ortogonais a uma linha de base determinada pelo usuário (*baseline*), calcula-se a taxa de variação horizontal da LC ao longo do tempo com base em parâmetros estatísticos quantitativos.

Conti & Rodrigues (2011) fornecem uma breve descrição dos principais parâmetros desta ferramenta:

*Shoreline Change Envelope* (SCE) – descreve a distância entre os extremos das LC's (reco e avanço). Representa o movimento total da costa, não leva em consideração as datas. (SCE+ leva em consideração a imprecisão da linha).

*Net Shoreline Movement* (NSM) – mostra a distância entre as LC's mais recentes e mais antigas (NSM+ leva em consideração a imprecisão da linha).

*End Point Rate* (EPR) – determina a taxa de variação da costa por simples razão de distância por tempo.

*Linear Regression Rate-of-Change* (LRR) – mostra uma regressão linear da taxa de variação entre a primeira e última LC.

Método “*Jacknife*” (JKR) – calcula uma regressão linear entre todas as possíveis variações da LC.

*Weighted Linear Regression* (WRL) – calcula uma regressão entre as LC's com peso associado às imprecisões de posição.

Neste artigo foram utilizados os métodos EPR e NSM, pois o primeiro calcula variação dividindo a distância do movimento pelo tempo decorrido entre duas linhas. Ou seja, é uma relação espaço e tempo, onde é medida a distância em metros entre as duas linhas, que em seguida é dividida pelo intervalo de tempo existente entre as duas linhas, a antiga e a nova, tendo assim um produto com unidade em m/ano (Marino & Sá Freire, 2013). O segundo método (NSM) mostra a distância linear entre as LC que tiveram as taxas calculadas em m/ano.

No trecho costeiro analisado efetuou-se um total de 133 *transectos* com espaçamento de 100 m ao longo da extensão das praias distribuídos no sentido leste-oeste. O Setor Oeste corresponde aos *transectos* 1 a 37, o Setor Central aos *transectos* 38 a 77 e o Setor Leste aos *transectos* 78 a 133. A linha de base (baseline), que é utilizada na referência espacial de todos os anos, consistiu numa linha paralela a LC na direção *offshore*.

#### **6.4. Resultados e Discussão**

Os resultados obtidos de variações negativas e positivas da LC correspondem, respectivamente, aos deslocamentos por retrogradação ou erosão costeira e por progradação costeira ou deposição sedimentar.

Para o período de 25 anos, a variação média linear obtida para toda área de estudo foi de 116,23 m (Tab. 10), sendo somente o recuo médio linear de -42,25 m, enquanto o avanço médio linear

foi de 190,26 m, indicando uma tendência mais progradacional da costa. A comparação das imagens do satélite *Landsat* entre 1988, 2001 e 2013, revelou esta característica para a área total estudada (Fig. 43 e Fig. 44a).

Nota-se, contudo, que as maiores variações ocorreram nos extremos de cada faixa da praia (Setor Oeste e ilha do Atalaia, correspondente aos Setores Central e Leste), onde há maior deposição sedimentar. Nestes extremos a tendência deposicional é mais claramente identificável e ocorre devido serem zonas de praia próximas às margens de estuários e canais de marés com presença de deltas de maré vazante na foz. Segundo El-Robrini *et al.* (2006), os deltas de maré vazante funcionam como armadilha de sedimentos, propiciando o suprimento e a deposição dos mesmos, protegendo estas zonas dos processos de erosão.

Outra explicação para a favorável deposição sedimentar está relacionada à baixa ação antrópica. Nos extremos de cada faixa praial, exceto a sudeste da praia do Maçarico, a preservação ambiental ainda ocorre.

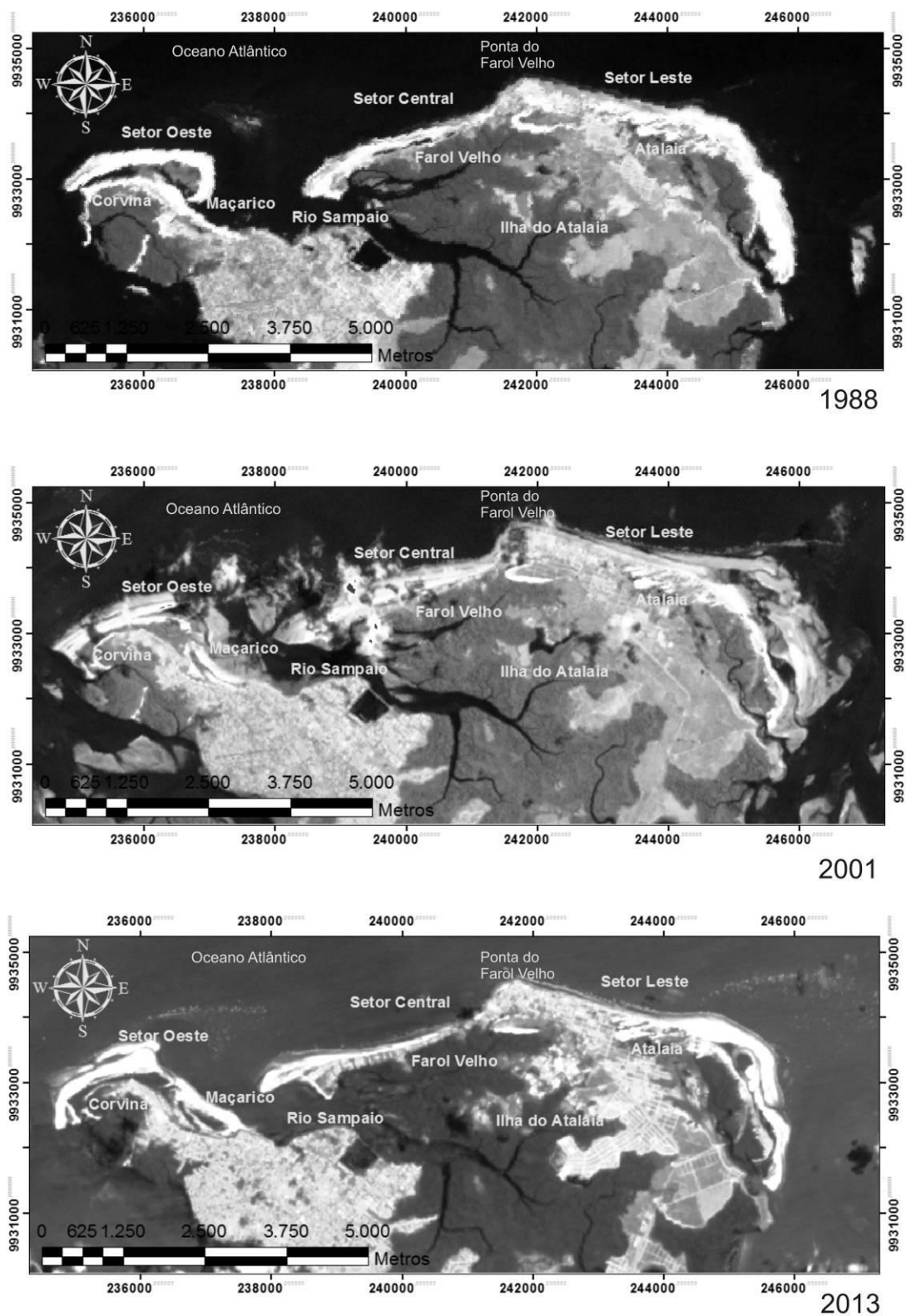


Figura 44 – Imagens Landsat TM (A), ETM+ (B) e OLI (B), escala 1:50.000, mostrando a variação da LC nos setores Oeste (praias da Corvina e Maçarico), Central (praia do Farol Velho) e Leste (praia do Atalaia).



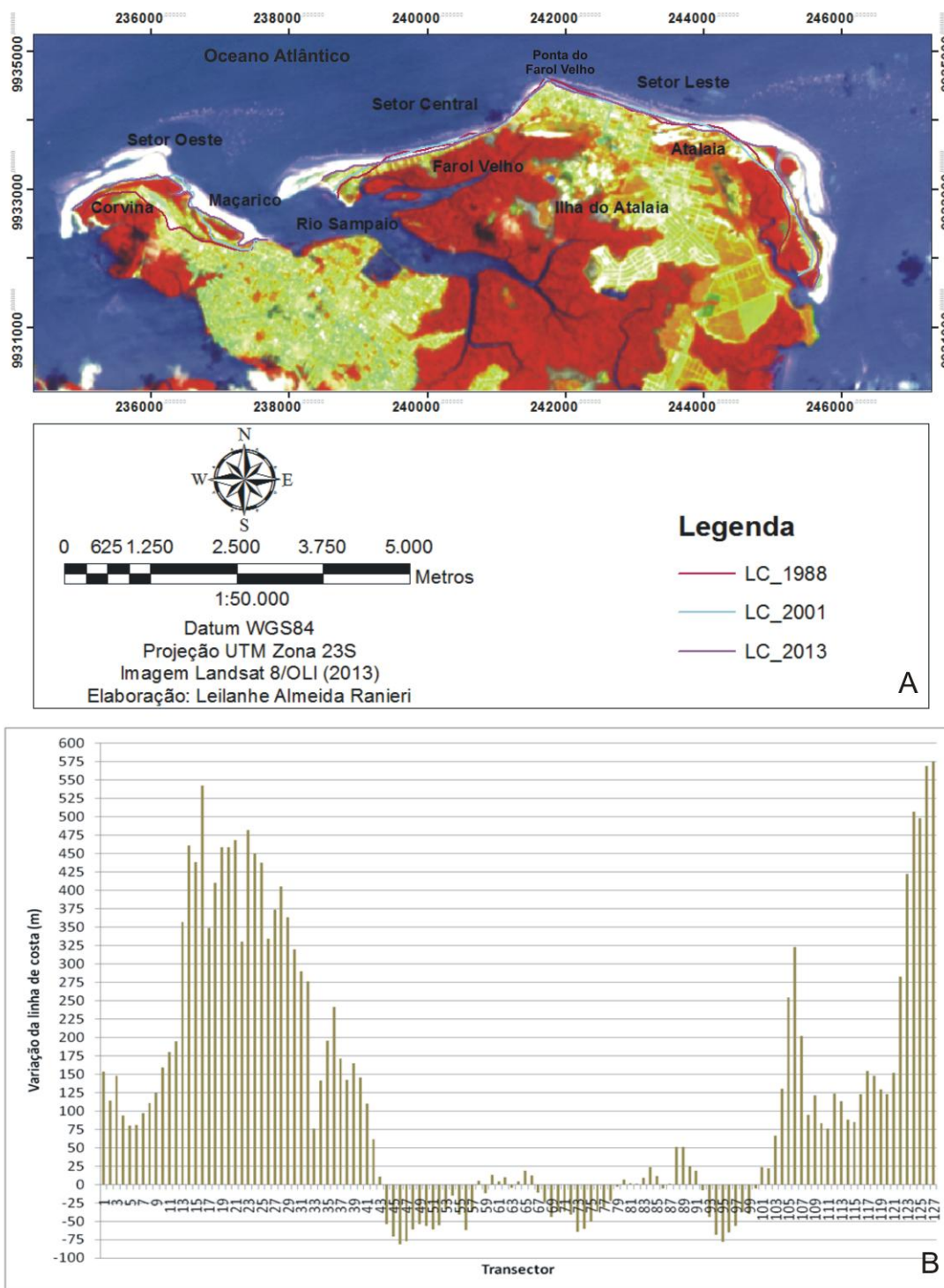


Figura 45 – Mudanças temporais na posição da LC nos setores Oeste (praias da Corvina e Maçarico), Central (praia do Farol Velho) e Leste (praia do Atalaia) (A). Variações lineares na posição da LC entre os anos de 1988 a 2013 (B). Valores positivos indicam acresção e negativos indicam erosão.

Nas divisas das praias (Corvina-Maçarico e Farol Velho-Atalaia) e na região central da ilha do Atalaia, a tendência erosiva é observada. São áreas mais expostas aos processos físicos que ocorrem no oceano, onde há refração de ondas originando correntes longitudinais que em seus pontos de origem causam erosão e tendem a diminuir ao final dos seguimentos praias, favorecendo a deposição dos sedimentos transportados longitudinalmente. Segundo Noda (1971), todo este processo denomina-se de célula de circulação costeira que é composta de três partes: (a) zona de erosão, onde se origina a corrente, caracterizada por apresentar maior energia; (b) zona de transporte, correspondente ao trajeto através dos quais os sedimentos são carregados ao longo da costa; e (c) zona de deposição, onde a corrente termina, representando o local com menor energia.

Uma análise específica mostra que as regiões de divisas de praias estão localizadas entre os *transectos* 20 e 23 (praias da Corvina e Maçarico) (Fig. 46) e entre os *transectos* 76 e 79 (praias do Farol Velho e do Atalaia) (Fig. 48). A fig. 45b mostra os *transectos* que representam as áreas de erosão e deposição sedimentar, entre os anos de 1988 e 2013.

Para o período de 1988-2001, a taxa média de variação da LC para todos os setores foi de 7,33 m/ano, relacionada a um avanço médio de 95,57 m. Já para o período de 2001-2013, a taxa média de variação foi de 2,45 m/ano, relacionada a um avanço médio de 29,58 m (Tab. 10).

Tabela 10 – Dados gerais da variação da LC expressos em taxas anuais e em recuo/avanço linear ao longo dos *transectos* ( $\mu$  - valores médios; *Min.* - valores mínimos e *Max* - valores máximos; valores positivos indicam deposição e negativos erosão).

Setor	Nº de <i>transectos</i>	Taxa de variação (m/ano)						Recuo (-) e Avanço (+) da linha de costa (m)		
		1988-2001			2001-2013			1988-2001	2001-2013	1988-2013
		$\mu$	Mín.	Máx.	$\mu$	Mín.	Máx.	$\mu$	$\mu$	$\mu$
Oeste	37	18,24	1,28	42,28	4,61	-15,63	19,87	237,71	55,68	269,99
Central	39	0,06	-3,37	6,37	-1,62	-6,84	15,05	0,79	-19,49	-24,86
Leste	50	5,08	-7,24	37,01	4,10	-6,55	27,26	66,22	49,52	115,31
<b>Total/ Média Geral</b>	133	7,33	-	-	2,45	-	-	95,57	29,58	116,23

#### 6.4.1. Setor Oeste

A faixa praial do Setor Oeste (praias da Corvina e do Maçarico), se estende por 3,22 km, sendo 1,62 km a praia da Corvina (orientação NE-SW) e 1,60 km a praia do Maçarico (orientação SE-NW) (Fig. 46). Na LC, o grau de exposição às ondas nas praias da Corvina e do Maçarico é, respectivamente, alto e médio. O nível de ocupação varia de alto (praia do Maçarico) a nulo (praia da Corvina) (Tab. 11).

Tabela 11 – Características da LC nos setores Oeste, Central e Leste. Critérios adotados para o grau de exposição às ondas: Alta para costa exposta ao oceano aberto, Média e Baixa para as semi-abrigadas e abrigadas, respectivamente, por desembocaduras estuarinas com deltas de maré associados. Critérios para o grau de ocupação humana: Nula para costas com natureza preservada, Média para as que apresentam infraestrutura por residências e edificações até dois andares, e Alta para as maiores do que dois andares.

Setor	Extensão (km)	Orientação	Exposição	Sistemas associados	Ocupação humana
OESTE Praia da Corvina Praia do Maçarico	1,62 1,6	NE-SW SE-NW	Alta Média	Manguezal, estuário, canal e delta de maré, campo de dunas frontais, restinga e falésia	Média a Nula Alta
CENTRAL Praia do Farol Velho	3,6	NE-SW	Alta	Dunas inativas e estuário	Média
LESTE Praia do Atalaia	5,7	SE-NW	Alta	Campo de dunas inativas e ativas (frontais), estuário e canal de maré	Alta a Nula

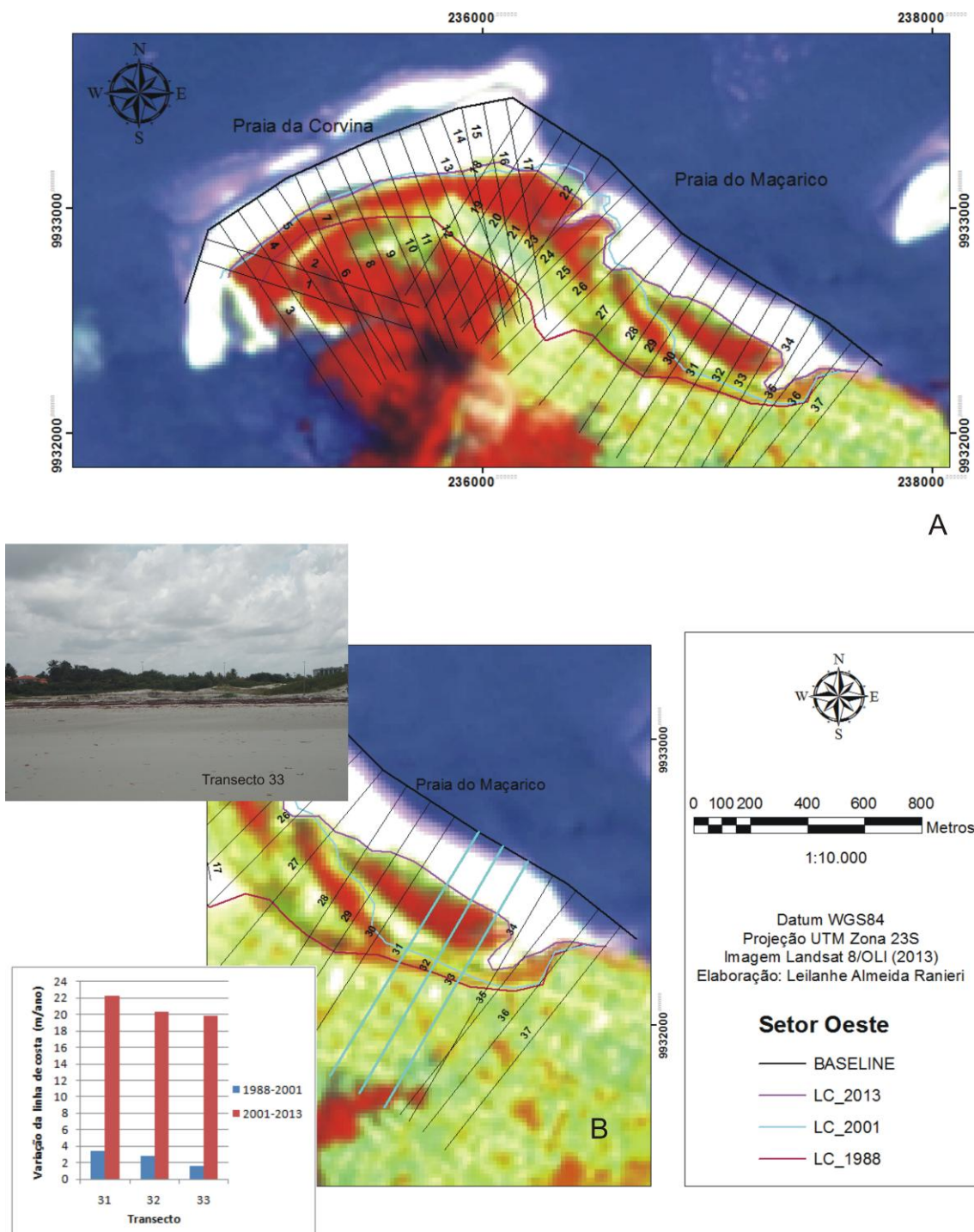


Figura 46 – Variações temporais na posição da LC entre os anos de 1988 a 2001, com identificação dos *transectos* gerados para o Setor Oeste (A). Destaque para três deles que mostram a elevada acresção na LC da praia do Maçarico (B). Fotografia retirada em 06/10/2013.

O avanço médio linear da LC obtido para o Setor Oeste entre 1988 e 2013 foi de 279,94 m, enquanto o recuo médio linear foi de 0 m, indicando uma tendência exclusivamente progracional da faixa praial.

Para o período de 1988-2001, a taxa média de variação foi de 18,24 m/ano, relacionada ao um avanço médio de 237,71 m (Fig. 47a, Tab. 10). Já para o período de 2001-2013, a taxa média de variação foi menor, sendo de 4,61 m/ano, relacionada a um avanço médio de 55,68 m (Fig. 47b, Tab. 10).

No que se refere ao seu comportamento longitudinal, o Setor Oeste foi o que apresentou maior deposição sedimentar, principalmente na praia do Maçarico. A fig. 46b apresenta a posição de três *transectos* representativos desta tendência ocorrente na praia (*transectos* 31, 32, e 33).

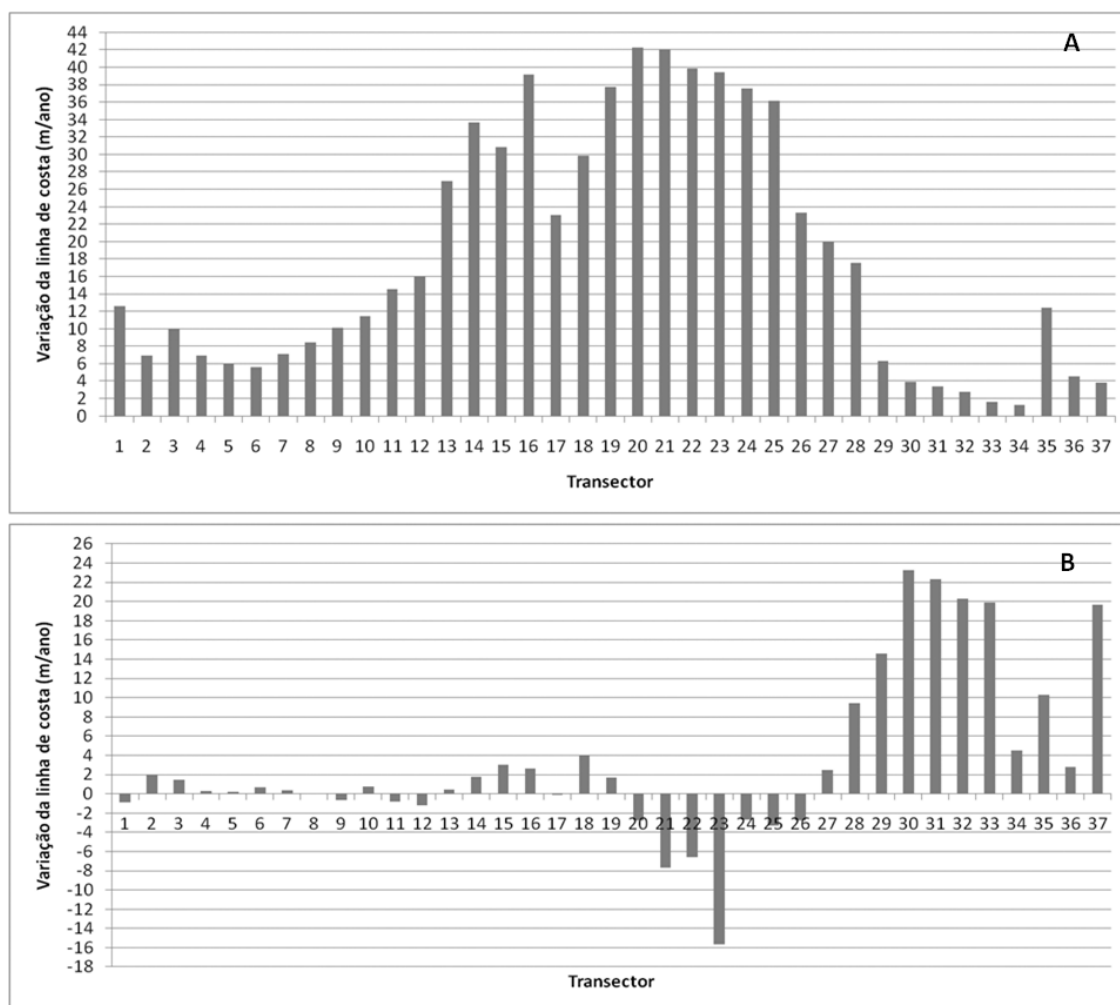


Figura 47 – Taxa de variação da LC entre os anos de 1988 a 2001 (A) e 2001 a 2013 (B) para o Setor Oeste.

Esta tendência está relacionada com a construção da orla do município de Salinópolis (“orla do Maçarico”), no ano 2000, sobre a planície costeira. A partir daí a dinâmica praial foi ajustada ao novo ambiente. Antropicamente houve acréscimo da LC (fig. 44 e fig.45a) com a construção da orla pela comparação da LC de 1988 e 2001. Posteriormente, a natureza foi se adequando ao local novamente através da propagação de novas feições costeiras, como dunas frontais com vegetação de restinga e, atualmente, até o crescimento do manguezal na margem leste da praia da Corvina.

Crowel *et al.* (1993) e Mazzer & Dillenburg (2009) que estudaram as taxas de variação na LC em Maryland e praias da Lagoinha do Leste (SC), respectivamente, destacam que os locais com grande influência antrópica nem sempre apresentam as maiores taxas médias de recuo, tal qual observado no Setor Oeste da área de estudo.

Além disso, no NE do Pará as praias são recortadas por estuários e são privilegiadas pelo aporte sedimentar quando a desembocadura deles orienta-se para as praias, como é o caso das praias do Setor Oeste. A sudeste da praia do Maçarico encontra-se a desembocadura do estuário do Rio Sampaio com orientação SE-NW. Os sedimentos despejados em sua foz direcionam-se para as praias do Setor Oeste. Além disso, as ondas vindas da direção NE e as correntes longitudinais geradas por elas terminam por transportar os sedimentos ao longo da costa deste setor.

Estes fatos agregados mitigaram maiores efeitos negativos pela construção da “orla do Maçarico” sobre a planície costeira de Salinópolis, especialmente, com relação ao Setor Oeste.

#### 6.4.2. Setor Central

O seguimento deste setor (praia do Farol Velho) estende-se por 3,6 km, em orientação NE-SW (Fig. 48). Na LC, o grau de exposição às ondas é alto. O nível de ocupação é médio (Tab. 11).

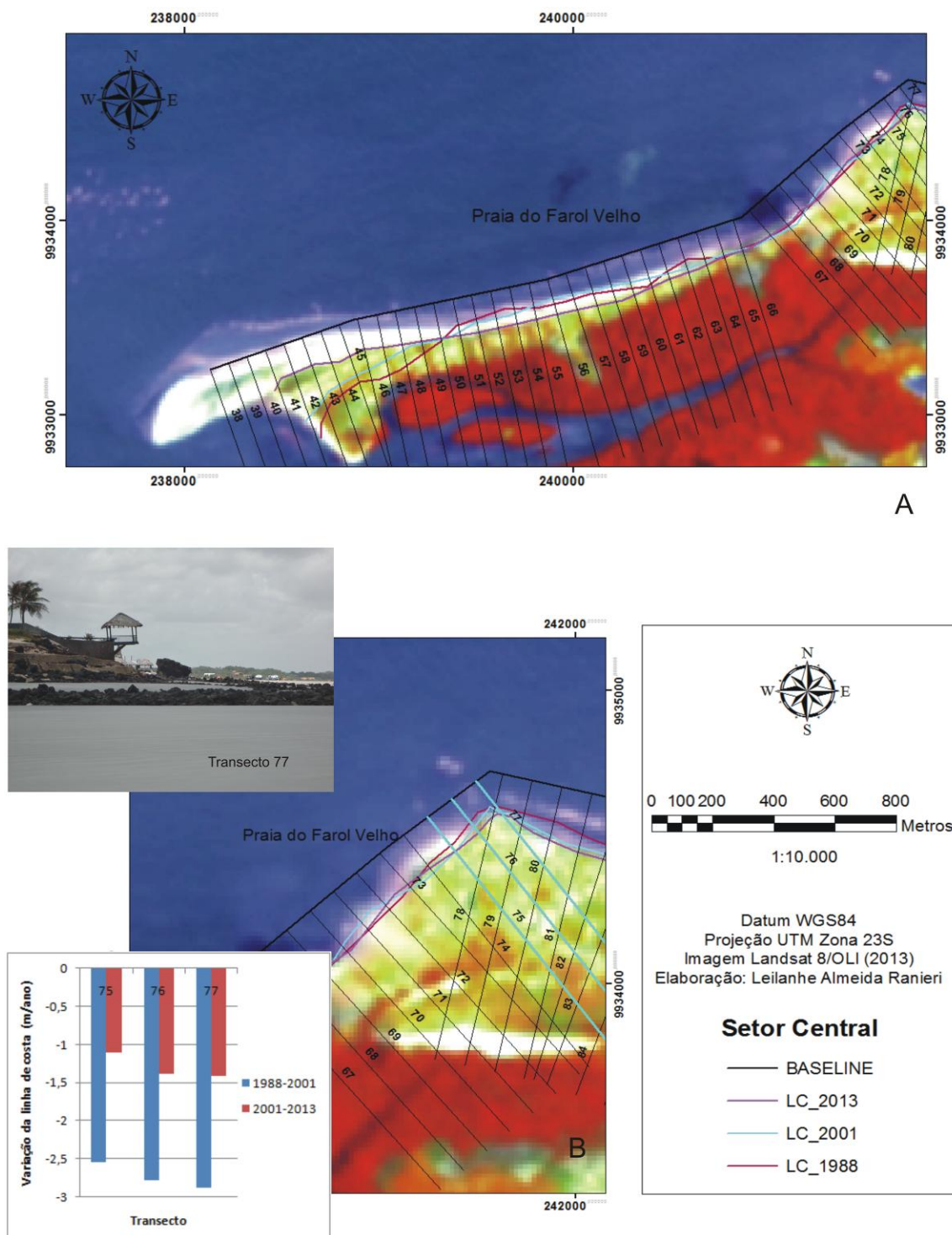


Figura 48 – Variações temporais na posição da LC entre os anos de 1988 a 2013, com identificação dos *transectos* gerados para o Setor Central (A). Destaque para três deles que mostram a erosão ocorrente na LC da praia do Farol Velho (B). Fotografia retirada em 05/10/2013.

O avanço médio linear da LC no Setor Central entre 1988 e 2013 foi de 17,87 m, enquanto o recuo médio linear foi de -43,18 m, indicando uma tendência erosiva no seguimento praial.

Para o período de 1988-2001, a taxa média de variação foi de 0,06 m/ano, relacionada a um avanço médio de 0,79 m (Fig. 48a, Tab. 10). Já para o período de 2001-2013, a taxa média de variação foi de -1,62 m/ano, relacionada a um recuo médio de -19,49 m (Fig. 48b, Tab. 10).

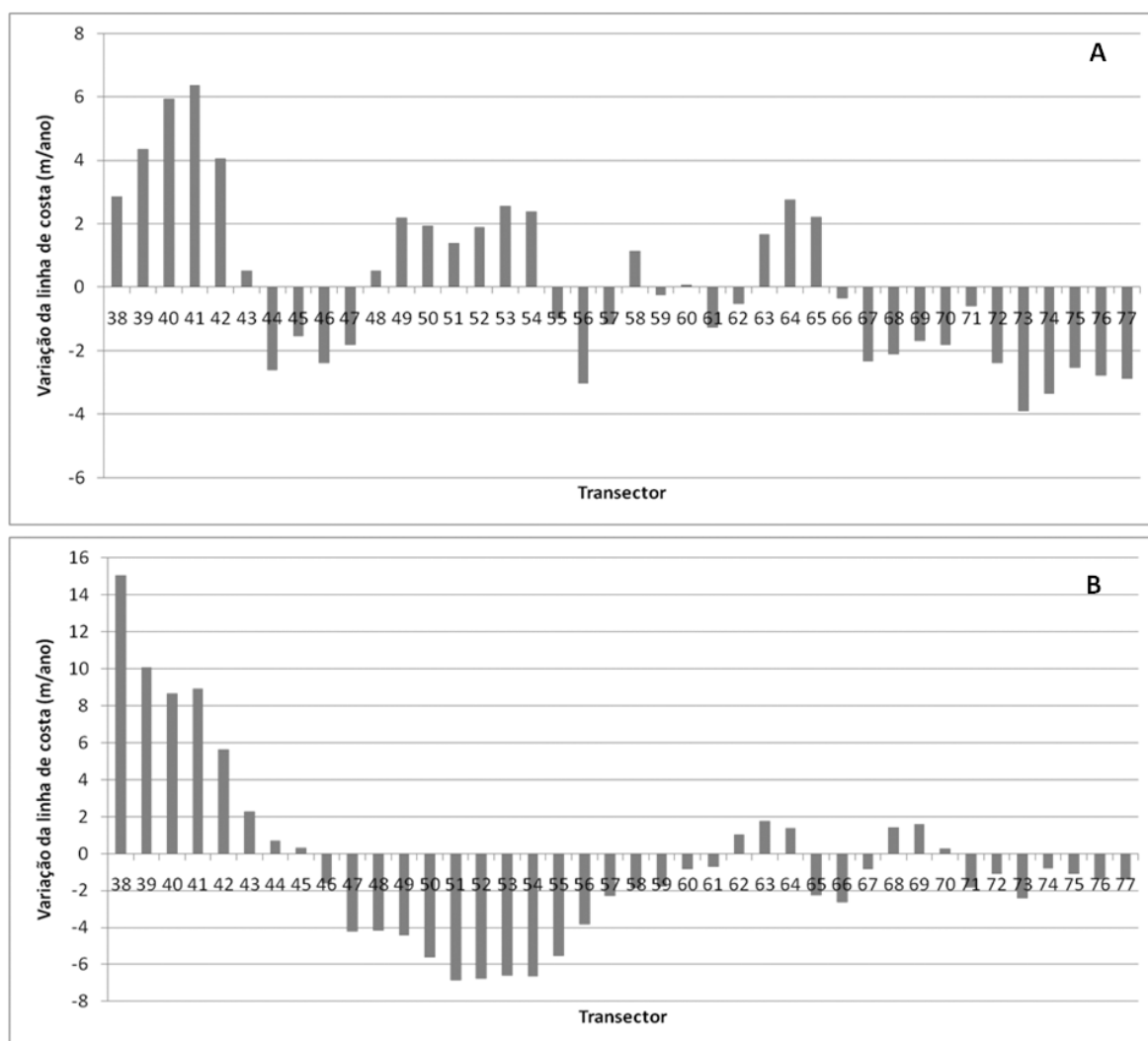


Figura 49 – Taxa de variação da LC entre os anos de 1988 a 2001 (A) e 2001 a 2013 (B) para o Setor Central.



Longitudinalmente, o Setor Central foi o que mais sofreu erosão, essencialmente na direção leste do seguimento praiial. A fig. 48b apresenta a posição de três *transectos* representativos desta tendência ocorrente no setor (*transectos 75, 76, e 77*).

O Setor Central é o mais impactante em relação aos aspectos ambientais. A ocupação humana neste setor ocorreu sem nenhum critério de ordenamento, com implantação de residências sobre a área que antes era de dunas. A maior parte destas dunas foi devastada, restando apenas um pequeno núcleo de dunas inativas.

A ocupação ocorre inclusive diretamente sobre a LC. Os danos que antes eram apenas ambientais, atualmente são mais sócio-econômicos, devido às constantes medidas periódicas que são tomadas para conter a erosão costeira, como a construção de muros de arrimo, colocação de pedras e sacas de areia a frente das residências.

Em relação aos aspectos físicos naturais, o Setor Central, representado pela praia do Farol Velho, faz divisa com a praia do Atalaia (Setor Leste) na parte mais exposta ao oceano na costa de Salinópolis (Ponta do Farol Velho). Logo, são intensos os efeitos de ondas, marés e correntes neste local de divisa e área de entorno.

Brito (2004) enfatiza que devido a destruição dos campos de dunas por atividades antrópicas na ilha do Atalaia (Setores Central e Leste), as ondas e correntes litorâneas, têm-se tornado mais intensos em determinados locais mais vulneráveis a erosão. Tais exemplos são visíveis frequentemente em locais de segundas residenciais, construídas à beira-mar, como na Ponta do Farol Velho, ameaçada pelo avanço gradativo das preamares.

Desta forma, a soma dos fatores naturais e antrópicos propiciam para a maior parte do seguimento praiial do Setor Central, uma tendência cada vez mais erosiva, cujas taxas de variação na LC não são mais expressivas devido às obras de contenção da erosão.

#### *6.4.3. Setor Leste*

O seguimento deste setor (praia do Atalaia) estende-se por 5,7 km, em orientação SE-NW (Fig. 50). Na LC, o grau de exposição às ondas é alto. O nível de ocupação varia de alto a nulo (Tab. 11).

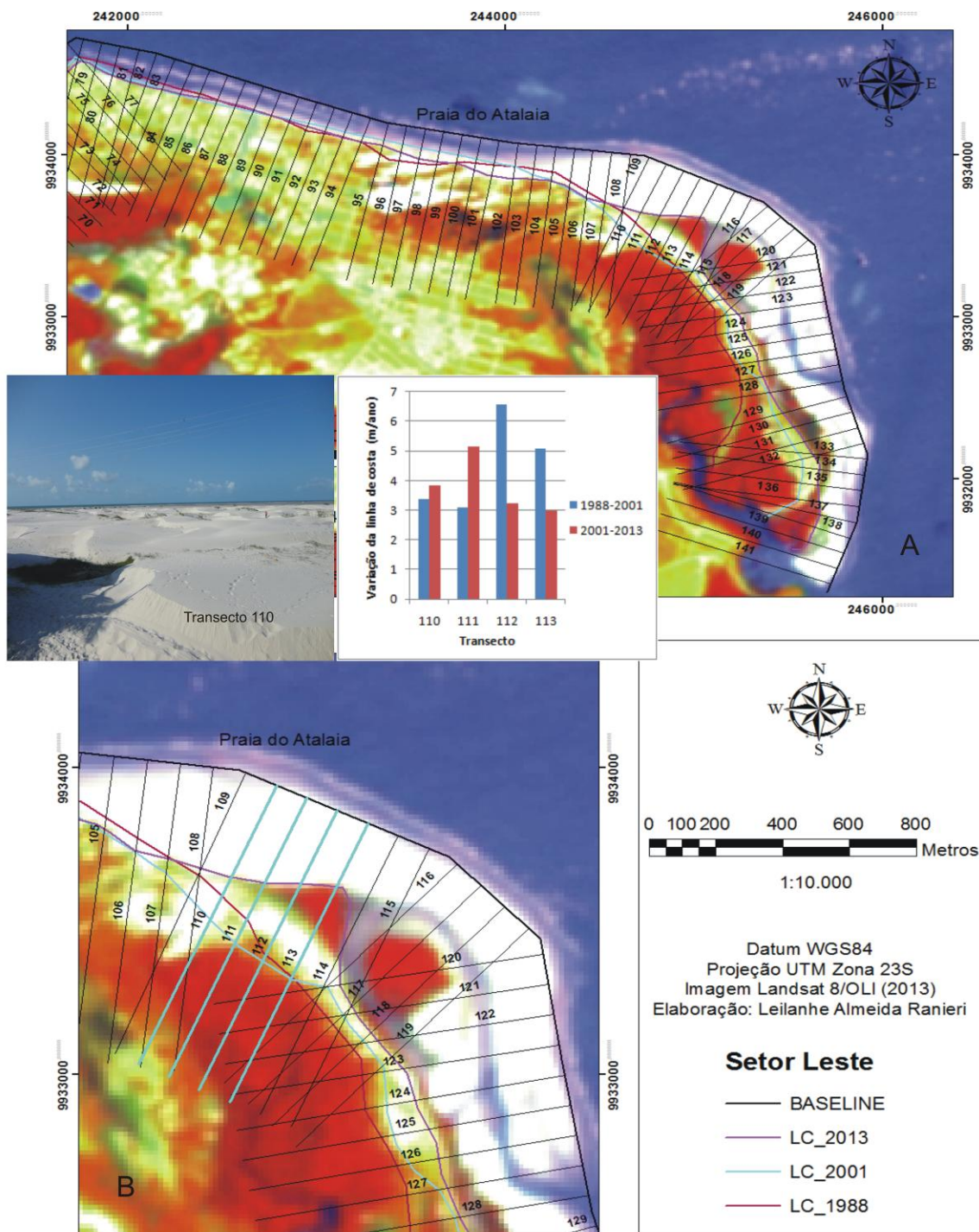


Figura 50 – Variações temporais na posição da LC entre os anos de 1988 a 2013, com identificação dos *transectos* gerados para o Setor Leste (A). Destaque para quatro deles que mostram a elevada deposição sedimentar pelos campos de dunas em desenvolvimento na LC a leste da praia do Atalaia (B). Fotografia retirada em 06/10/2013.

O avanço médio linear da LC obtido para o Setor Leste entre 1988 e 2013 foi de 175,89 m, enquanto o recuo médio linear foi de -36,18 m, indicando uma tendência deposicional de sedimentos no seguimento praiar.

Para o período de 1988-2001, a taxa média de variação foi de 5,08 m/ano, relacionada a um avanço médio de 66,22 m (Fig. 51a, Tab. 10). Já para o período de 2001-2013, a taxa média de variação foi de 4,10 m/ano, relacionada a um avanço médio de 49,52 m (Fig. 51b, Tab. 10).

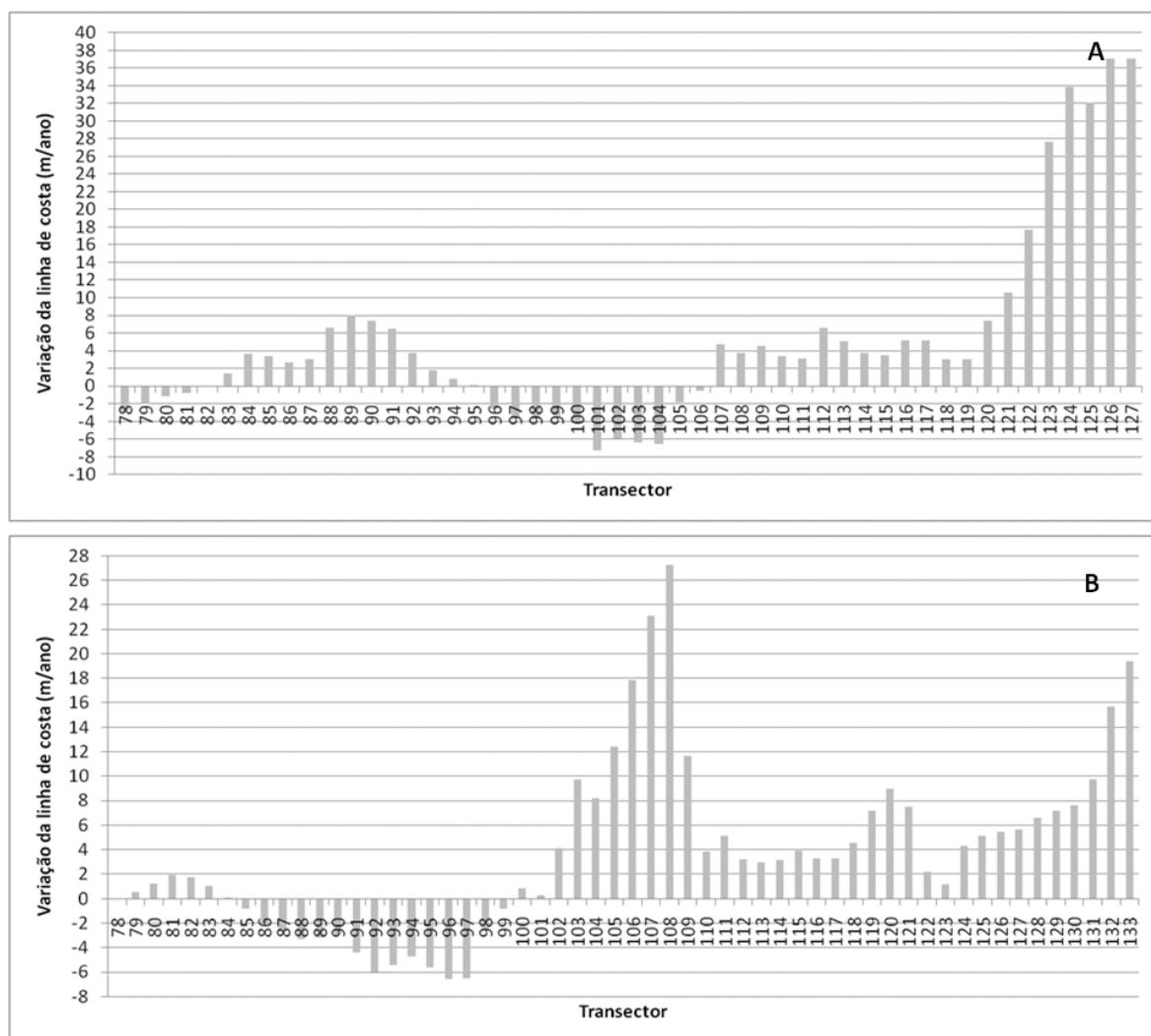


Figura 51 – Taxa de variação da LC entre os anos de 1988 a 2001 (A) e 2001 a 2013 (B) para o Setor Leste.

Longitudinalmente, o seguimento praiar apresentou deposição sedimentar a leste e sudeste, e comportamento erosivo a oeste.

Na direção oeste, o comportamento erosivo justifica-se pelos mesmos motivos observados para o Setor Central, a soma de fatores naturais e antrópicos. A oeste encontra-se a parte mais exposta ao oceano e, por conseguinte, a mais afetada pelos processos físicos marítimos. Além disso, casas, empreendimentos turísticos e outros residem sobre a LC.

As dunas desempenham um importante papel de proteção costeira no Setor Leste, além de funcionar como depósito de sedimentos. Em direção leste do seguimento praiar, as dunas inativas ainda são preservadas e, as dunas frontais estão se desenvolvendo formando extensos depósitos sedimentares, principalmente durante o período menos chuvoso (verão amazônico).

Os fortes ventos alísios que sopram continente adentro, seriam os responsáveis, durante o período menos chuvoso, pela migração e acumulação de sedimentos nas dunas frontais. Sob condições normais, algumas plantas podem colonizar estas dunas dentro de pouco tempo. Seu contínuo crescimento estabiliza as dunas, protegendo o litoral contra a erosão e, por conseguinte, propiciando uma acreção da LC (El-Robrini *et al.*, 2006). A fig. 50b apresenta a posição de quatro *transectos* representativos do desenvolvimento de campo de dunas frontais no Setor Leste (*transectos* 110, 111, 112 e 113).

A sudeste do seguimento praiar, o suprimento sedimentar é ainda acrescido pelo canal de maré e pela desembocadura do estuário que margeia a ilha do Atalaia na parte ocidental.

## 6.5. Conclusões

As maiores taxas de variação ocorreram entre os anos de 1988 a 2001. Em 1988, registrou-se o segundo maior índice pluviométrico desde 1978 para o município de Salinópolis, sendo o mesmo de 4.000 mm/ano. Neste ano ocorreu La Niña de intensidade forte, acarretando efeitos expressivos na precipitação e, por consequência, na intensidade da vazão dos rios. A quantidade de água ao entorno da ZC, especialmente as ZC's estuarinas, fica mais elevada assim como o efeito das marés e correntes. Portanto, eventos de erosão costeira podem ter sido expressivos naquele ano.

Antes de 2001 houve eventos seguidos de La Niña, contudo de intensidade moderada. Apesar desta ocorrência, a tendência prográdacional da LC foi predominante, contudo muito por consequência da construção da “orla do Maçarico” a beira-mar no ano 2000.

Tanto em 2001 como em 2013, a urbanização do município já estava bem mais consolidada e os efeitos da variação da LC não foram apenas por processos naturais, mas também antrópicos. Em alguns trechos dos Setores Central e Leste, por exemplo, a LC avança sobre o continente causando retrogradação costeira, mas por serem trechos com especulação imobiliária, as estruturas de contenção de erosão têm propiciado um recuo bem mais gradativo. As condições erosivas entre os anos 2001 e 2013 são observadas nas áreas mais expostas ao oceano aberto (divisa das praias) e onde a ocupação humana é maior (região central da ilha do Atalaia). Os sedimentos erodidos podem estar migrando para as margens das faixas praias.

Desta forma, as áreas de erosão no trecho de costa estudado são pontuais, não representando uma tendência generalizada. Infelizmente, estas áreas localizam-se nos trechos onde há mais urbanização, e isto pode ter relação com a maior intensidade da erosão. Para o caso da ilha do Atalaia, onde os impactos da ação antrópica são maiores, a devastação dos ecossistemas de proteção costeira na ilha propicia uma menor proteção do litoral contra erosão e dificulta a acresção da LC.

O que ocorre de fato na área de estudo é a tendência deposicional de sedimentos na LC desde 1988, exclusivamente nas margens de cada faixa praial (Setor Oeste e Ilha do Atalaia – Setores Central e Leste).

### **Agradecimentos**

Aos membros do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC) da UFPA. Ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da UFPA e à FAPESPA pelo financiamento da bolsa de estudos.

### **Referências**

Albuquerque, M.F; Souza, E.B.; Oliveira, M.C.F.; Souza Junior, J.A. 2010. Precipitação nas Mesorregiões do Estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978–2008). *Revista Brasileira de Climatologia*, 6: 151-168.

Ana – Agência Nacional das Águas. 2013. Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Estações da ANA. Disponível em: <<http://portalsnirh.ana.gov.br/Esta%C3%A7%C3%B5esdaANA/tabid/359/Default.aspx>>. Acessado em: 3 jun. 2013.

Barbosa, V.M.; Gregório, A.M.S.; Busman, D.V.; Costa, R.A.A.M.; Souza Filho, P.W.M.; Pereira L.C.C. 2007. Estudo morfodinâmico durante uma maré equinocial de sizígia em uma praia de Macromaré do litoral amazônico (Praia de Ajuruteua-PA, Brasil). *Boletim Paranaense de Geociências*, 60-61: 31-43.

Braga, F.P.S. 2007. *Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Pará: Um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo*. Belém, 116p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.

Brito, F.M.O. 2004. *Salinópolis-PA: (Re)Organização Sócio-Espacial de um Lugar Atlântico-Amazônico*. Florianópolis, 121p. Dissertação de Mestrado, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina.

Boak, E.H. & Turner, I.L. 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21(4): 688-703.

Cavalcante, F.C. 2001. Migração e ocupação nos espaços periféricos da zona costeira do Estado do Pará: o caso do município de Salinópolis. Disponível em: <[http://www.abequa.org.br/trabalhos/0013\\_aderson\\_abequa2005.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/0013_aderson_abequa2005.pdf)>. Acessado em: 02 jan. 2013.

Chavez JR, P. 1996. Image-based atmospheric corrections - revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62: 1025-1036.

Cohen, J.C.P. 1996. *Mecanismo de propagação e estrutura das linhas de instabilidade da Amazônia*. São Paulo, 173p. Tese de Doutorado, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo.

Conti, L.A. & Rodrigues, M. 2011. Variação da Linha de Costa na Região da Ilha dos Guarás – PA Através de Análise de Série Temporal de Imagens de Satélites. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5: 922-937.

Corrêa L.V. 2011. *Análise dos efeitos térmicos de superfície na cidade de Belém-Pará-Brasil utilizando imagens de satélite*. Belém, 143p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.

Cptec – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 2014. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de dados meteorológico (Estação Synop). Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/downloadBDM/login.do;jsessionid=C6D7F66A4DC3B139F487EA7042392AE0.base1>>. Acessado em: 14 jan. 2014.

El-Robrini, M.; Alves, M.A.M.S.; Souza Filho, P.W.M.; El-Robrini M.H.S.; Silva Júnior, O.G. & França, C.F. 2006. Atlas de Erosão e Progradação da zona costeira do Estado do Pará – Região Amazônica: Áreas oceânica e estuarina. In: D. Muehe (ed.) *Atlas de Erosão e Progradação da Zona Costeira Brasileira*. São Paulo, p.: 1-34.

França C.F. 2003. *Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da ilha de Marajó (PA)*. Belém, 2003. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.

França C.F., Souza Filho P.W.M. 2003. Análise das mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da Ilha de Marajó (PA) em imagem Landsat. *Revista Brasileira de Geociências*, 33 (2): 127-136.

França, M.C.; Francisquini, M.I.; Cohen, M.C.L.; Pessenda, L.C.R.; Rossetti, D.F.; Guimarães J.T.F.; Smith, C.B. 2012. The last mangroves of Marajó Island – Eastern Amazon: Impact of climate and/or relative sea-level changes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 187: 50-65.

Farinaccio, F. & Tessler, M.G. 2010. Avaliação de Impactos Ambientais no Meio Físico decorrentes de Obras de Engenharia Costeira - Uma Proposta Metodológica. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 10(4): 419-434.

Geyer, W.R.; Beardsley, R.C.; Lentz, S.J.; Candela, J.; Limeburner, R.; Johns, W.E.; Castro, B.M.; Soares, I.D. 1996. Physical oceanography of the Amazon shelf. *Continental Shelf Research*, 16: 575-616.

Guerreiro, J.S.; Ranieri, L.A.; El-Robrini, M.; Vila-Concejo A. 2013. *Seasonal changes of a dynamic macrotidal beach: Case Study of Marieta Beach (Amazon Coast/Brazil)*. *Journal of Coastal Research*, 65: 1780-1784.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2014. Tabela de El Niño e La Niña. Disponível em: <[http://enos.cptec.inpe.br/tab\\_elnino.shtml](http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml)>. Acessado em: 15 jan. 2014.

Köppen, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México, Fondo de Cultura Económica, 479p.

Leite, W.S. 2010. *Estratigrafia de dunas costeiras de Salinópolis/PA em associação com variações pluviométricas*. Belém, 66p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Estudos Costeiro, Universidade Federal do Pará.

Mácola, G & El-Robrini, M. 2004. *Ilha dos Guarás (Mariteua) – Município de Curuçá (NE do Pará): Aspectos Físicos, Meteorológicos e Oceanográficos*. Belém, DNPM/CPRM, 35p.

Marengo, J.A; Nobre, C.A. 2009. Clima da região Amazônica. In: Cavalcanti I.F.A *et al.* (eds). *Tempo e clima no Brasil*. Oficina de Textos, São Paulo, p.:197 - 212.

Marinho, R.S. 2009. *Faces da expansão urbana em Salinópolis, zona costeira do Estado do Pará*. Belém, 136p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará.



- Marino, M.T.R.D. & Sá Freire, G.S. 2013. Análise da evolução da linha de costa entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 13(1): 113-129.
- Martins, A.C.S. & Luz, M.S.F.C. 2004. *Cenário climatológico atuante no Litoral Norte da Amazônia Brasileira*. Belém, 63p. Monografia de Especialização, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Mazzer, A.M. & Dillenburg, S. 2009. Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). *Pesquisas em Geociências*, 36(1): 117-135.
- Moore, L.J. 2000. Shoreline mapping techniques. *Journal Coastal Research*, 16(1): 111-124.
- Noda, E.K. 1971. State-of-the-art of littoral drift measurements. *Shore & Beach*, (39): 35-41.
- Ranieri, L.A & El-Robrini, M. 2012. Comportamento morfodinâmico sazonal da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área. *Pesquisas em Geociências*, 39(3): 231-246.
- Segundo, G.H.C. 2007. *Processos oceanográficos na região costeira e estuarina do rio Caeté, Pará, Brasil*. Rio de Janeiro, 139p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense.
- Silva, A.N.B. 2010. *Índices de extremos climáticos e tendências da precipitação anual e sazonal na Amazônia Oriental*. Belém, 134p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Souza, C.R.G. 1997. *As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo*. São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Souza Filho P.W.M. & Paradella W.R. 2003. Use of synthetic aperture radar for recognition of Coastal Geomorphological Features, land-use assessment and shoreline changes in Bragança coast, Pará, Northern Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 75(3):341-356.

Thieler, E.R.; Martin, D. & Ergul, A. 2003. The digital shoreline analysis system, version 2.0: shoreline change measurement software extension for ArcView. *USGS Open-File Report*, p. 3-76.

## 7. ARTIGO 4: ASPECTOS DA HIDRODINÂMICA E TRÂNSITO COSTEIRO DE SEDIMENTOS NAS PRAIAS OCEÂNICAS DE SALINÓPOLIS, COSTA AMAZÔNICA, BRASIL

(Artigo submetido à *Brazilian Journal of Geology* em 17/11/2014)

**RESUMO:** A costa amazônica é dominada por fortes correntes de maré e pelos padrões físicos e sedimentares de estuários que deságuam na costa. O objetivo deste artigo é analisar aspectos da hidrodinâmica e do trânsito costeiro de sedimentos nas praias oceânicas de Salinópolis, costa amazônica. A área de estudo foi dividida em 3 setores: oeste, central e leste. Foram realizadas campanhas de campo em: 26, 27, 28/04/2013 (estação chuvosa) e 04, 05, 06/10/2013 (estação menos chuvosa). Foram coletados sedimentos com armadilhas nas zonas de *surf* e de espraiamento e feitas medições de marés, ondas, correntes e turbidez. A altura de maré variou de 4 m (estação chuvosa) a 5,3 (estação menos chuvosa). Os ventos predominantemente de NE alcançaram média de 5 m/s em outubro. Menores períodos de ondas (<5,35 s) ocorreram na maré enchente. Maiores alturas de ondas (>0,86 m) e correntes longitudinais (>0,45 m/s) no setor leste. Houve mais sedimentos transportados longitudinalmente na estação menos chuvosa (mínimo 280 g/m<sup>3</sup>: enchente, setor oeste; máximo 1098 g/m<sup>3</sup>: vazante, setor leste). O balanço de sedimentos entrando e saindo nas praias foi menor no setor central (mínimo 80 g/m<sup>3</sup>: vazante, máximo 690 g/m<sup>3</sup>: enchente; estação menos chuvosa). A circulação costeira sedimentar é proveniente, principalmente, das correntes de marés, que se direcionam para o sentido da enchente e vazante dos estuários que atravessam a costa. O trânsito de sedimentos baseia-se no retrabalhamento de depósitos vindos da plataforma continental e no transporte longitudinal da ilha de Atalaia e do rio Sampaio para o setor oeste.

**Palavras-chave:** Macromaré, Zona Costeira, Ambiente de Praia, Sedimentologia.

**ABSTRACT:** The Amazon coast is dominated by strong tidal currents and influenced by physical and sedimentary patterns of large estuaries that flow into the coast. The objective of this paper is to analyze the hydrodynamics aspects and coastal sediment transit on the Salinópolis ocean beaches, Amazon coast. The study area was divided into three sectors: west, center and east. Field campaigns were conducted in April 26<sup>th</sup>, 27<sup>th</sup> and 28<sup>th</sup>, 2013 (rainy season) and October 04<sup>th</sup>, 05<sup>th</sup> and 06<sup>th</sup>, 2013 (less rainy season). Sediment traps were collected in the surf and swash zones and made measurements of tides, waves, currents and turbidity. The tide height ranged from 4 m (rainy season) to 5.3 (less rainy season). The prevailing northeast winds reached a mean of 5 m/s in October. Shorter period waves (<5.35 s) occurred in the flood tide. Larger wave heights (>0.86 m) and longshore currents (>0.45 m/s) in the eastern sector. More sediments were transported longitudinally in the less rainy season (minimum 280 g/m<sup>3</sup>: flood, west sector; maximum 1098 g/m<sup>3</sup>: ebb, east sector). The balance of sediment coming in and out the beaches was lower in the center sector (minimum 80 g/m<sup>3</sup>: ebb, maximum 690 g/m<sup>3</sup>: flood; less rainy season). The coastal sediment movement is derived mainly from tidal currents, that are oriented toward the direction of the ebb and flow of the estuary crossing the coast. The sediment transit is based on the reworking of deposits coming from the continental shelf and longshore transport on the Atalaia island and Sampaio river to the western sector.

**Keywords:** Macrotidal, Coastal Zone, Environment Beach, Sedimentology.

### INTRODUÇÃO

As áreas costeiras estão entre os mais complexos e variáveis sistemas de transição, porque suas dinâmicas estão sujeitas a efeitos derivados de uma ampla gama de processos hidromorfodinâmicos, como ventos, ondas, correntes e marés, que interagem em diferentes escalas espaciais e temporais (Alvarez-Ellacuria *et al.* 2010).

As praias, principais ambientes de proteção contra a ação imposta pelos processos costeiros mencionados, são modeladas em função da dinâmica dos mesmos, que governam o transporte e a distribuição de sedimentos.

O comportamento do transporte de sedimentos ocasiona, por sua vez, de setor para outro na praia, erosão e deposição de sedimentos.

Segundo Fontoura (2004), quanto à região, o transporte se divide em movimentos na zona de arrebatamento e na zona de espraiamento. Quanto à direção, o transporte é subdividido em transversal e longitudinal. O primeiro representa os movimentos no perfil praiar ora no sentido continente-oceano (*onshore-offshore*) ora no sentido contrário, através dos quais a morfologia tende a se adaptar a hidrodinâmica reinante. O segundo consiste no encaminhamento longitudinal dos sedimentos costeiros por ventos, ondas e correntes longitudinais.

Na costa amazônica, as praias são dominadas pelo regime de meso-macromarés semi-diurnas que induz a formação de correntes de marés que exercem um importante papel na circulação local, influenciando fortemente o transporte sedimentar litorâneo (Souza Filho & Paradella, 2002; Souza Filho & Paradella, 2003), sendo estas correntes com velocidade máxima na plataforma continental interna de 2 m/s, durante a maré de sizígia (Segundo, 2007).

As ondas, as marés e as correntes têm sua dinâmica regida principalmente pela meteorologia (clima equatorial) e os padrões físicos e sedimentares de grandes estuários que deságuam na costa amazônica (por exemplo, os do rio Amazonas, Pará, Marapanim, Maracanã, Arapepó, Caeté e Emboraí).

As condições meteorológicas e oceanográficas nesta costa é grandemente influenciada pela variabilidade climática natural que ocorre nos oceanos Pacífico e Atlântico.

De acordo com Silva (2010), o Oceano Pacífico influencia a variabilidade da precipitação amazônica interanual através do El Niño-Oscilação Sul (ENOS), o qual é um fenômeno de grande escala resultante de duas componentes, uma oceânica (aquecimento ou resfriamento das águas no Oceano Pacífico Tropical) e outra atmosférica (alteração da circulação atmosférica e deslocamento da região de máxima atividade convectiva).

Além da influência da variabilidade interanual que ocorre no Oceano Pacífico através do ENOS, a que se considerar a variabilidade interanual no Oceano Atlântico Equatorial, conhecida como Dipolo do Atlântico, os quais mostram um padrão de anomalias da TSM sobre este oceano (Silva, 2010).

Segundo Souza (1997), a manifestação do modo de Dipolo no oceano Atlântico, agindo em conjunto com os padrões anômalos de pressão ao nível médio do mar (PNM) e vento superficial constituem os principais fatores dinâmicos e termodinâmicos que modulam a intensidade e o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no Oceano Atlântico Equatorial (Silva, 2010).

O ciclo anual das chuvas na costa amazônica é marcado fortemente pelo movimento migratório latitudinal da ZCIT sobre o Oceano Atlântico Equatorial. A estação menos chuvosa ocorre de junho a novembro, e a chuvosa de dezembro a maio.

A estação menos chuvosa ocorre durante o inverno e a primavera, pois a ZCIT desloca-se para o Hemisfério Norte, assim, predominam as chuvas de caráter convectivo na forma de pancadas de chuvas isoladas. As mesorregiões localizadas no NE do Pará apresentam seus menores índices pluviométricos na primavera (setembro-outubro-novembro). Já a estação chuvosa inicia-se em dezembro e tem duração de cinco a seis meses, sendo o outono (março-abril-maio) o período mais chuvoso, justificado pela intensificação dos efeitos locais associados à presença da ZCIT, cuja posição está mais ao Hemisfério Sul neste período (Albuquerque *et al.*, 2010).

O regime de ventos dominante no NE do Pará é representado pelos alísios de NE que atuam continuamente durante o ano todo, com máximo normalmente de dezembro a março, quando se somam aos alísios de SE. Estes são responsáveis pelo transporte de sedimentos da plataforma continental interna em direção à costa (Geyer *et al.*, 1996). Durante a estação menos chuvosa, os ventos predominantes no NE do Pará fluem na maior parte de norte-nordeste, enquanto que na estação chuvosa, fluem na direção leste-nordeste, associado ao deslocamento da ZCIT para o Hemisfério Sul.

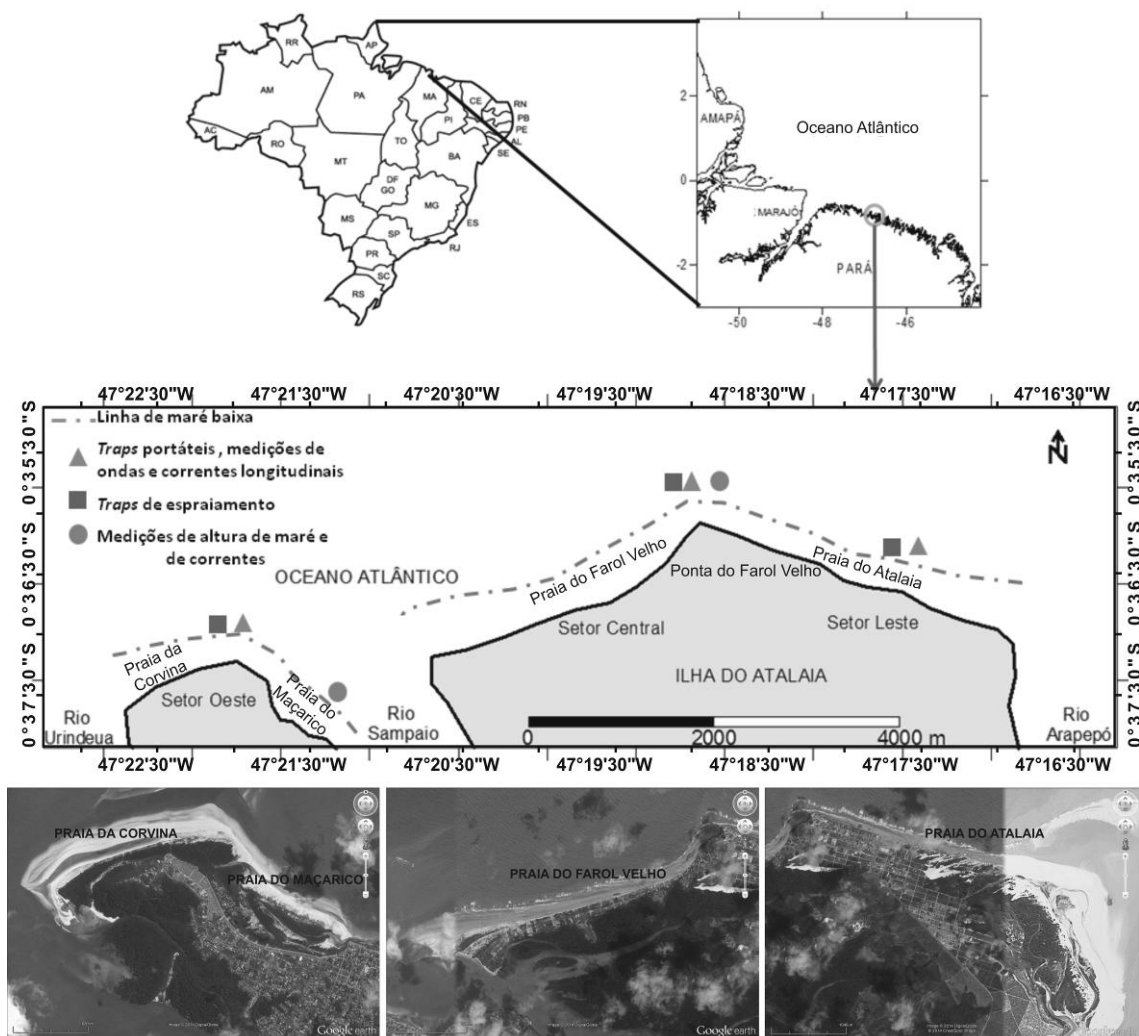
O município de Salinópolis está localizado na costa amazônica, na região NE do estado do Pará (Fig. 52). A precipitação anual em Salinópolis é cerca de 2.800 mm (ANA, 2013). A velocidade média dos ventos é de 4,10 m/s, sendo a variação predominantemente da direção de 20 a 30°,

representada pelos ventos alísios de NE (CPTEC, 2014). As ondas são formadas por estes ventos predominantes que ocasionam correntes de deriva litorânea para NW (Geyer *et al.*, 1996). Segundo CPTEC (2013), a altura de onda em Salinópolis varia de 0,5 a 1,5 m. As marés são semidiurnas e podem alcançar alturas próximas a 6 m (macromarés).

A área de estudo está limitada à faixa de praias oceânicas de Salinópolis (Fig. 52), cujos efeitos dos processos físicos costeiros sobre o transporte de sedimentos são bastante representativos. O objetivo deste artigo é analisar o comportamento deste transporte nas praias através da quantificação e qualificação dos sedimentos transportados e caracterização hidrodinâmica da área.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo foi dividida longitudinalmente em 3 setores (Fig. 52), para finalidade da caracterização pontual do transporte de sedimentos e da hidrodinâmica costeira. No Setor Oeste, situa-se o primeiro seguimento praial (praias da Corvina e do Maçarico), e nos Setores Central e Leste, compreendidos pela Ilha do Atalaia, situa-se o segundo seguimento praial (praias do Farol Velho e Atalaia, respectivamente).



**Figura 52** – Mapa de localização da área de estudo, mostrando a metodologia aplicada. Imagem Google Earth dos setores oeste, central e leste, respectivamente.

Para divisão transversal das praias, utilizou-se a zonação hidrodinâmica sugerida por Davis (1985), onde a (1) Zona de Espraçamento é limitada pela linha de maré alta e baixa de sizígia, e a (2) Zona de Surf pela linha de maré baixa de sizígia até a (3) Zona de Arrebentação de ondas. Na primeira ocorrem os fluxos e refluxos de ondas, a propagação das ondas na preamar, o transporte eólico quando

a maré está baixa, e os transportes transversal e longitudinal de sedimentos quando a maré está alta. Na segunda zona ocorre a dissipação energética das ondas que quebram nas proximidades da costa na Zona de Arrebentação, consequentemente, gerando os transportes transversal e longitudinal de sedimentos.

Foram realizadas campanhas de campo durante um ciclo hidrológico: 26, 27 e 28/04/2013 (estação chuvosa) e 04, 05 e 06/10/2013 (estação menos chuvosa) na área de estudo.

Nos 3 setores da costa foram feitas coletas de sedimentos provenientes do transporte transversal na zona de espraiamento utilizando-se uma armadilha (instrumento composto por uma rede de captura de 12,5 x 6 cm) (Fig. 53a) ora no sentido contrário ao mar, ora no sentido contrário ao continente. O objetivo foi comparar o volume de sedimentos trazidos e removidos da face praial durante o fluxo e refluxo das ondas. Também foi aplicado em cada setor, o método dos *traps* portáteis de Kraus (1987) – um conjunto de redes de 63 micrômetros e 15 x 9 cm fixado a uma torre de metal de 1,80 m (Fig. 53b) posicionada em sentido contrário a corrente longitudinal para reter os sedimentos transportados longitudinalmente na zona de *surf*, possibilitando quantificá-los (peso total) e qualificá-los (análise granulométrica) verticalmente, ou seja, ao longo da coluna d'água. O tempo de operação para as duas armadilhas foi de aproximadamente 5 minutos, como sugerido por Fontoura (2004), e realizado durante a maré vazante e maré enchente, como sugerido por Ranieri (2011), visto a grande importância do efeito da maré na costa amazônica.



**Figura 53** – *Trap* de espraiamento (A) aplicado na zona de espraiamento, e *Traps* portáteis (B) aplicados na zona de *surf*.

Em laboratório foram realizadas separações por peneiramento, e com auxílio de centrífuga, das diferentes frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em campo. Utilizou-se a classificação de Wentworth (1922) para definição de sedimentos arenosos e lamosos.

Parâmetros de onda (altura e período) foram observados em cada setor do trecho estudado, através de filmagem de trens de ondas na torre (suporte) dos *traps* portáteis. Utilizando-se a metodologia proposta por Muehe (2002), considerou-se a média das alturas de 1/3 das maiores ondas registradas, obtendo-se assim a altura de onda significativa ( $H_b$ ). Para obtenção do período de ondas ( $T$ ), usou-se o tempo da passagem das ondas sucessivas filmadas, dividindo este pelo número de ondas.

Para o ângulo de incidência de ondas ( $\alpha$ ) na linha de costa, um observador na face praial com o auxílio de uma bússola de geólogo verificou a direção de aproximação delas na zona de arrebentação.

Para melhor caracterização da hidrodinâmica na costa de Salinópolis foram realizadas medições de altura de maré, turbidez e de correntes na foz do rio Sampaio (setor oeste) e na Ilha de Atalaia, na região de divisa das praias do Farol Velho (setor central) e Atalaia (setor leste), conhecida como Ponta do Farol Velho. Dados de turbidez e altura de maré foram obtidos através da utilização de sonda de pressão com sensor OBS (*Optical Backscatter Sensors*), modelo Infinity-turbi ATU75W-USB. Dados de correntes de fundo foram registrados com correntômetro, modelo Infinity AEM-USB.

Os equipamentos operaram durante 12 horas (1 ciclo de maré) e em conjunto a partir do estófo de baixamar.

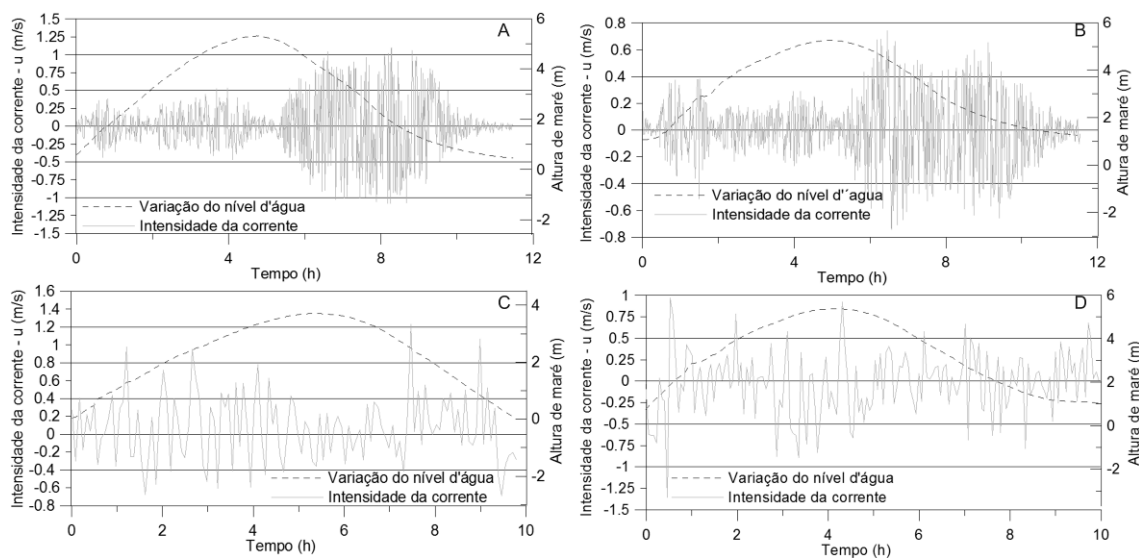
Os vetores de velocidade e direção das correntes foram decompostos em componentes longitudinais/paralelas ( $u$ ) e transversais ( $v$ ) a linha de costa, como sugerido por Miranda *et al.* (2002). Convencionou-se neste trabalho que valores positivos das componentes estão associados às correntes de direção N e E, e os negativos às correntes de direção S e W.

Medições complementares de intensidade e direção de correntes longitudinais de superfície foram feitas em cada setor da costa também através de uma bóia de deriva (balão cheio d'água) despejada entre o ponto de quebra de onda e a linha de costa, como sugerido por Fontoura (2004). Neste método foram medidas as distâncias percorridas pela bóia em 1 minuto, durante as marés vazante e enchente. Estas medidas complementam a caracterização pontual da hidrodinâmica durante as experimentações com as armadilhas.

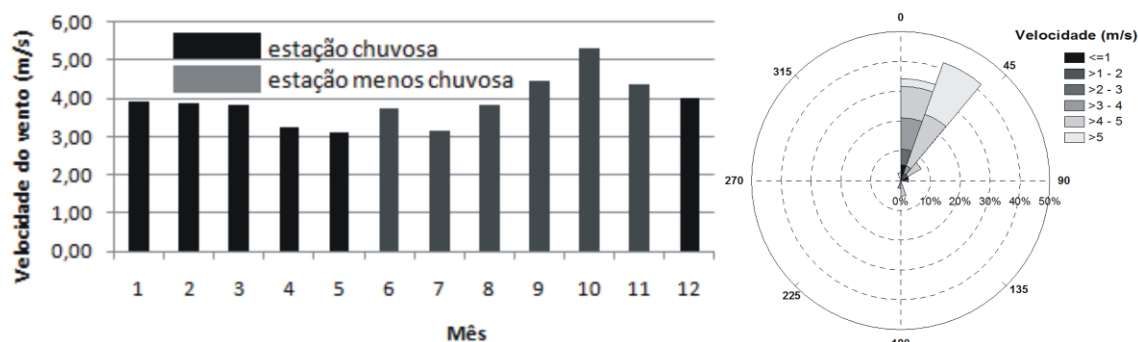
## APRESENTAÇÃO DOS DADOS

A curva de maré apresentou baixa assimetria, prevalecendo maior tempo de vazante do que de enchente (Fig. 54). A menor altura de maré (4 m) foi registrada na ilha de Atalaia durante a estação chuvosa (Fig. 54c), e a maior altura (5,3 m) registrada no mesmo local durante a estação menos chuvosa (Figura 54d), quando os ventos predominantemente de NE foram mais intensos, principalmente em outubro de 2013 (média de 5 m/s) (Fig. 55).

Na foz do rio Sampaio, as correntes longitudinais de fundo foram mais intensas, alcançando 1 m/s, na estação chuvosa. Tanto nesta estação (Fig. 54a) como na menos chuvosa (Fig. 54b), as maiores velocidades das correntes foram verificadas durante a vazante do rio. Na ponta do Farol Velho (ilha de Atalaia), as correntes apresentaram intensidade pouco variável entre as marés enchente e vazante, e entre as duas estações do ano, mostrando um padrão constante com velocidades de correntes longitudinais de fundo em torno de 0,2 a 0,4 m/s, principalmente (Fig. 54c e Fig. 54d).



**Figura 54** – Alturas de maré e intensidade das correntes longitudinais de fundo na foz do rio Sampaio em: (A) 26/04/2013 (estação chuvosa) e (B) 04/10/2013 (estação menos chuvosa), e na ponta do Farol Velho (ilha de Atalaia) em: (C) 27/04/2013 (estação chuvosa) e (D) 05/10/2013 (estação menos chuvosa).



**Figura 55** – Intensidade média e direção dos ventos na costa de Salinópolis durante o ano de 2013, de acordo com CPTEC (2014).

Correntes superficiais para direção E foram verificadas durante a maré enchente, e para direção W durante a maré vazante. Contudo, no setor central, as correntes foram para direção W nas duas fases de maré. Estas situações foram observadas tanto na estação chuvosa como na menos chuvosa, assim como o comportamento do ângulo de incidência das ondas nos setores oeste e leste que se orientaram em direção oposta (NW) das correntes, durante a maré enchente (Fig. 56e, 56f, 57e e 57f).

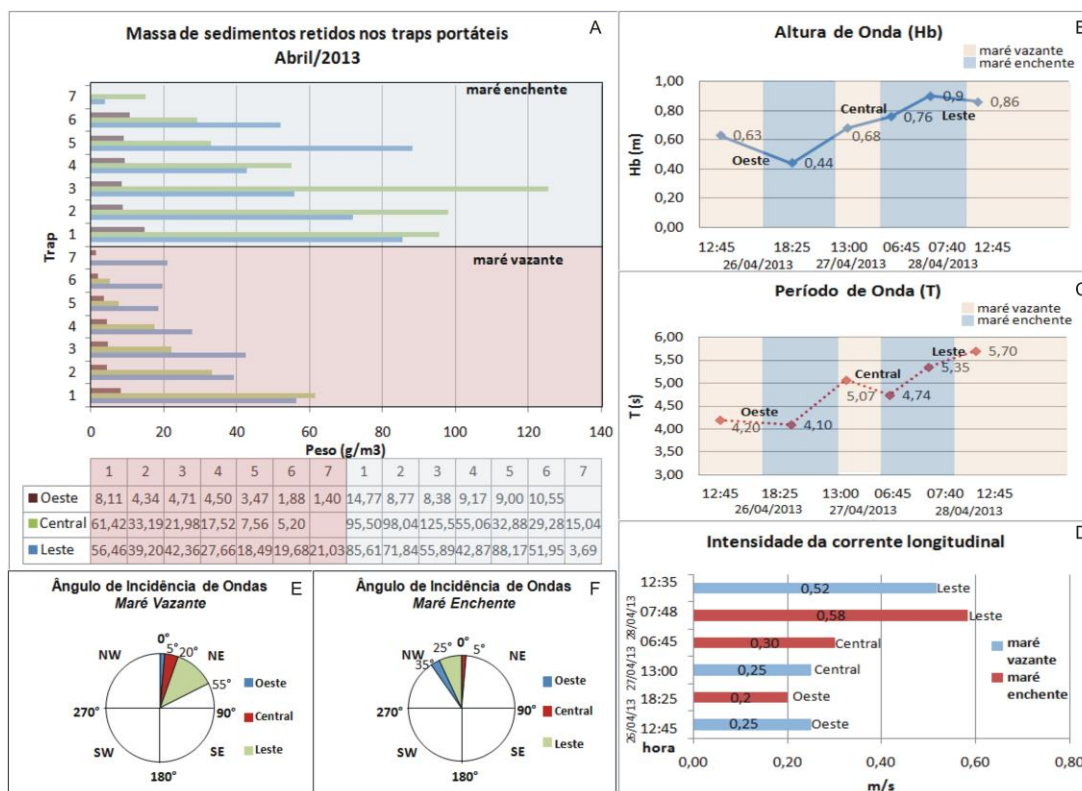
Nos experimentos com *traps* portáteis realizados na estação chuvosa, obteve-se maior quantidade de sedimentos transportados longitudinalmente durante a maré enchente (Fig. 56a), assim como correntes longitudinais de superfície mais intensas nos setores central (0,30 m/s) e leste (0,58 m/s) (Fig. 56d). Nesta fase de maré e nos setores mencionados, as ondas tiveram os menores períodos de propagação (<5,35 s) (Fig. 56c) e, alturas mais elevadas (>0,76 m) (Fig. 56b).

Esta característica da hidrodinâmica no momento das experimentações com *traps* portáteis foi similar na estação menos chuvosa, com exceção das correntes longitudinais que foram mais intensas durante a vazante nos setores oeste (0,2 m/s) e leste (0,5 m/s) (Fig. 57d). Nesta estação do ano, obteve-se maior fluxo de sedimentos transportados longitudinalmente do que na estação chuvosa e, principalmente, durante a maré vazante (Fig. 57a).

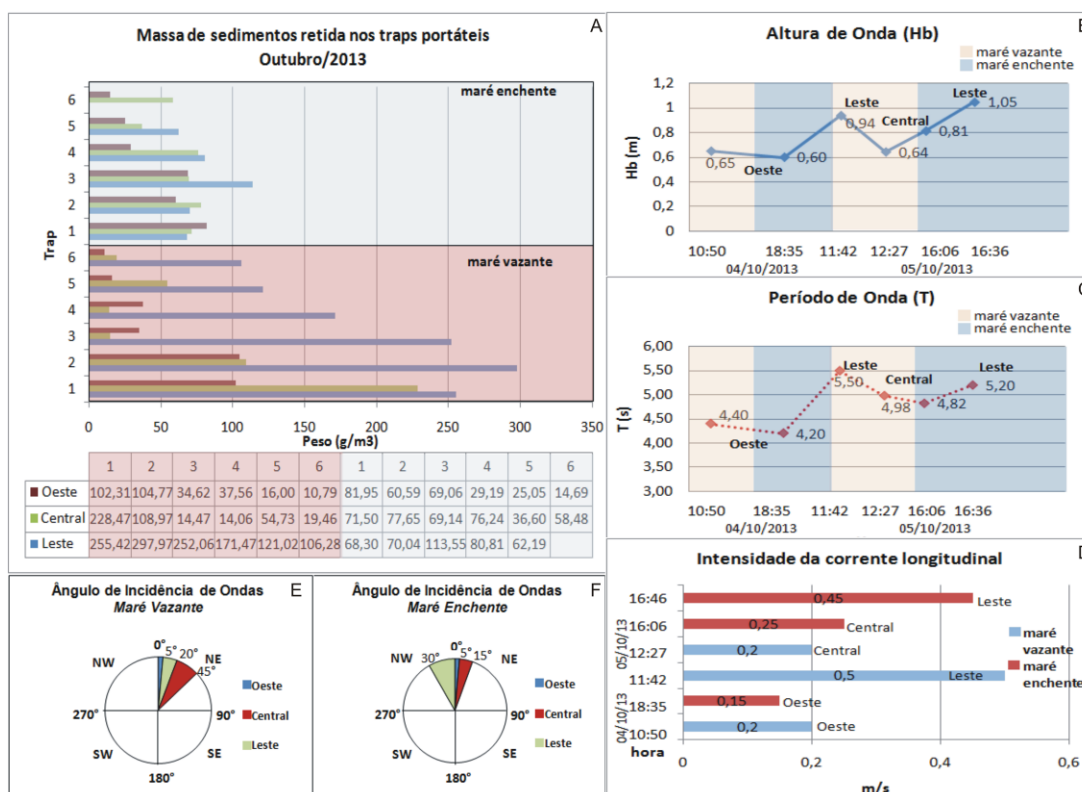
Durante a estação chuvosa, a massa de sedimentos retida nos *traps* portáteis foi menos homogênea ao longo dos níveis do suporte que os segura, a exemplo do que ocorreu nos *traps* do Setor Central, onde se obteve mais sedimentos no fundo do que em suspensão (Fig. 56a). Já na estação menos chuvosa, a distribuição vertical exibiu uma tendência mais aleatória, ou seja, mais homogênea (Fig. 57a).

A massa de sedimentos amostrada nos *traps* portáteis foi bem maior na estação menos chuvosa (Fig. 56a). Tanto nesta estação como na chuvosa, os *traps* no setor oeste foram os que tiveram menor fluxo de sedimentos coletados e, os do setor leste, o maior fluxo (Fig. 56a e Fig. 57a).





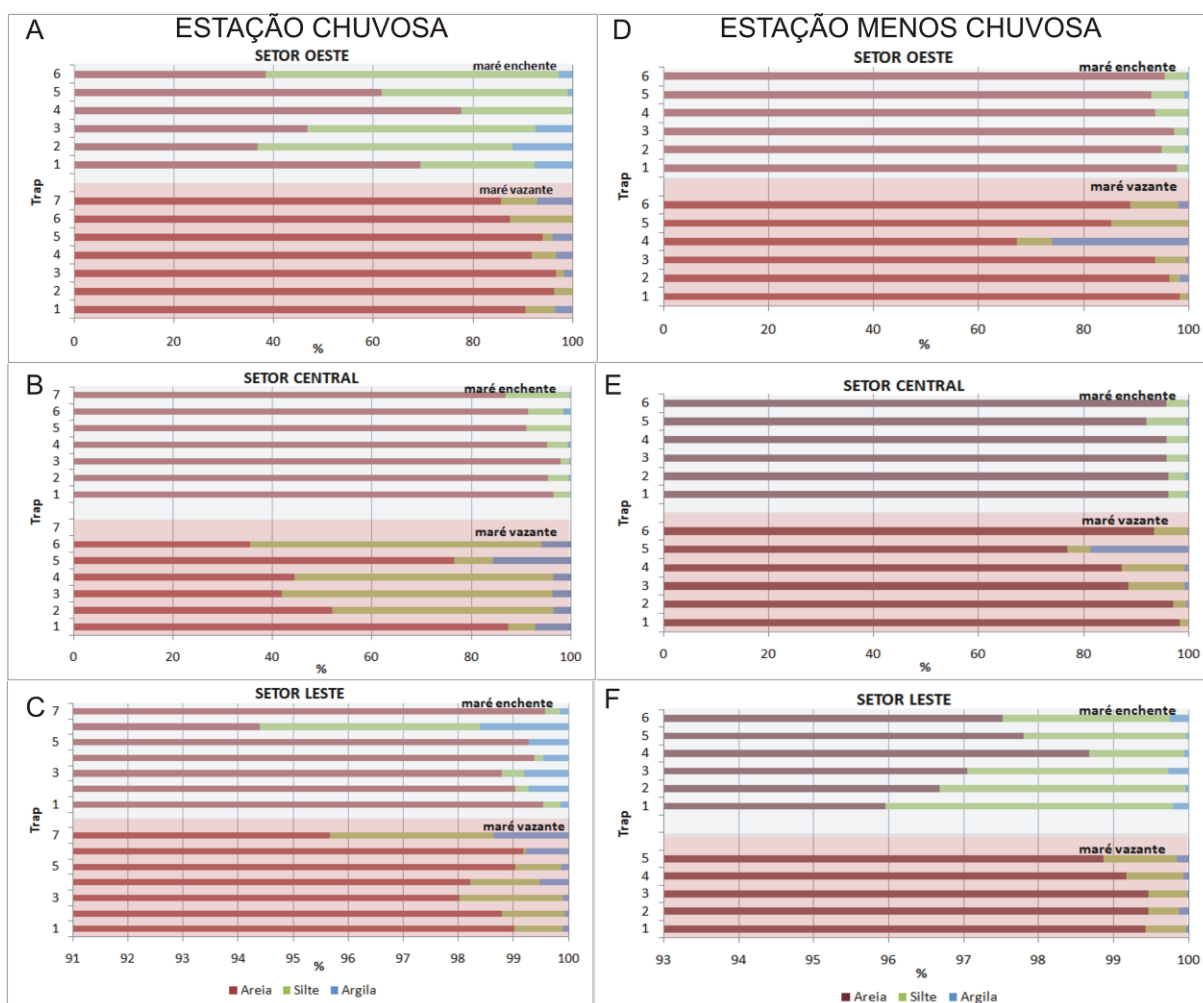
**Figura 56** – Massa de sedimentos obtida com os traps portáteis na estação chuvosa (A) e as condições da hidrodinâmica no momento das coletas: Altura (B) e período de ondas (C), Correntes longitudinais de superfície (D) e Ângulo de incidência de ondas durante as marés vazante (E) e enchente (F).



**Figura 57** – Massa de sedimentos obtida com os traps portáteis na estação menos chuvosa (A) e as condições da hidrodinâmica no momento das coletas: Altura (B) e período de ondas (C), Correntes longitudinais de superfície (D) e Ângulo de incidência de ondas durante as marés de vazante (E) e enchente (F).

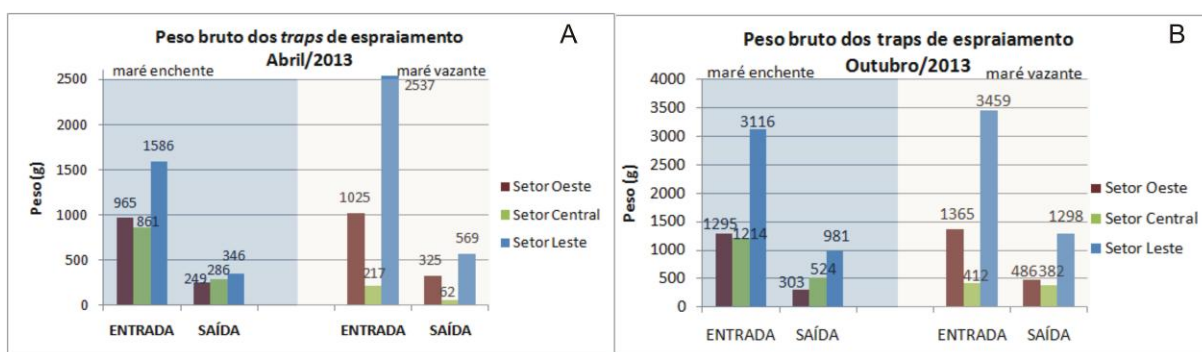
Durante a estação chuvosa, verificou-se que o percentual de areia foi elevado, principalmente no setor leste, sendo desde 94 % (*trap* 6) a quase 100 % (*trap* 7), durante a enchente (Fig. 58c). No Setor Oeste, o percentual de areia foi elevado apenas durante a vazante de 85 % (*trap* 7) a 96 % (*trap* 3) (Fig. 58a). Já no Setor Central, este percentual foi bem maior durante a enchente de 86 % (*trap* 7) a 98 % (*trap* 3) (Fig. 58b). O percentual de silte e argila coletado foi mais significativo nos setores oeste e central (Fig. 58a e Fig. 58b).

Durante a estação menos chuvosa, o percentual de areia nos três setores da costa foi ainda maior. Este foi de 92 % (*trap* 5) a quase 100 % (*trap* 1), durante a enchente, no setor oeste (Fig. 58d). No Setor Leste, o percentual de areia foi mais elevado durante a vazante de 95 % (*trap* 1) a 98 % (*trap* 4) (Fig. 58f). No Setor Central, foi maior durante a enchente, 91 % (*trap* 5) a 96 % (*trap* 2) (Fig. 58e). Já o percentual de silte e argila dos sedimentos, foi mais significativo no setor oeste e central (Fig. 58d e Fig. 58e).



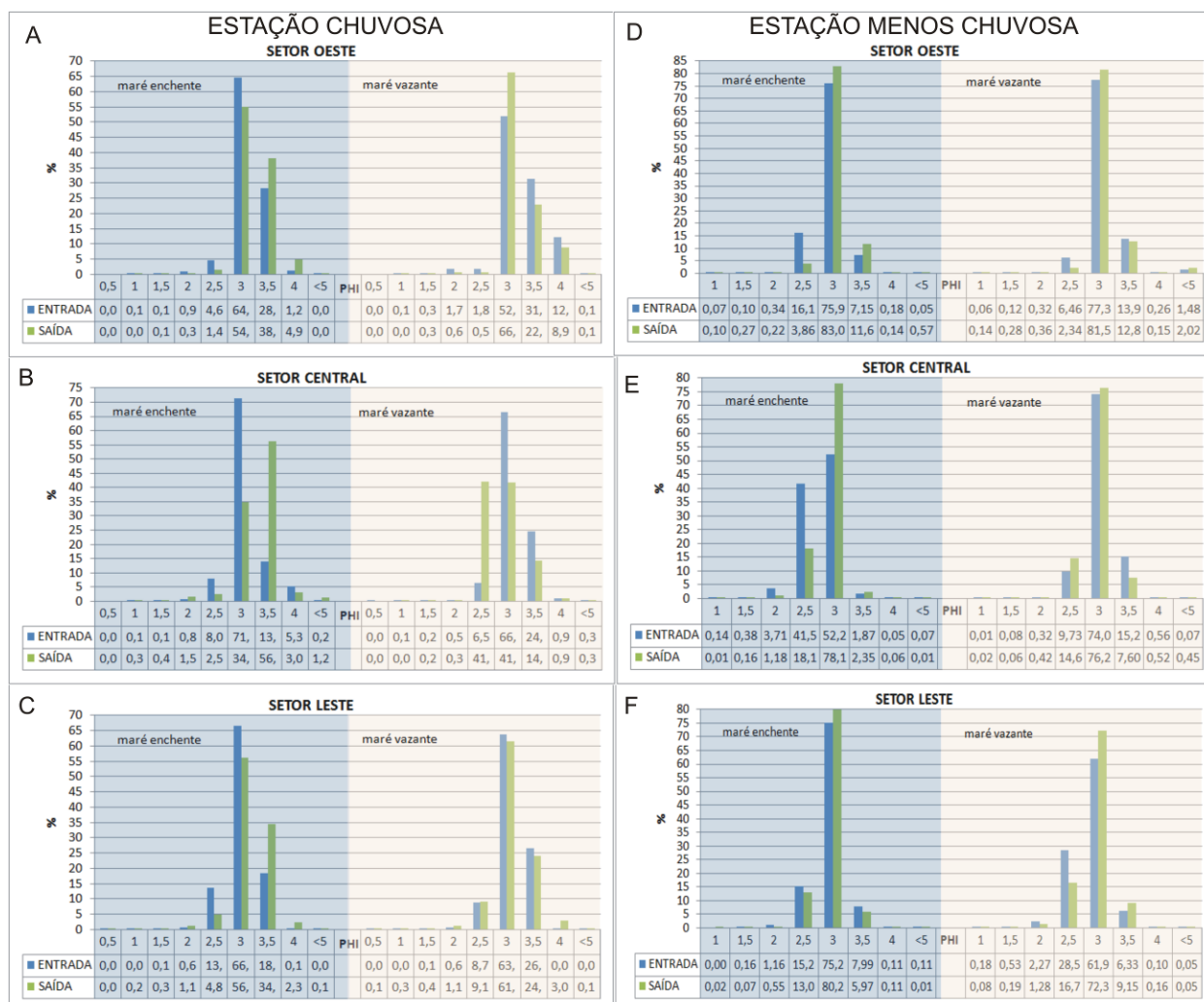
**Figura 58** – Análise granulométrica da massa de sedimentos obtida com os *traps* portáteis durante a estação chuvosa nos setores oeste (A), central (B) e leste (C), e durante a estação menos chuvosa: setores oeste (D), central (E) e leste (F).

Nos experimentos com os *traps* de espriamento houve mais sedimentos coletados nos setores oeste e leste (Fig. 59), tanto na estação chuvosa como na menos chuvosa e, principalmente, durante a vazante. No setor central, foi menor o balanço sedimentar (entrada e saída de sedimentos das praias), proveniente do transporte transversal, e os maiores pesos amostrados ocorreram durante a enchente (balanço entre os valores de entrada e saída: 575 g na estação chuvosa; 690 g na estação menos chuvosa). Nota-se a semelhança das experimentações nos três setores ao verificar que a quantidade de sedimentos entrando nas praias foi maior que a quantidade de sedimentos saindo (Fig. 59).



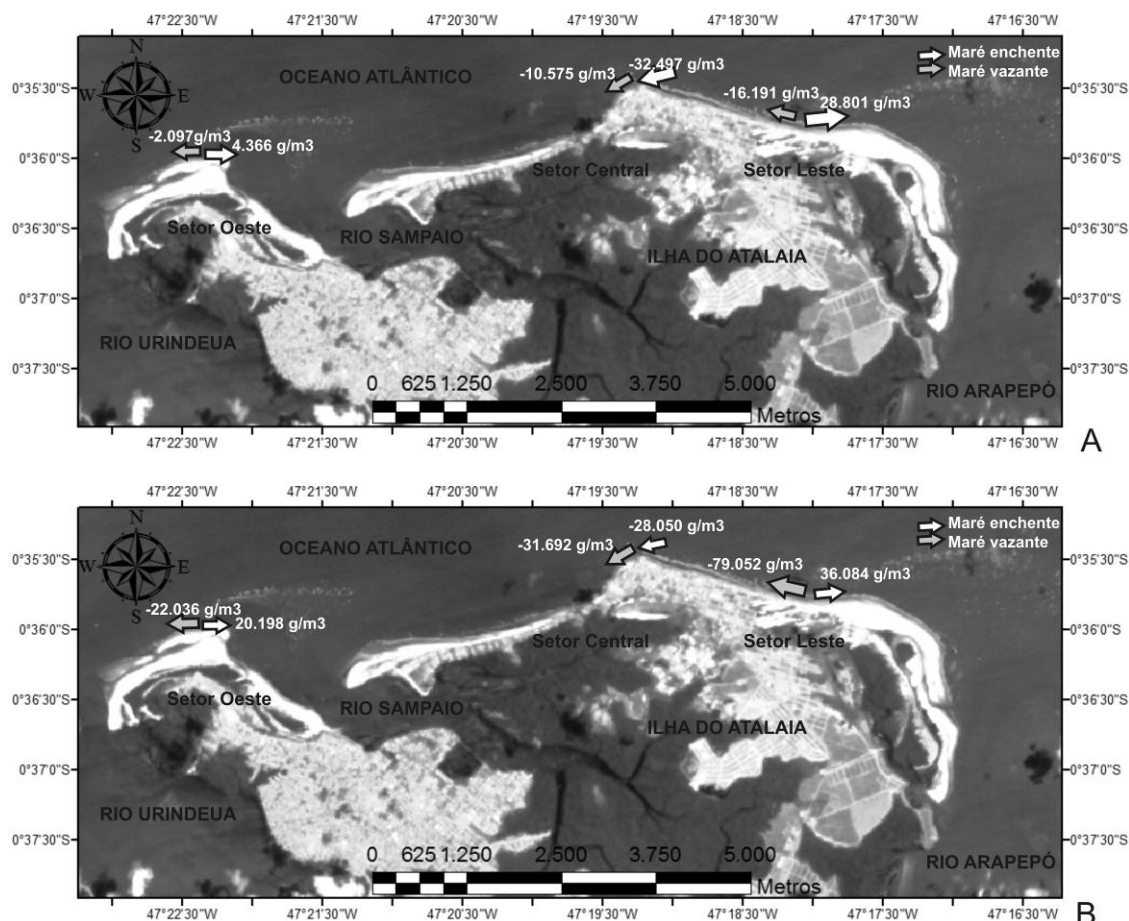
**Figura 59** – Massa de sedimentos obtida com os traps de espraimento nas estações chuvosa (A) e menos chuvosa (B).

Nos três setores e durante as duas estações do ano, a predominância de sedimentos mobilizados durante a deriva praial (transporte transversal) foi de areia fina (2,5 a 3 phi) e muito fina (3,5 a 4 phi). Percentuais de areia fina foram maiores no setor leste (Fig. 60c e Fig. 60f) e, principalmente, no setor central (Fig. 60b e Fig. 60e).



**Figura 60** – Análise granulométrica da massa de sedimentos obtida com os traps de espraimento durante a estação chuvosa nos setores oeste (A), central (B) e leste (C), e na estação menos chuvosa: setores oeste (D), central (E) e leste (F).

A figura 61 apresenta a resultante do material sedimentar transportado, inferido em cada setor da costa para as marés enchente e vazante, a partir do tempo destas fases de maré e massa de sedimentos coletada nos *traps* portáteis. O transporte resultante foi maior durante a enchente na estação chuvosa (Fig. 61a), e durante a maré vazante na estação menos chuvosa (Fig. 61b), sendo mais elevado principalmente no setor leste (mín. 16.191 g/m<sup>3</sup>; máx. 79.052 g/m<sup>3</sup>).

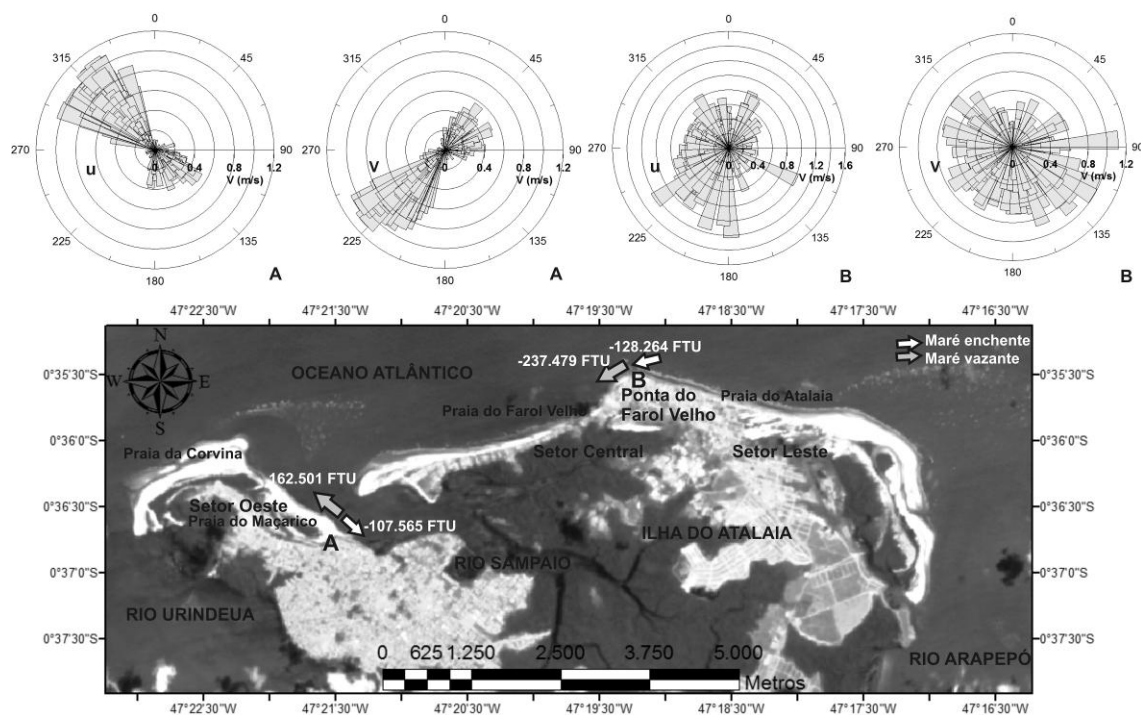


**Figura 61** – Resultante do material sedimentar transportado, inferido para cada setor da costa durante todo o período de marés enchente e vazante. (A) Estação chuvosa e (B) Estação menos chuvosa. As setas indicam a direção preferencial do transporte longitudinal em cada fase de maré.

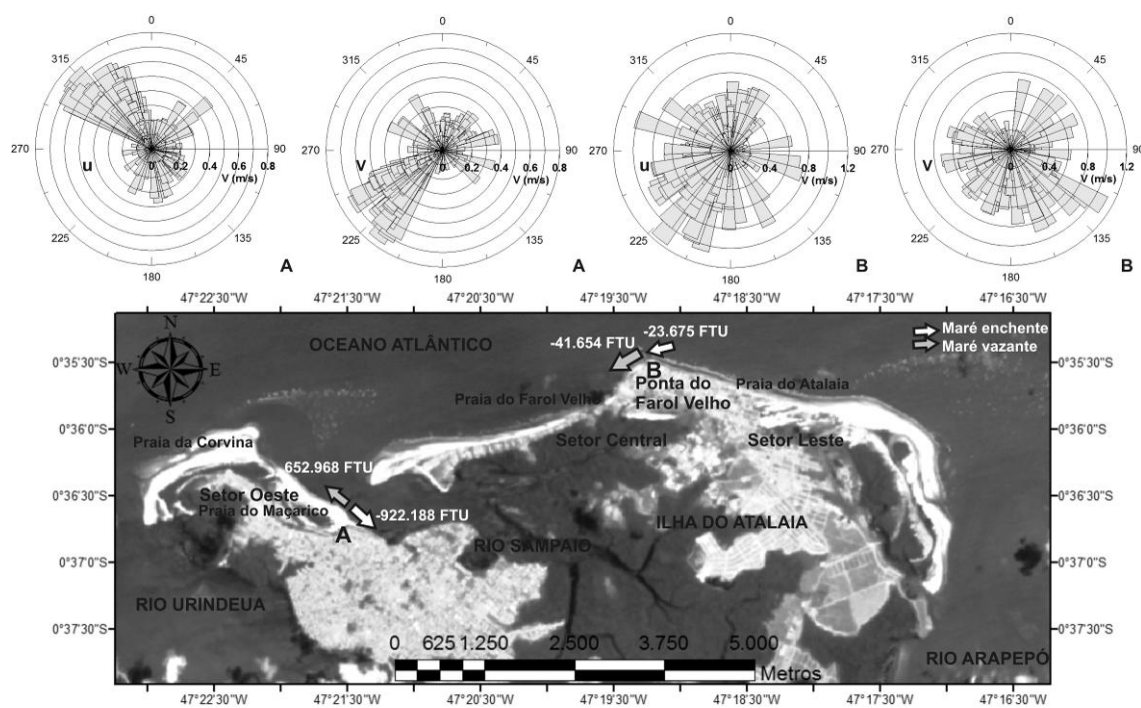
Na ponta do Farol Velho (ilha de Atalaia), os maiores valores de turbidez (> FTU) ocorreram durante a maré vazante na estação chuvosa e menos chuvosa (Fig. 62 e Fig. 63). Na foz do rio Sampaio, valores maiores ocorreram durante a enchente na estação menos chuvosa (Fig. 63), e durante a vazante na estação chuvosa (Fig. 62).

As correntes de fundo longitudinais (componente u) direcionam-se preferencialmente para SW e com velocidades de correntes mais elevadas (0,6 a 1,2 m/s) nesta direção, na ponta do Farol Velho (Fig. 62 e Fig. 63). As componentes paralelas (u) e transversais (v) à linha de costa mostraram intensidades similares. A última mostrou direção muito variável, mas com vetores preferencialmente para direção S (Fig. 62 e Fig. 63).

Na foz do rio Sampaio, as resultantes vetoriais obtidas para as componentes paralelas e transversais indicam baixa variabilidade direcional e similaridades nas intensidades das correntes, com a componente longitudinal (paralela, u) direcionada à foz do rio (direção NW) e mais intensa (0,4 a 1 m/s) nesta direção. A componente transversal (v) direciona-se principalmente para SW, com correntes mais fortes (Fig. 62 e Fig. 63).



**Figura 62** – Turbidez (FTU), direção (0-360 graus) e intensidade (m/s) das correntes de fundo longitudinais (componente u) e transversais (componente v), obtidas para a foz do rio Sampaio (A) e ponta do Farol Velho (ilha de Atalaia) (B) durante a estação chuvosa. As setas indicam a direção preferencial das correntes longitudinais (componente vetorial u) em cada fase de maré.



**Figura 63** – Turbidez (FTU), direção (0-360 graus) e intensidade (m/s) das correntes de fundo longitudinais (componente u) e transversais (componente v), obtidas para a foz do rio Sampaio (A) e ponta do Farol Velho (ilha de Atalaia) (B) durante a estação menos chuvosa. As setas indicam a direção preferencial das correntes longitudinais (componente vetorial u) em cada fase de maré.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

### *PROCESSOS FÍSICOS COSTEIROS*

Os registros de alturas de maré constataam que a área de estudo é dominada por macromarés (amplitude > 4 m) semidiurnas com baixa assimetria (normalmente com o tempo de vazante um pouco maior que o de enchente) (Fig. 54). Segundo Masselink & Hughes (2003), quando o tempo de vazante é superior ao tempo de enchente, predomina-se importação de sedimentos. A maior altura ocorrida (5,3 m) durante a estação menos chuvosa foi devido a associação da maré equinocial de outono e o efeito de ventos fortes. Pelo contrário, a menor altura (4 m) foi registrada na estação chuvosa, quando a intensidade de ventos é mais fraca devido ao aumento de precipitação na região diminuir o contraste térmico entre o continente e o oceano, pois neste período, o continente fica menos aquecido.

Em abril de 2013, durante a enchente, as correntes longitudinais foram mais intensas nos setores central e leste (Fig. 56), demonstrando a grande influência da corrente de maré enchente na costa de Salinópolis durante a estação chuvosa. O período de ondas, conseqüentemente, foi menor nesta fase de maré devido à aceleração causada no fluxo das águas. A energia de ondas geradas por ventos tem maior efeito sobre a corrente longitudinal durante a maré vazante, estação menos chuvosa e, principalmente, no setor central. Estas ondas são mais fortes neste setor e no leste (Figura 56) e podem sofrer adição também em sua altura pelo efeito da onda de maré. Este pode ter sido a causa das ondas mais altas durante a enchente nos referidos setores, pois no decorrer da enchente a energia da maré eleva-se.

Além disso, áreas mais expostas, como os setores central e leste, são mais propícias à ação energética das ondas. O setor oeste fica adjacente à foz do rio Sampaio e, durante a enchente, adquire características mais restritas de interação oceano-rio, com face praias mais limitada aos efeitos da hidrodinâmica oceânica, o que poderia explicar alturas de onda menores neste setor durante a enchente (Fig. 56 e Fig. 57).

As correntes longitudinais são provenientes, principalmente, do efeito das marés, com direção governada pela enchente e vazante dos rios que atravessam a costa de Salinópolis. Os ângulos de incidência de ondas sofrem influência em sua direção por conta deste comportamento de empuxo das águas que acontece na foz dos rios. No momento da enchente as correntes de superfície fluem principalmente para direção E devido ao fluxo de água está direcionado à enchente dos rios que margeiam a costa.

Durante o fluxo de vazante, que teve maior efeito principalmente sobre o setor oeste, correntes de maré são direcionadas para W, que é favorável também à direção das correntes geradas pelas ondas oriundas dos ventos. Por este fato, no setor central é mantida a direção W nas duas fases de maré.

Contudo, durante a estação menos chuvosa, a corrente de enchente dos rios, que representa a maior forçante da área de estudo na estação chuvosa, foi menos efetiva, demonstrado pelos dados de intensidade das correntes longitudinais de superfície para cada setor (Fig. 57). As velocidades das correntes, durante a vazante, foram mais elevadas nos setores oeste e leste, indicando o maior efeito das ondas no desenvolvimento das correntes longitudinais.

Apesar da maior influência destas ondas, nota-se ainda o predomínio das correntes de maré enchente dirigindo-se aos rios, ao analisar o ângulo de incidência das ondas durante a maré enchente, nos setores oeste e leste, que se orientam em direção oposta (NW) das correntes (Fig. 57). Também ao analisar a componente vetorial  $u$  (paralela a linha de costa) das correntes de fundo, direcionada preferencialmente para E (vetores positivos) nestes setores (Fig. 61), durante a maré enchente.

Na foz do rio Sampaio, as correntes longitudinais de fundo foram mais intensas, alcançando 1 m/s, na estação chuvosa (Fig. 54a), quando o sistema fluvial está mais ativo. Tanto nesta estação como na menos chuvosa, as maiores velocidade das correntes foram verificadas durante a vazante do rio, sendo esta a principal condicionante hidrodinâmica naquele local. Já na ponta do Farol Velho, na ilha de Atalaia, as correntes de fundo apresentaram intensidade pouco variável entre as marés enchente e vazante, e entre as duas estações do ano (Fig. 54c e Fig. 54d), apresentando um padrão constante com velocidades de correntes longitudinais em torno de 0,2 a 0,4 m/s, principalmente. As ondas geradas por ventos têm papel dominante na intensidade das correntes neste ponto específico da costa.

## **QUANTIFICAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DO TRANSPORTE SEDIMENTAR**

Tanto na maré vazante como na maré enchente, durante a estação chuvosa, os *traps* portáteis do setor oeste foram os que obtiveram menor fluxo de sedimentos, indicando um enfraquecimento de célula de circulação costeira, e uma zona de deposição de sedimentos (Fig. 56). Na estação menos chuvosa, a oferta de sedimentos na zona de *surf* foi maior, aumentando a quantidade destes nos *traps* portáteis (Fig. 57).

Esta situação também foi verificada nos outros setores, sendo a massa de sedimentos amostrada bem maior na estação menos chuvosa, indicando uma notável influência dos ventos locais na área de estudo, que foram bastante intensos durante o mês de outubro (Fig. 55), proporcionando maior energia de ondas e maior mobilidade de sedimentos.

Soares (2005) ao aplicar o método de armadilhas portáteis na zona de *surf* da praia de Camburi/ES, constatou que os picos de transporte em camadas subseqüentes à camada do fundo estão relacionados às situações de maior energia de ondas, gerando grandes turbulências que pode ter sido a causa da aleatoriedade da distribuição vertical das concentrações de sedimentos e, conseqüentemente, das taxas de transporte.

Outra questão importante que favorece a disponibilidade de sedimentos na zona de *surf* e zonas subseqüentes da praia durante a estação menos chuvosa está relacionada ao transporte de sedimentos em direção à linha de costa durante esta estação do ano evidenciado, por exemplo, pela migração de bancos arenosos, anteriormente submersos na plataforma continental durante a estação chuvosa, quando a energia das ondas geradas por ventos é menor.

O fato da massa de sedimentos amostrada com *traps* portáteis ter sido bem maior na estação menos chuvosa implicou também na maior taxa de transporte sedimentar inferido para todo período de enchente e vazante em cada setor da costa (Fig. 61). Esta taxa na estação chuvosa foi mais elevada durante a enchente, sendo os sedimentos transportados principalmente para leste. Na estação menos chuvosa, o transporte longitudinal foi mais elevado durante a vazante e, principalmente para oeste, devido o efeito mais intenso das correntes geradas por ondas oriundas dos ventos, que incidem na costa com direção NE originando correntes para oeste.

Os sedimentos coletados nos *traps* portáteis foram avaliados qualitativamente por frações granulométricas e verificou-se o percentual de silte e argila coletado foi mais significativo nos setores oeste e central (Fig. 58), indicando uma competência de transporte regular. Sugere-se que este seja mais elevado no setor leste, pois há grande quantidade de sedimentos menos finos (areia) suspensos sendo transportados.

No transporte de sedimentos, ao longo da costa, Komar (1977) propôs que o aumento do tamanho dos grãos de areia esteja relacionado à maior velocidade da corrente. Quando a velocidade da corrente diminui, o transporte atua principalmente sobre os sedimentos mais finos, de diâmetros menores, o que gera uma tendência à diminuição do diâmetro no sentido do transporte de sedimentos pela corrente longitudinal.

A quantidade de silte e argila mobilizada na coluna d'água esta relacionada também com a maior ou menor energia das ondas. Nas fases de maré onde as alturas de ondas foram mais elevadas, obteve-se melhor competência na mobilização de sedimentos arenosos, por isso baixo percentual de silte e argila. Como as maiores energias de ondas foram verificadas no setor leste, maior percentual de areia também foi obtido nos sedimentos coletados com *traps* portáteis.

Esta condição mais energética também confere a este setor maior capacidade de transporte transversal, demonstrado pelas experimentações com os *traps* de espriamento, cujos valores da massa de sedimentos coletados foram os mais elevados (Fig. 59). O espriamento de ondas gera a deriva praiar que é caracterizada por correntes transversais de fluxo e refluxo. Nos três setores a quantidade de sedimentos chegando à praia (proveniente do fluxo da deriva praiar) foi maior que a quantidade de sedimentos saindo (proveniente do refluxo da deriva praiar), caso contrário não se estabeleceria praias na área de estudo.

Contudo, o balanço entre a entrada e saída de sedimentos foi mais desfavorável no setor central (Fig. 59), indicando características mais erosivas a este setor. Este balanço pode ser deduzido também pela análise da direção de correntes pela componente vetorial  $v$  (transversal a linha de costa) na ponta do Farol Velho (ilha de Atalaia), onde o local de medição de correntes corresponde ao mesmo ponto de experimentação com os *traps*. A componente transversal resultante apresentou

direção bastante variável (Fig. 62 e Fig. 63), principalmente na estação chuvosa, onde vetores positivos (para direção N, que indica transporte continente-oceano) foi tão frequente quanto os negativos (para direção S, que indica transporte oceano-continente).

Esta situação confere características erosivas ao setor central que é desprovido, numa extensa proporção, de ambientes de sedimentação na linha de costa, que poderiam suprir a perda causada pela erosão. Esta é também elevada no setor leste, pois o fluxo de sedimentos durante o espraiamento é muito grande não somente na entrada de sedimentos na praia, mas também na retirada, porém o setor leste é limitado por campo de dunas conferindo grande disponibilidade de sedimentos no transporte transversal. Os valores elevados de sedimentos entrando ao sistema praiial indicam o importante papel da plataforma continental como a principal fonte de sedimentos à zona costeira de Salinópolis, especialmente no setor leste.

Maiores percentuais de areia fina nos *traps* de espraiamento aplicados nos setores leste (Fig. 60c e Fig. 60f) e central (Fig. 60b e Fig. 60e) podem também indicar grande competência de transporte transversal. Cornish (1898) apontou que o transporte transversal é mais efetivo com os sedimentos mais grossos.

Apesar de verificados percentuais um pouco maiores de silte e argila nos *traps* de espraiamento do setor oeste (Fig. 60a e Fig. 60d), nota-se que neste setor o transporte transversal é mais eficiente no retrabalhamento dos sedimentos de praia comparado ao transporte longitudinal.

### **TRÂNSITO COSTEIRO DE SEDIMENTOS**

A partir da análise das componentes paralelas e transversais do transporte na ponta do Farol Velho (ilha de Atalaia), que abrange os setores central e leste, e na foz do rio Sampaio, que envolve o setor oeste, bem como a região da sede municipal de Salinópolis, pôde-se investigar se há trocas sedimentares importantes entre estas duas regiões que compreendem a costa oceânica deste município, e qual a influência do rio que separa elas, o rio Sampaio, no transporte de sedimentos.

Na ponta do Farol Velho as correntes longitudinais (componente u) direcionam-se preferencialmente para SW durante todo o ciclo de maré, com velocidades de correntes mais elevadas (Fig. 62 e Fig. 63). Apesar disso, as direções foram bastante variáveis. As componentes paralelas (u) e transversais (v) à linha de costa mostraram intensidades similares. A última também apresentou direção muito variável, principalmente na estação chuvosa (Fig. 62), mas verificou-se a possível importação de sedimentos à praia do Farol Velho, mesmo que baixa, devido à maior frequência de correntes mais fortes no sentido oceano-continente (direção S).

Na foz do rio Sampaio, as resultantes vetoriais obtidas para as componentes paralelas e transversais mostraram um padrão de transporte tanto na estação chuvosa como na menos chuvosa, com baixa variabilidade direcional das correntes (Fig. 63 e Fig. 63), por se tratar de um sistema estuarino, e similaridades nas intensidades das correntes entre as duas componentes do transporte. Para a componente longitudinal/paralela (u) foram registradas correntes bem mais intensas direcionadas à foz do rio (direção NW), indicando que o mesmo atua como um exportador de sedimentos às praias adjacentes (Maçarico e Corvina). Para a componente transversal (v) novamente verifica-se a tendência à exportação de sedimentos, devido à maior frequência de correntes mais fortes direcionando-se à SW.

A turbidez na margem esquerda do rio durante a estação menos chuvosa foi bem mais elevada, com valores na enchente superiores ao da vazante (Fig. 63), pois a onda de maré penetra mais efetivamente no rio gerando maior turbidez, principalmente durante a enchente.

O tempo de residência do material em suspensão, disponível para o transporte, foi maior na estação menos chuvosa, pois as correntes foram mais fracas. Além disso, os ventos foram mais intensos causando maior agitação da água. O alcance da descarga fluvial ao oceano é menor também nesta estação do ano, sendo mais propícia a disponibilidade de material particulado em suspensão logo na praia do Maçarico. Na estação chuvosa esta disponibilidade fica maior na faixa de praias mais externas, que recebem a carga sedimentar vinda do rio.

Segundo Costa (2014), na estação chuvosa, quando as correntes são mais fortes, os máximos de velocidade causam maior heterogeneidade na coluna d'água tanto na enchente como na vazante, apresentando os máximos de mobilidade de sedimentos principalmente no fundo. O maior aporte de material particulado vindo do rio durante a vazante conferiu a esta fase de maré maior turbidez na estação chuvosa.



Na ponta do Farol Velho (ilha de Atalaia), a associação da energia de ondas geradas por ventos, da onda de maré e o maior efeito das correntes de maré e da carga sedimentar vinda dos rios durante a estação chuvosa, implicaram em maiores valores de turbidez (Fig. 62), mas principalmente a mobilização de material particulado mais finos.

Considerando a direção predominante e as velocidades das correntes entre as duas regiões da costa oceânica de Salinópolis (sede municipal e ilha de Atalaia), nota-se o transporte favorável de sedimentos em direção à faixa de praias da região sede (setor oeste), pois no centro da ilha de Atalaia, as correntes longitudinais dirigem-se mais para oeste e as intensas correntes de vazante (longitudinal) do rio Sampaio também dirigem-se para oeste. As correntes transversais neste rio indicam também a entrada de sedimentos na praia do Maçarico (setor oeste).

Contudo, a maior fonte de sedimentos neste setor provém do rio Sampaio, especialmente durante a maré vazante e na estação menos chuvosa, quando o alcance do aporte fluvial é menor e propicia a deposição de sedimentos logo na faixa de praias do setor oeste. Os sedimentos vindos da ilha de Atalaia, oriundos principalmente da plataforma continental, são também importantes, mas não implicam num transporte tão efetivo para o setor oeste. Esta efetividade é maior para a margem oeste da ilha (setor central).

Em relação à margem leste, esta é provida de sedimentos vindos da plataforma continental e transportados ao longo da outra metade da ilha (setor leste), durante a maré enchente, para esta direção preferencial, sendo o transporte mais efetivo na estação chuvosa, quando a carga sedimentar é maior devido à maior intensidade das correntes de maré. A adjacência com o rio Arapepó na margem leste da ilha de Atalaia também propicia aporte de sedimentos.

### **AGRADECIMENTOS**

Aos membros do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC) da Universidade Federal do Pará (UFPA) pela parceria na realização deste trabalho. Ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da UFPA e à Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) pelo financiamento da bolsa de estudos.

### **REFERÊNCIAS**

- Albuquerque M.F, Souza E.B., Oliveira M.C.F., Souza Junior J.A. 2010. Precipitação nas Mesorregiões do Estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978–2008). *Revista Brasileira de Climatologia*, **6**:151-168.
- Alvarez-Ellacuria A., Orfila A., Olabarrieta M., Medina R., Vizoso G., Tintoré J. 2010. A Nearshore Wave and Current Operational Forecasting System. *Journal of Coastal Research*, **26**(3):503-509.
- ANA – Agência Nacional das Águas. 2013. Sistema de monitoramento hidrológico. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 03 jun 2013.
- Cornish V. 1898. On sea beaches and sand banks. *Geological Journal*, **11**:628-651.
- Costa M.S. 2014. *Aporte hídrico e do material particulado em suspensão para a Baía do Marajó: contribuições dos Rios Jacaré Grande, Pará e Tocantins*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 83 p.
- CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 2013. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de dados meteorológico (Modelo WWATCH). Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 14 jan 2013.
- CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 2014. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de dados meteorológico (Estação Synop). Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 25 jul 2014.

- Davis R.A. (ed.). 1985. *Coastal Sedimentary Environments*. N.Y., Springer-Verlag, 716 p.
- Fontoura J.A.S. 2004. *Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não-coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da barra do Rio Grande, RS, Brasil*. PhD Thesis, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 273 p.
- Geyer W.R., Beardsley R.C., Lentz S.J., Candela J., Limeburner R., Johns W.E., Castro B.M., Soares I.D. 1996. Physical oceanography of the Amazon shelf. *Continental Shelf Research*, **16**:575-616.
- Komar P.D. 1977. Selective longshore transport rates of different grain-size fractions within a beach. *Journal of Sedimentary Petrology*, **47**(4):1444-1453.
- Kraus N.C. 1987. Application of portable traps for obtaining point measurements of sediment transport rates in the surf zone. *Journal of Coastal Research*, **3**(2):139-152.
- Masselink G.; Hughes M. (eds.). 2003. *An introduction to coastal processes and geomorphology*. London, Hodder & Stoughton, 354 p.
- Miranda L. B.; Castro B. M. & Kjerfve B. (eds.). 2002. *Princípios de Oceanografia Física de Estuários*. São Paulo, EDUSP, 424 p.
- Muehe D. 2002. Geomorfologia Costeira. In: S.B. Cunha & A.J.T. Guerra (eds.) *Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicação*, 2, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p. 191-238.
- Ranieri L.A., El-Robrini M. 2012. Avaliação experimental de métodos de armadilhas de sedimentos para determinação do transporte costeiro da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará). *Geociências*, **31**: 103-116.
- Segundo G.H.C. 2007. *Processos oceanográficos na região costeira e estuarina do rio Caeté, Pará, Brasil*. PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 139 p.
- Silva A.N.B. 2010. *Índices de extremos climáticos e tendências da precipitação anual e sazonal na Amazônia Oriental*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 134 p.
- Soares S.B. 2005. *Avaliação experimental da taxa longitudinal de transporte de sedimentos e sua previsão usando formulações globais na zona de surfe da Praia de Camburí, Vitória-ES*. MS Dissertation, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 113 p.
- Souza C.R.G. 1997. *As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo*. PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 184 p.
- Souza Filho P.W.M. & Paradella W.R. 2002. Recognition of the main geobotanical features along the Bragança mangrove coast (Brazilian Amazon Region) from Landsat TM and RADARSAT-1 data. *Wetlands Ecology and Management*, **10**(2):123-132.
- Souza Filho P.W.M. & Paradella W.R. 2003. Use of synthetic aperture radar for recognition of Coastal Geomorphological Features, land-use assessment and shoreline changes in Bragança coast, Pará, Northern Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, **75**(3):341-356.
- Wentworth C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**:377-392.

## **8. ARTIGO 5: CONDIÇÃO OCEANOGRÁFICA, USO E OCUPAÇÃO DA LINHA DE COSTA DE SALINÓPOLIS (SETOR CORVINA – ATALAIA), NORDESTE DO PARÁ, BRASIL**

(Artigo submetido à Revista de Gestão Costeira Integrada em 23/11/2014)

### **RESUMO**

As zonas costeiras são áreas sob grande estresse ambiental, devido à excessiva exploração de seus recursos naturais, uso desordenado do solo e a influência de processos oceanográficos (ondas, marés, correntes), meteorológicos (ventos, tempestades), hidrológicos (canais de marés, aporte sedimentar fluvial) e antrópicos (habitação, indústria, turismo, lazer). As praias são os ambientes mais dinâmicos e mais apreciados para uso e ocupação humana nas zonas costeiras. No Nordeste do Estado do Pará (Brasil), Salinópolis destaca-se como um dos municípios mais populosos e freqüentados por turistas. O maior problema atual no âmbito do gerenciamento costeiro são as ocupações irregulares em áreas de risco sujeitas a erosão. Este artigo objetiva a análise das condições oceanográficas nas principais praias de Salinópolis (Corvina, Maçarico, Farol Velho e Atalaia), e das atividades relacionadas ao lazer e ocupação imobiliária nestas praias e adjacências. Foram coletados dados oceanográficos durante dois períodos (26, 27 e 28/04/2013 – estação chuvosa – e 04, 05 e 06/10/2013 – estação menos chuvosa) e em 12/07/2014 – alta temporada turística – foi feita a análise dos aspectos de uso e ocupação da linha de costa e aplicação de entrevistas/questionários com banhistas. Para caracterização oceanográfica foram realizadas medições observacionais e instrumentais de ondas e correntes, além de coleta de sedimentos superficiais para complementar a identificação dos estados morfodinâmicos de praia de Wright & Short (1984). Foram utilizados os critérios de classificação de orla oceânica do decreto nº 5.300/2004 na área de estudo, visando a compartimentação da costa de Salinópolis em termos de urbanização. Atualmente, a orla oceânica de Salinópolis possui diferentes características quanto à utilização e conservação, abrangendo desde a tipologia de orlas naturais (Classe A) à orlas com urbanização consolidada (Classe C). A primeira ocorre nos extremos da área de estudo e, a segunda, na região da sede municipal. Quatro tipos de praias foram definidos segundo a exposição marítima e o grau das condições oceanográficas: tipo 1 (Maçarico), tipo 2 (Corvina), tipo 3 (Farol Velho) e tipo 4 (Atalaia). O trecho de costa com maiores impactos ambientais e com elevada erosão costeira localiza-se na praia do Farol Velho. Áreas de acresção ou estabilidade estão localizadas nas praias da Corvina e Maçarico e nos extremos da ilha do Atalaia. O grau de periculosidade ao banho foi pouco variável, com escala de segurança de 4 (praia do Maçarico) a 7 (praia do Atalaia) – médio a alto grau de risco. A praia mais freqüentada em Salinópolis é a do Atalaia, e os principais perigos potenciais identificados por banhistas entrevistados nesta praia são o trânsito de veículos, consumo alcoólico e marés altas.

**Palavras-chave:** Costa Amazônica, expansão urbana, hidrodinâmica, erosão/acresção costeira.

### **ABSTRACT**

The coastal zones are areas under great environmental stress, due to excessive exploitation of natural resources, uncontrolled land use and the influence of oceanographic processes (waves, tides, currents), meteorological (winds, storms), hydrology (channel tides, river discharge) and anthropogenic (housing, industry, tourism, leisure). The beaches are the environments most dynamic and most appreciated for human use and occupation. In the Northeastern State of Para (Brazil), Salinópolis stands out as one of the most populous counties and frequented by tourists. The biggest current problem in the context of coastal management are the illegal occupation in risk areas subject to erosion. This article aims to analyze the oceanographic conditions in the major beaches of Salinópolis (Corvina, Maçarico, Farol Velho and Atalaia), and activities related to leisure and human occupation on these beaches and surroundings. Oceanographic data were collected during two periods (April 26<sup>th</sup>, 27<sup>th</sup> and 28<sup>th</sup>, 2013 – rainy season – and October 04<sup>th</sup>, 05<sup>th</sup> and 06<sup>th</sup>, 2013 – less rainy season) and July 12<sup>th</sup>, 2014 – peak tourist season – was made analysis of aspects of the use and occupation of the coastline and application interviews/questionnaires with bathers. To oceanographic characterize observational and instrumental measurements of waves and currents, were made in addition to collecting surface sediments to complement the identification of beach morphodynamic states from Wright & Short (1984). The classification criteria of ocean coastal of nº 5.300/2004 Decree were used in the study area, aiming to categorize the Salinópolis coast in terms of urbanization. Currently, the Salinópolis seafront has different characteristics regarding the use and conservation, ranging from the type of natural coast (Class A) until coastal with consolidated urbanization (Class C). The first occurs at the extremes of the study area and the second in the

county seat region. Four types of beaches were defined according to maritime exposure and the degree of oceanographic conditions: type 1 (Maçarico), type 2 (Corvina), type 3 (Farol Velho) and type 4 (Atalaia). The section of coast with major environmental impacts and high coastal erosion is located on the Farol Velho beach. Areas of accretion or stability are located on the Corvina and Maçarico and the extremes of the Atalaia island. The degree of danger to the bath was somewhat variable, with a scale of security 4 (Maçarico beach) to 7 (Atalaia beach) – medium to high degree of risk. The most popular beach in Salinópolis is the Atalaia, and the main potential hazards identified by interviewees bathers at this beach are vehicular traffic, alcohol consumption and high tides.

**Keywords:** Amazon Coast, urban expansion, hydrodynamics, coastal erosion/accretion.

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão das zonas costeiras está sendo cada vez mais discutida em todo mundo no sentido de monitorar e proteger essas zonas, principalmente devido à grande importância dada nas últimas décadas às Mudanças Climáticas.

Entende-se que as zonas costeiras são áreas sob intenso estresse ambiental, devido à excessiva exploração de seus recursos naturais, uso desordenado do espaço (Gruber *et al.*, 2003) e por desempenhar papel de proteção contra os processos oceanográficos (ondas, marés, correntes), meteorológicos (ventos, tempestades) e fluviais (hidrodinâmica estuarina).

Para uma boa caracterização do grau de estabilidade das zonas costeiras é requerido o monitoramento destes processos naturais e também dos antrópicos (especulação imobiliária, devastação de ecossistemas, construção de estruturas rígidas de proteção litorânea) que determinam a dinâmica e a evolução da costa ao longo do tempo.

O conhecimento dos processos naturais e antrópicos, uma vez entendido, permite presumir o comportamento dos ambientes costeiros, identificar condições favoráveis e desfavoráveis de utilização ou preservação da costa.

Os estudos sobre a dinâmica da circulação costeira de sedimentos em algumas praias, por exemplo, são fundamentais na identificação de pequenas e grandes células de transporte locais e regionais e trouxeram importantes conclusões sobre o balanço sedimentar e a atuação de processos de erosão costeira acelerada (Souza, 1997; Souza & Suguio, 1998).

Dentre os ambientes costeiros, as praias são as mais apreciadas para uso e ocupação humana, seja por sua beleza, lazer, moradia, comércio, turismo e até mesmo atividades portuárias.

As praias são bens de uso comum do povo. Espaços públicos onde o direito de ir e vir deve estar sempre garantido, sendo áreas que podem ser utilizadas por todos em igualdade de condições (MMA, 2006).

No Brasil, o órgão competente pela gestão dos bens da União, nos quais se inserem as praias e Terrenos de Marinha, é a Secretaria do Patrimônio da União (SPU), do Ministério do Planejamento. Uma das competências da SPU é justamente disciplinar a utilização de bens de uso comum do povo, adotando as providências necessárias à fiscalização de seu uso (SPU, 2012).

No entanto, a gestão de praias apresenta diversos desafios, como destacado pelo Projeto Orla (MMA, 2006): regularização fundiária, ordenamento dos empreendimentos turísticos e de projetos urbanísticos, ordenamento de barracas/quiosques de praia, manutenção da acessibilidade à praia, conservação de biodiversidade e de culturas tradicionais, minimização de processos erosivos; entre outros, demonstrando que nem sempre as atividades desenvolvidas nas praias são devidamente ordenadas. Além disso, as praias têm o potencial de serem um dos primeiros ambientes a sofrer as consequências das mudanças climáticas, tais como a combinação da elevação do nível do mar com eventos climáticos extremos mais frequentes e rigorosos (Scherer, 2013).

O Projeto Orla propõe parâmetros de classificação da orla, tanto dos seus atributos físico-naturais quanto em relação a sua utilização e conservação. Um dos fundamentos deste projeto é o emprego de instrumentos de ordenamento territorial, com a classificação e o enquadramento da Orla Marítima, considerando o padrão de qualidade ambiental que se deseja atingir e/ou manter ao longo do tempo, segundo classes de trechos da Orla, subclasses (tipologias da orla) e estratégias de ação (Sobrinho, 2009).

Este projeto, no Estado do Pará, está sendo tratado, com base em informações peculiares sobre a hidrodinâmica estuarina e costeira da Região Norte, as unidades morfológicas, os dados socioeconômicos, as leis ambientais e os aspectos fundiários.

Salinópolis é um dos municípios contemplados neste projeto. Trabalhos referentes à oceanografia e os aspectos de uso da costa (sócio-econômicos) na área foram realizados, dentre outros, por Gregório *et al.* (2005) e Busman (2004), abordando a morfodinâmica das praias do Atalaia e Farol Velho, respectivamente; Pereira *et al.* (2014), abordando os aspectos físicos e antopogênicos da praia do Atalaia; e Cavalcante (2001), Brito (2004) e Marinho (2009), que abordaram os reflexos da expansão urbana em Salinópolis.

O município é um dos mais populosos e frequentados por turistas no NE do Pará. Do ponto de vista geológico e urbanístico, o maior problema atual são as ocupações irregulares em áreas de risco sujeitas a erosão, como os ecossistemas de dunas que desempenham função de proteção costeira.

De acordo com Scherer (2013), legalmente todo e qualquer construção na faixa costeira deve estar devidamente regularizada, com as autorizações pertinentes, e as construções/estruturas sem autorização, deveriam ser imediatamente retiradas e a área recuperada por conta de quem a ocupa. Isto está descrito na Lei Federal 9636/98, que discorre sobre os Bens da União, *“a utilização, a título precário, de áreas de domínio da União para a realização de eventos de curta duração, de natureza recreativa, esportiva, cultural, religiosa ou educacional, poderá ser autorizada, na forma do regulamento, sob o regime de permissão de uso.”*

Ainda, na mesma norma, no seu Art. 6º coloca-se que *“a realização de aterro, construção ou obra e, bem assim, a instalação de equipamentos no mar, lagos, rios e quaisquer correntes de água, inclusive em áreas de praias, mangues e vazantes, ou em outros bens de uso comum, de domínio da União, sem a prévia autorização do Ministério da Fazenda, importará: I - na remoção do aterro, da construção, obra e dos equipamentos instalados, inclusive na demolição das benfeitorias, à conta de quem as houver efetuado;....”*.

É visivelmente conhecido que o desenvolvimento turístico, ao longo da costa de Salinópolis, contribui para o crescimento urbano, sendo cada vez mais intensa a especulação imobiliária e hoteleira. Em locais mais próximos da linha de costa, aonde a ocupação humana vem se consolidando, o forte problema de erosão costeira em virtude da hidrodinâmica, do avanço do nível médio do mar e da devastação dos ecossistemas de proteção costeiros (construções irregulares sobre os mesmos), tem acarretado impactos socio-econômicos e ambientais significativos.

O presente artigo objetiva contribuir na identificação das condições oceanográficas das praias de Salinópolis, das atividades relacionadas ao lazer e ocupação imobiliária nas adjacências dessas praias, propondo a classificação da orla oceânica do município quanto ao uso e ocupação.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Salinópolis, NE do Pará, Brasil. A área foi delimitada à faixa de praias oceânicas, são elas: Corvina e Maçarico, onde se situa o principal empreendimento do município (Orla do Maçarico) e o setor mais urbanizado; Farol



A praia da Corvina (Figura 64b), localizada ao extremo oeste de Salinópolis, é limitada por dunas frontais, restinga e manguezais na linha de costa, assim como pela Orla do Maçarico (Figura 64c).

A praia do Maçarico (Figura 64d), que faz conexão com a praia da Corvina, é a praia menos exposta ao oceano aberto dentre as quatro praias estudadas, devido à adjacência com a foz do rio Sampaio. Esta praia é limitada por falésias (Formação Barreiras) ao sul, dunas e restinga na linha de costa da praia e pela orla do município.

A praia do Farol Velho (Figura 64f) é onde ocorrem os maiores impactos sócio-econômicos em função de erosão costeira, visto que há elevada especulação imobiliária bem próxima à praia. Nesta praia, afloramentos rochosos são expostos na face praial (Figura 69g) que é limitada por moradias (Figura 66f) construídas à frente do manguezal.

A praia de Atalaia (Figura 64g), localizada ao extremo leste de Salinópolis, é limitada por dunas frontais e permanentes com vegetação de restinga (Figura 64h), e em parte por moradias construídas na linha de costa (Figura 66g).

## 2.2. Aspectos oceanográficos

O município sofre influência das ondas formadas a partir dos ventos alísios. Estes cruzam a plataforma continental em direção a oeste, gerando “trends” de ondas incidentes, que associados a morfologia de fundo, ocasionam correntes de deriva litorânea para noroeste (Geyer *et al.*, 1996).

Segundo Cptec (2013), a altura de onda modelada para águas profundas varia de 0,5 a 1,5 m. Na zona de arrebentação das praias oceânicas, ou seja, em águas rasas, estas ondas alcançam 0,4 a 1,05 m.

Em Salinópolis ocorrem macromarés semidiurnas (amplitudes >4m). As correntes de marés são as principais correntes atuante no litoral. Secundariamente, são as correntes litorâneas resultantes da chegada das ondas à costa. Estas são responsáveis pelo transporte de grandes quantidades de sedimentos da plataforma continental para o litoral (Braga, 2007).

As correntes longitudinais têm grande intensidade durante a sizígia e estação chuvosa amazônica (dezembro-maio), quando são acrescidas pelas correntes de maré, alcançando velocidade máxima próximo à costa de 1,2 m/s.

## 2.3. Aspectos socioeconômicos e ambientais

Assim como algumas cidades a beira-mar, Salinópolis apresenta uma dinâmica na estrutura espacial que se reflete, principalmente, no modo de vida da população local, basicamente em função do mercado turístico que se instala na região, incentivando também o comércio, com um movimento significativo durante a alta temporada, quando além de atender à população local, atende também a população flutuante (Brito, 2004).

A pesca, que é considerada uma das atividades mais antigas na região tem, ainda hoje, importante contribuição para a economia local.

A comercialização de pescados é realizada nos mercados municipais de Porto Grande e Cuiarana, bem como em pequenos estabelecimentos localizados na sede municipal.

Os principais fatores de impacto sobre o meio ambiente no município de Salinópolis são a diminuição das áreas de manguezal, avanço da cunha salina sobre o aquífero, o aumento da erosão costeira, lixo, esgoto sem tratamento, contaminação das águas subterrâneas, conflitos fundiários e ocupações irregulares em área de proteção costeira, especialmente na ilha do Atalaia, onde os efeitos da interferência humana estão sendo cada vez mais

consolidados, com construções irregulares de hotéis em áreas de dunas e residências de veraneio sobre os terraços que limitam a linha de costa.

Na ilha, a ocupação desordenada ocorre desde a década de 70, com a construção da ponte que interliga a sede do município à ilha (Brito, 2004; Marinho, 2009), expondo este sistema costeiro à forte especulação imobiliária sobre áreas antes ocupadas por dunas.

Atualmente, as dunas frontais na praia do Atalaia estão cercadas por atividades degradadoras que implicam na dificuldade de recarga do lençol freático (importante papel das mesmas). Tais atividades são: a retirada das dunas, aterramento, queimadas da vegetação de restinga das mesmas, além do forte problema de erosão costeira em virtude do avanço do nível médio do mar. Próximo à linha de costa o recuo periódico de barracas residentes na linha de costa para sobre as dunas por conta deste avanço, e atrás das dunas são intensos os loteamentos.

Apesar da intensa especulação imobiliária e hoteleira ter contribuído para as transformações socioambientais em Salinópolis, a ação dos processos erosivos provocados pelos agentes dinâmicos costeiros é muito mais expressiva, se comparada com a intervenção humana (Brito, 2004), sendo o impacto ambiental muito mais problemático para o homem do que para a própria natureza.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas campanhas de campo para coleta de dados oceanográficos durante um ciclo hidrológico (26, 27 e 28/04/2013 – estação chuvosa – e 04, 05 e 06/10/2013 – estação menos chuvosa). Nestes períodos também foram analisados os aspectos de uso e ocupação da linha de costa, assim como em 12/07/2014 – alta temporada turística, quando foram aplicadas entrevistas/questionários com banhistas.

A energia de ondas foi verificada nas praias da Corniva e Atalaia, através de filmagem da passagem das mesmas numa torre de metal disposta após a zona de arrebentação, onde se verificou a média da altura de 1/3 das maiores ondas registradas. Medições de correntes foram feitas através de uma bóia de deriva (balão cheio d'água) despejada entre o ponto de quebra de onda e a linha de costa, medindo-se a distância percorrida pela bóia em 1 minuto.

Através dos equipamentos OBS (*Optical Backscatter Sensors*) e correntômetro foram feitas também medições de energia de ondas e correntes, respectivamente, na praia do Maçarico e na praia do Farol Velho.

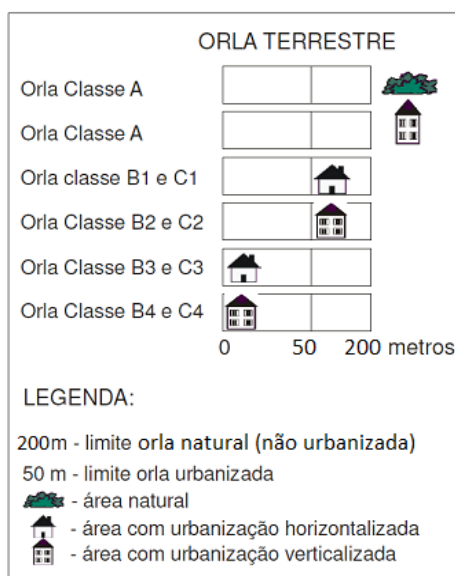
Foram identificados os estados morfodinâmicos das praias (dissipativo, intermediários e reflectivo) através do parâmetro empírico adimensional  $\omega$ , de Wright & Short (1984):  $\omega = Hb/Ws*T$ , onde  $Hb$  é a altura de onda na arrebentação;  $Ws$  é a velocidade de decantação de partículas sedimentares obtida pela relação com a granulometria de sedimentos superficiais coletados nas praias (Dean, 1973); e  $T$  é o período médio de ondas (tempo da passagem de ondas dividido pelo número delas).

Foi utilizado o decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, ao longo da área de estudo, visando a classificação e compartimentação da costa de Salinópolis em termos de urbanização. Segundo o anexo II deste decreto, a orla pode ser classificada em três classes quanto a sua utilização e conservação: Orlas Naturais ou Classe A, Orlas em Processo de Urbanização ou Classe B e Orlas com Urbanização Consolidada ou Classe C. Para as Classes B e C foram adaptados os critérios sugeridos por Oliveira (2009) de recuo urbano (Figura 65), referentes à distância da urbanização com a praia atual, e ao tipo de construção, que se refere basicamente a estruturas horizontais e verticais.

Salinópolis, diferentemente dos outros municípios da Costa Atlântica do Nordeste do Pará, apresenta urbanização mais densa próxima aos limites de praia. É o único município onde se observa inclusive edificações prediais sobre áreas contíguas à linha de costa. Cerca de



50% da faixa de praias oceânicas de Salinópolis é limitada por área urbanizada e a outra metade ainda apresenta-se conservada.



**Figura 65** – Critérios de recuo e estrutura urbana para orla marítima. Adaptado de Oliveira (2009).

*Figure 65* – *Criteria for retreat and urban structure for the seafront. Adapted from Oliveira (2009).*

Para uma melhor visualização dos aspectos hidrodinâmicos e urbanísticos da costa de Salinópolis foram feitos mapeamentos das classes acima identificadas na área de estudo, das condições oceanográficas em trechos distintos das faixas praias, sugerindo-se tipos característicos de praias, e mapeamento dos locais com erosão/acresção, tendo como auxílio a tabela de Bush *et.al.* (1999), com geoindicadores de avaliação do estado da linha de costa (Quadro 5).

Para a caracterização da faixa praias em termos de periculosidade ao banho, foram integralizados os dados de hidrodinâmica, a tabela de Short & Hogan (1993) (Tabela 12) e entrevistas/questionários aplicados com os banhistas, contendo perguntas como:

1. Faixa etária e profissão.
2. Motivos de frequentar praias e qual a frequência.
3. Cuidados tomados com as crianças.
4. A praia que mais frequenta em Salinópolis e por quê.
5. O grau de perigo das praias e qual deles.

Geoindicadores para Rápida Avaliação de Comportamento de Linha de Costa	
<b>Erosão Severa</b>	
1	Ausência de dunas de transposição freqüente;
2	Escarpas ativas por ondas ou dunas remanescentes;
3	Canais de maré expostos na zona de surfe;
4	Ausência de vegetação;
5	Obras de engenharia costeiras presentes na praia ou <i>offshore</i> ;
6	Escarpamento do pós-praia evidente (acúmulo de areia).
7	Presença de edificações e infra-estruturas urbanas danificadas.
<b>Erosão</b>	
8	Dunas escarpadas ou rompidas;
9	Escarpas íngremes e depósito de talús;
10	Turfa, lama ou troncos de árvores expostos na praia;
11	Praia estreita ou somente com área coberta por espraiamento de ondas;
12	Presença de leques de transposição; aberturas artificiais (como corte de estrada);
13	Vegetação efêmera ou tombada ao longo da linha de escarpa;
<b>Acréscimo ou estabilidade em longo tempo</b>	
14	Dunas e cristas de praia robusta e vegetada;
15	Escarpa vegetada com rampa estável;
16	Praia larga e berma bem desenvolvida;
17	Ausência de leque de transposição;
18	Vegetação bem desenvolvida desde floresta marítima interna, a arbustos de dunas, e grama pioneira de praia.

**Quadro 5** – Geoindicadores de avaliação de comportamento da linha de costa (Rocha 2009; modificado de Bush *et.al.*, 1999).

*Frame 5* – *Geoindicators evaluation of behavior of the coastline (Rocha, 2009; modified Bush et.al., 1999).*

**Tabela 12** – Nível de segurança em praias com base no estado morfodinâmico e na altura de onda na arrebentação, segundo Short & Hogan (1993).

*Table 12* – *Level of security on the beaches based in the morphodynamic state and the wave height in the breaking, according Short & Hogan (1993).*

Estado da praia	Altura da onda (m)							
	< 0,5	0,5	1	1,5	2	2,5	3	>3,0
Dissipativo	4	5	6	7	8	9*	10*	10
Banco e cavas longitudinais	4	5	6	7*	7*	8*	9	10
Banco e praia rítmicos	4	5	6	6*	7*	8	9	10
Banco e retornos transversos	4	4	5*	6*	7	8	9	10
Terraço de baixa mar ou crista-canal	3	3*	4*	5	6	7	8	10
Refletivo	2*	3*	4	5	6	7	8	10
<b>Escala de segurança</b>	<b>Legenda para os perigos associados</b>							
Máxima 1-3	Profundidade e correntes fracas							
Moderada 4-6	Arrebentação							
Baixa 7-8	Retornos e correntes na zona de surfe							
Mínima 9-10	Retornos, correntes e arrebentação muito alta							

Nota: Todos os níveis de segurança são baseados com relação a um banhista na zona de surfe e crescem com o aumento da altura de onda ou com a presença de feições como desembocaduras de rios e lagunas, promontórios rochosos e correntes de retorno induzidas por recifes. As correntes de retorno também aumentam em intensidade na maré baixa. Números assinalados por (\*) indicam níveis de segurança em condições modais de ondas.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Classificação da Orla Oceânica

Atualmente, a orla oceânica de Salinópolis possui diferentes características quanto à utilização e conservação, abrangendo desde a tipologia de orla natural à orla com urbanização consolidada (Figura 66).

A primeira ocorre nos extremos da área de estudo (a oeste da região sede municipal e a leste da ilha do Atalaia), onde há paisagens conservadas, baixo a nulo grau de ocupação, difícil acesso, somente por pequenas aberturas de trilhas e ruas, e atividades humanas apenas de subsistência ou lazer, como passeios ou práticas esportivas, a exemplo do extremo leste da ilha do Atalaia (Figura 67a).

O trecho de costa classificado como em processo de urbanização em padrão horizontalizado está localizado a rumo deste extremo, com recuo em relação à linha de costa de no mínimo 50 m, contudo há presenças de barracas de madeira semelhante a palafitas (com base suspensa por estruturas de madeira também) que apresentam este formato para mitigar os efeitos de suas presenças em possíveis alterações nas células de circulação costeira (transporte longitudinal e transversal de sedimentos) (Figura 67b).

Trecho de orla com processo de urbanização verticalizada e sem recuo característico (menor que 50 m) pôde ser observada na principal via de acesso à faixa de praias da ilha do Atalaia, onde há médio adensamento de hotelaria e comércio (Figura 66h). O outro trecho que compreende a praia do Atalaia (divisa desta com a praia do Farol Velho), bem como toda a praia do Farol Velho, foram classificados como orla em processo de urbanização horizontalizada e sem recuo característico (Figuras 66f e 66g).

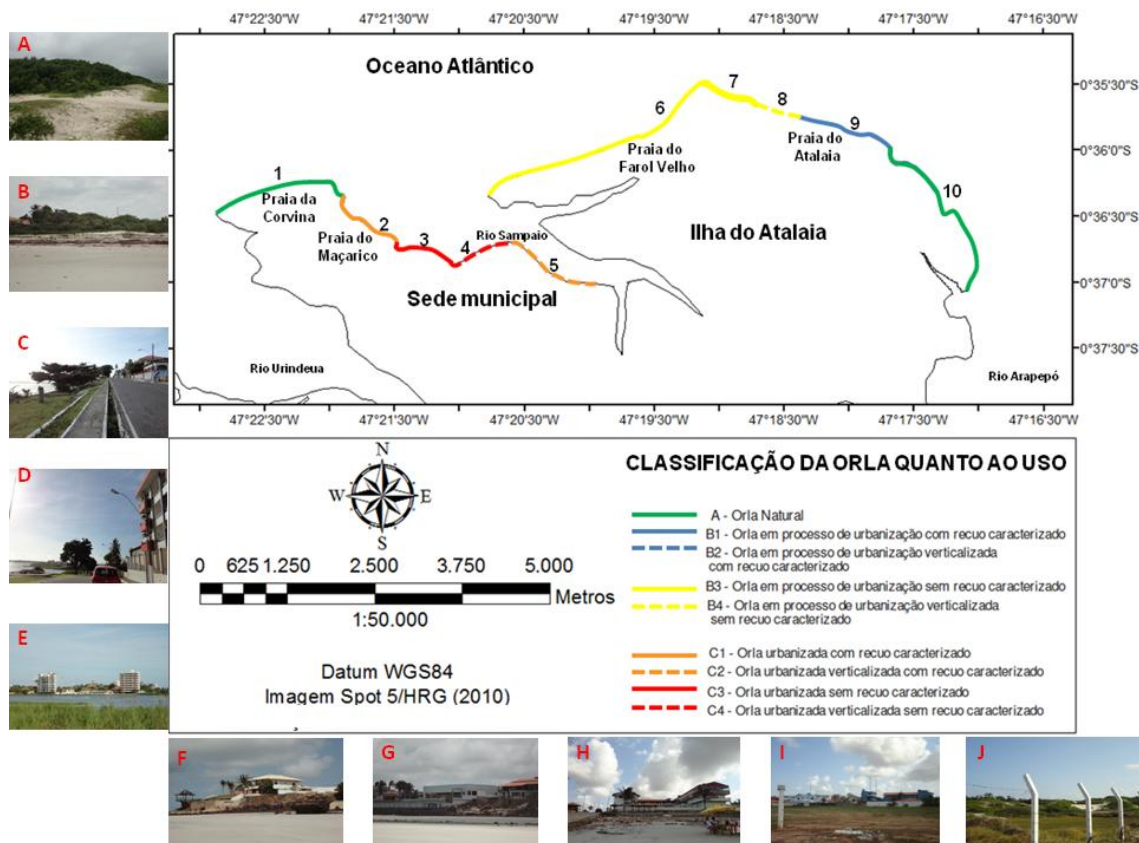
Trata-se do trecho da orla oceânica com ocupação diretamente sobre a linha de costa, principalmente por grandes casas de veraneio, com médio adensamento de construções e população não residente do município em quase toda sua totalidade.

As construções prediais, na ilha do Atalaia, estão na maioria localizadas além do limite sugerido para recuo máximo da linha de costa preservada (mais que 200 m), contudo sobre áreas antes de dunas, que foram devastadas para especulação imobiliária.

A região da sede municipal foi caracterizada com o tipo de orla com urbanização consolidada, pois se trata da região primeiramente colonizada, ou seja, com ocupação mais antiga e com alto adensamento populacional.

Nesta região, a área onde se situa a Orla do Maçarico foi enquadrada como tendo recuo urbano maior que 50 m da linha de costa. Trecho de orla com urbanização consolidada sem este recuo foi identificado na foz do rio Sampaio (Figuras 66c e 66d), área mais abrigada ao oceano aberto, cuja hidrodinâmica é mais baixa, basicamente das correntes do rio.

A verticalização próxima a linha de costa ocorre nas zonas mais adentro do rio, havendo um trecho com recuo urbano maior que 50 m de distância da linha de costa localizado no lago artificial do Pedalinho (Figura 3d), construído com o aterramento próximo à margem do rio Sampaio e construção de uma pequena estrada que separa este do lago (Figura 6f).



**Figura 66** – Classificação da orla oceânica de Salinópolis quanto ao uso e ocupação na linha de costa. Fotografias retiradas em 12/07/2014.

*Figure 66* – Classification of Salinópolis seafront about the use and occupation in the coastline. Photos taken on 07/12/2014.

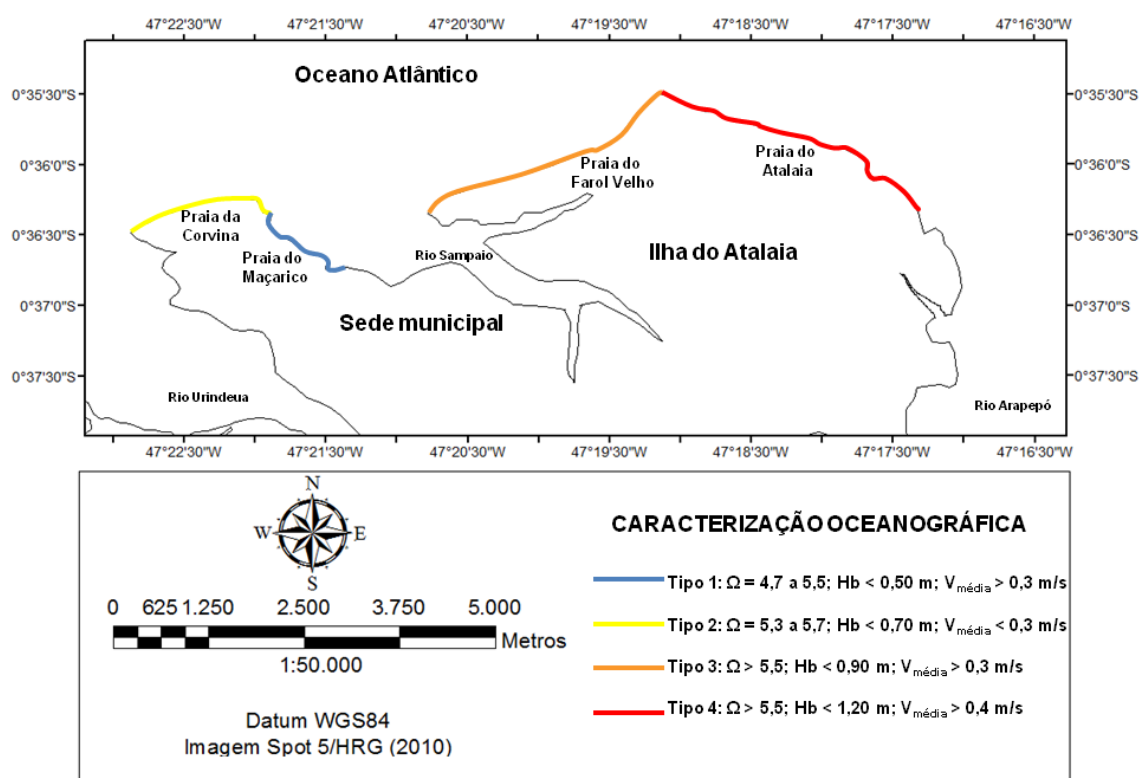


**Figura 67** – Barracas em forma de palafitas na linha de costa da praia do Atalaia (A) e placa de identificação da área reservada à prática esportiva na mesma praia (B). Fotografias retiradas em 28/04/2013 e 06/10/2013, respectivamente.

*Figure 67* – Shacks shaped stilt houses in the coastline of the Atalaia beach (A) and identification plate of the reserved area for sports on the same beach (B). Photos taken on 04/28/2013 e 10/06/2013, respectively.

A partir da verificação das condições oceanográficas através dos métodos instrumentais e observacionais sugeriu-se a definição de quatro tipos de praias (Figura 68) para a costa oceânica de Salinópolis:

- *Tipo 1*: praia adjacente à rio e delta de vazante, com estado morfodinâmico de banco e calha longitudinais ( $\Omega$ : 4,7 a 5,5), altura de ondas abaixo de 0,50 m e correntes moderadas (em média maiores que 0,3 m/s), devido sua localização, com elevada influência estuarina. Praia identificada: Maçarico.
- *Tipo 2*: praia com alta influência estuarina e oceânica, com estado morfodinâmico variando de banco e calha longitudinal, e dissipativo ( $\Omega$ : 5,3 a 5,7), dependendo da época do ano, alturas de ondas abaixo de 0,70 m e correntes fracas (em média menores que 0,3 m/s). Praia identificada: Corvina.
- *Tipo 3*: praia com moderada influência estuarina e alta influência oceânica, com estado morfodinâmico dissipativo ( $\Omega > 5,5$ ), alturas de ondas abaixo de 0,90 m e correntes moderadas (em média maiores que 0,3 m/s). Praia identificada: Farol Velho.
- *Tipo 4*: praia com moderada influência estuarina e alta influência oceânica, com estado morfodinâmico dissipativo ( $\Omega > 5,5$ ), alturas de ondas abaixo de 1,20 m e correntes fortes (em média maiores que 0,4 m/s). Praia identificada: Atalaia.



**Figura 68** – Tipos de praia definidos na área de estudo (setor Corvina-Atalaia) de acordo com o grau de exposição e condições oceanográficas.

*Figure 68* – Beach types defined in the study area (Corvina-Atalaia sector) according to the degree of exposure and oceanographic conditions.

## 4.2. Vulnerabilidade dos Ambientes Costeiros

A interferência ao meio físico, principalmente aqueles relacionados à dinâmica dos processos sedimentares, e induzida em grande parte por ações de natureza antrópica, pode acarretar problemas no âmbito ambiental e financeiro. Do ponto de vista ambiental, especialmente o geológico, as principais alterações são na linha de costa, decorrentes de erosões, assoreamentos, bem como de colapsos do substrato. Em relação ao fator econômico,

destacam-se as perdas de moradias, edificações e estruturas localizadas à beira-mar, causadas pelos processos anteriormente citados (Farinaccio & Tessler, 2010).

O trecho de costa com maiores impactos ambientais localiza-se na praia do Farol Velho, onde há ocupação diretamente sobre a linha de costa, não havendo nenhum ambiente sedimentar costeiro que propusesse a reposição de areias à praia. Por este motivo a praia está apresentando erosão severa (Figura 69), ficando mais estreita, com uma paisagem degradada por colapso de muros, de barreiras de rochas e com afloramentos rochosos de idade terciária (Formação Pirabas) expostos em diferentes proporções (Figura 69g), alterando a topografia praial. Fatos que também ocorrem em parte da praia do Atalaia (Figura 69h), no local de divisa com a praia do Farol Velho.

Sabe-se que a ocupação do ambiente praial por casas, edificações ou outras estruturas (paredões rochosos, muros de contenção, estradas) modifica a manutenção do equilíbrio sedimentar natural das praias, pois estas obras são construídas sobre o pós-praia, setor essencial para o suprimento de sedimentos.

Na praia do Atalaia, as dunas ainda presentes na linha de costa funcionam como repositoras de sedimentos à praia que também sofre com a erosão costeira numa extensa faixa (Figura 69). Há dunas escarpadas por ondas e pelas grandes subidas das marés (Figura 69i), sendo a praia toda coberta pelo espraiamento de ondas, que periodicamente levam os donos de estabelecimentos (bares e restaurante) na praia a recuarem suas barracas em direção ao pós-praia (Figura 69j).

As dunas são parte integrante do balanço sedimentar de uma praia e a gestão da mesma depende também da conservação das dunas. Não obstante, muitas vezes os campos dunares são ocupados indiscriminadamente (Scherer, 2013).

Dunas foram devastadas e aterradas para ocupação de imóveis, ruas, inclusive com pavimentação asfáltica, e para loteamentos na ilha do Atalaia, causando, dentre outras coisas, alteração do regime de fluxo das águas subterrâneas. Na praia do Farol Velho há apenas um campo de dunas estável totalmente vegetado após edificações. Provavelmente estas funcionam como barreira ao vento propiciando a condição de grande estabilidade e vegetação às dunas.

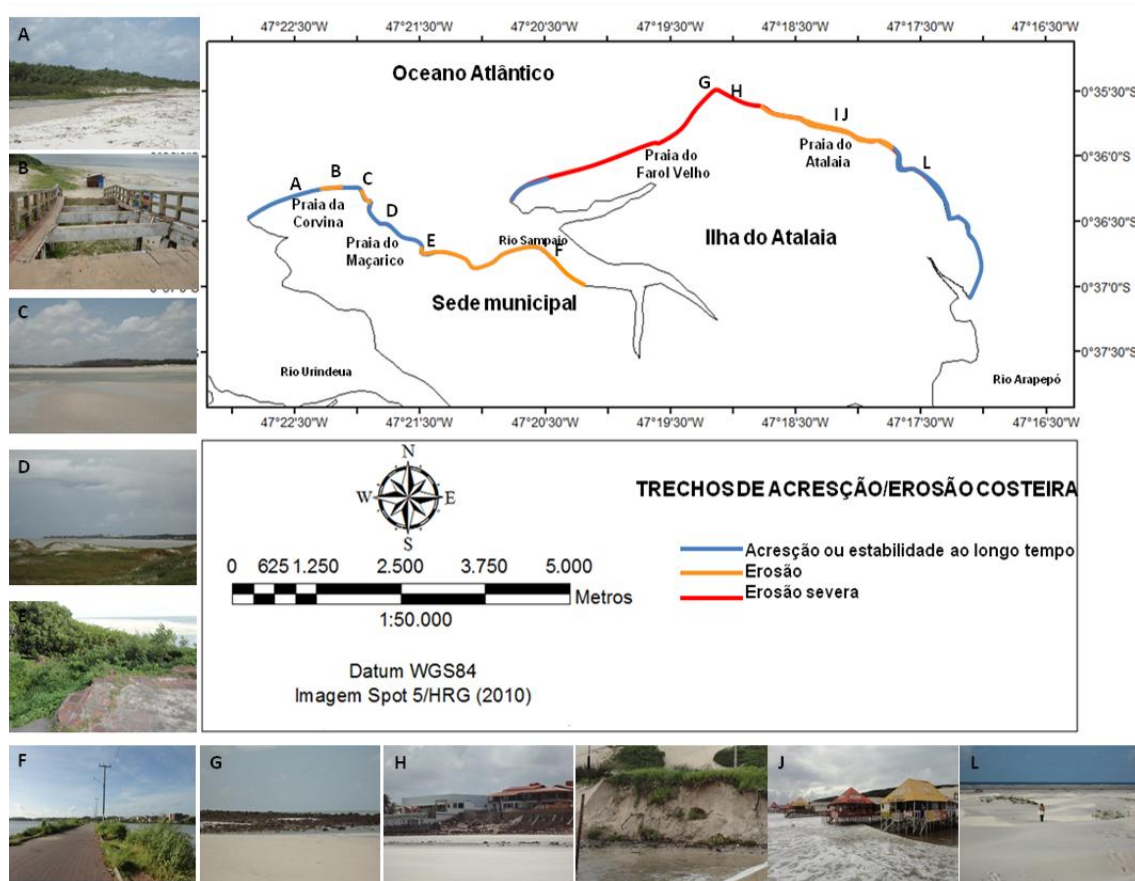
Questões como dutos emissários de efluentes e resíduos sólidos também são preocupantes na ilha do Atalaia, contaminando as praias e o lençol freático. Associado a isto, a excessiva água retirada dos poços construídos em residências, barracas de praia, hotéis e pontos comerciais está comprometendo o aquífero superior pelo processo de cunha salina, causando a salinização das águas.

Na sede municipal, os problemas ambientais direcionam-se novamente à erosão costeira localizada na foz do rio Sampaio, à sua margem esquerda (Figura 69), contudo relacionado à hidrodinâmica estuariana, com impactos associados ao colapso de muros de proteção, assoreamento e solapamento basal (Figura 69e). Obras que interferem no fluxo dos canais estuarinos propiciando a instalação de processos erosivos e redução de ambientes naturais também são verificados neste setor, como no Lago do Pedalinho com a construção de uma via de passagem sobre o rio (Figura 69f), com dutos emissores abaixo que fazem a conexão deste com o lago.

Outros locais pontuais de erosão ocorrem no local onde está a plataforma de acesso da Orla do Maçarico à praia da Corvina (Figura 69b), com colapso periódico da estrutura, principalmente durante a estação chuvosa associada às grandes subidas de maré. Na divisa da praia da Corvina com a do Maçarico também há pequenos indícios de erosão com vegetação de mangue tombada (Figura 69c). Áreas de acresção ou estabilidade estão localizadas por quase a totalidade destas largas praias e nos extremos da ilha do Atalaia.

Nas primeiras há campo de dunas frontais, algumas vegetadas por restinga, principalmente na praia do Maçarico (Figura 69d), e manguezal na praia da Corvina (Figura

69a). Estes também estão presentes no extremo oeste da ilha do Atalaia. Já no extremo leste, extensos campo de dunas frontais são formadas (Figura 69I), além de praia larga e dunas robustas estáveis e semi-vegetadas na zona de pós-praia (Figura 64h).



**Figura 69** – Trechos com erosão e acresção sedimentar na linha de costa das praias oceânicas de Salinópolis. Fotografias retiradas em 26/04/2013 (A, B, C, D, I, J), 06/10/2013 (L) e 12/07/2004 (E, F, G, H).

**Figure 69** – Locations with erosion and accretion sediment in the coastline of the Salinópolis ocean beaches. Photos taken on 04/26/2013 (A, B, C, D, I, J), 10/06/2013 (L) e 07/12/2004 (E, F, G, H).

#### 4.3. Relação entre a Periculosidade ao Banho e o Perfil do Banhista

A partir da tabela de Short & Hogan (1993) (Tabela 12), pôde-se identificar o grau de periculosidade das praias ao longo do trecho Corvina-Atalaia (Tabela 13).

Como as características morfodinâmicas das praias oceânicas de Salinópolis são pouco variáveis, e as alturas de ondas incidentes nas praias de baixa a moderada, o grau de periculosidade foi quase invariável, com escala de 4 a 7. Isso indica que no trecho de costa estudado, a escala de segurança é moderada a baixa, ou seja, com médio a alto grau de periculosidade. Além disso, a presença de bancos e calhas longitudinais em praias cujo regime de maré é semidiurno, fornecem risco aos banhistas quando a mesma está enchendo, podendo deixá-lo isolado da linha de costa e das saídas das praias.

Por isso, apesar da escala de segurança (4) ter sido mais baixa na praia do Maçarico (Tabela 13), deve-se considerar que a mesma situa-se numa desembocadura estuarina com presença de banco e calha longitudinais, sendo uma praia com bastante calma na baixa-

mar, mas com energia hidrodinâmica mais elevada em níveis mais altos de maré, contudo por conta das correntes intensas de maré e não da arrebentação de ondas.

Sendo assim, os riscos ao banho são grandes em todas as praias de Salinópolis, devido aos perigos associados à hidrodinâmica local: as correntes longitudinais (incluindo as de maré) e a alta turbulência gerada pela arrebentação de ondas em alguns locais. Por isso, para adultos que levam crianças à praia é indicado que freqüentem apenas os locais mais rasos, longe da arrebentação de ondas, onde estas e as correntes são mais fracas. A permanência nestes locais (30%) e a constante presença de adultos (31%) são os principais cuidados tomados com as crianças pelos banhistas entrevistados.

**Tabela 13** – Grau de segurança que as praias oceânicas de Salinópolis oferecem aos banhistas.

*Table 13* – Degree of security that the Salinópolis ocean beaches offer to bathers.

Praia	Estado morfodinâmico	Perigos associados	Hb médio (m)	Escala de segurança
Corvina	Dissipativo / Banco e calha longitudinais	Arrebentações de ondas	0,7	Moderada (5)
	Banco e calha longitudinais			
Maçarico	Banco e calha longitudinais	Arrebentações de ondas	0,5	Moderada (4)
Farol Velho	Dissipativo	Arrebentações de ondas	0,9	Moderada (6)
Atalaia	Dissipativo	Correntes de retornos, longitudinais e arrebentações muito altas	1,2	Baixa (7)

Os principais freqüentadores das praias de Salinópolis são do Pará (mais de 85%), especialmente de Belém, mas muitos de outros interiores do Estado e de estados vizinhos, como Amazonas e Amapá, onde não há praias oceânicas. São na maioria jovens de 26 a 40 anos (cerca de 55%), de classe média e do sexo masculino, que vão às praias à passeio (47%) e para banho de mar (26%) (Figura 70a). Freqüentam as praias de Salinópolis principalmente durante feriados e no verão (48%) ou raramente (39%), e as outras praias do estado que costumam freqüentar são principalmente estuarinas e de rios. A maioria sabe nadar (77%), gostam de tomar banho na arrebentação de ondas (63%), mas poucos se envolveram em afogamentos (14%).

A partir desta primeira análise entende-se que os cuidados com o mar devem ser redobrados, pois a maioria não apresenta contato freqüente com o ambiente praias oceânico e costumam tomar banho em áreas de risco.

A praia mais freqüentada em Salinópolis é a do Atalaia, devido o conforto e infraestrutura da praia (44%). Para seus banhistas, a praia apresenta médio grau de perigo (66%), sendo eles principalmente o trânsito de veículos (31%) (Figura 70b). 90% dos entrevistados já souberam de acidentes ocorridos nesta praia, sejam por afogamentos ou atropelamentos.

Foi perguntado também no questionário sobre o novo corredor de tráfego de veículos confinante à linha de costa, adotado nas férias de julho de 2014, e a maioria dos entrevistados achou bom (42%).

A segunda praia mais freqüentada de Salinópolis é a do Farol Velho, com médio grau de perigo (32%), sendo eles bem variados (Figura 70c), igualando-se ao trânsito de veículos (22%), as marés altas (22%). Isto é justificado ao considerar que a praia do Farol Velho é uma praia estreita onde a maré sobe rapidamente e as depressões no seu leito representadas por poças d'água originadas junto aos afloramentos rochosos, criam condições sinuosas.





**Figura 70** – Gráficos com as opiniões relatadas pelos banhistas das praias de Salinópolis, identificando os principais motivos de frequentar praias (A), e o grau dos perigos potenciais opinados para as praias do Atalaia (B) e Farol Velho (C).

**Figure 70** – Graphics with the opinions reported by bathers of the Salinópolis beaches, identifying the main reasons for frequenting beaches (A), and the degree of potential dangers said to the Atalaia beaches (B) and Farol Velho beaches (C).

Para surfistas e praticantes de outros esportes aquáticos, as praias apresentam alturas de ondas medianas, mas as mesmas são do tipo deslizante, menos desejáveis por esse grupo de pessoas. No entanto, para praticantes de *Kite Surf* e *Wind Surf*, os ventos fortes, especialmente na praia do Atalaia, e as correntes mais intensas, são favoráveis. Na praia do Farol Velho, a presença dos afloramentos rochosos oferece maior risco.

Para frequentadores de outros estados que não conhecem o estado do mar em praias de macromarés, deve-se ter atenção redobrada, pois as correntes longitudinais geradas por ondas são acrescidas por fortes correntes de maré e podem levar banhistas a longas distâncias.

Além disso, um número de fatores antropogênicos, incluindo multidões de férias, veículos nas praias e estruturas de praia construídas podem adicionar riscos e vulnerabilidade às praias (Pereira *et al.*, 2014).

## 5. CONCLUSÕES

A região da sede municipal de Salinópolis foi caracterizada com o trecho de orla com urbanização consolidada, pois se trata da região com ocupação mais antiga e de alto adensamento populacional. Este fato propicia a atual expansão urbana de beira-mar rumo à ilha do Atalaia.

O maior trecho de orla com urbanização consolidada sem recuo urbano caracterizado (distância menor que 50 m da linha de costa) foi identificado na foz do rio Sampaio, área mais abrigada ao oceano aberto, cuja hidrodinâmica é mais baixa e restringe-se aos processos físicos e geológicos que ocorrem no rio, sendo o maior agravante o assoreamento do rio pela força das correntes de maré. A ocupação mais abrigada reflete a um melhor ordenamento territorial nas décadas passadas na costa de Salinópolis, cuja consciência humana era maior.

O trecho da costa oceânica com maiores impactos ambientais atualmente localiza-se na praia do Farol Velho e no início da praia do Atalaia, a partir da divisa com a praia anterior. Trata-se do trecho classificado como em processo de urbanização, principalmente horizontalizada, e sem recuo característico. Apresenta ocupação diretamente sobre a linha de costa, principalmente por grandes casas de veraneio, com médio adensamento de construções e com a particularidade de que quase todas as residências que ali estão, provém de população que não residente no município. Não havendo nenhum ambiente sedimentar costeiro, limitando a linha de costa, que favoreça a reposição de areias à zona de espraiamento, as praias do Farol Velho e parte do Atalaia estão apresentando erosão severa, ficando mais estreitas e com uma paisagem degradada. Em outra faixa da praia do Atalaia, as dunas ainda presentes na linha de costa funcionam como repositoras de sedimentos.

Áreas de acreção ou estabilidade estão localizadas por quase a totalidade das largas praias da Corvina e Maçarico, e nos extremos da ilha do Atalaia.

As construções prediais, na ilha do Atalaia, estão quase todas localizadas além do limite sugerido para recuo máximo de urbanização na linha de costa (mais de 200 m da mesma), contudo sobre áreas antes de dunas, que foram devastadas para especulação imobiliária. Esta alteração no ambiente causa, dentre outras coisas, alteração do regime de fluxo das águas subterrâneas que já sofrem com o processo de cunha salina e contaminação do lençol freático por efluentes e resíduos sólidos. É possível identificar na linha de costa da praia do Farol Velho casas suspensas em morros dunares com base concretada e, até mesmo, algumas em condições mais fragilizadas sobre morros com solo ainda arenoso.

O grau de periculosidade ao banho nas praias oceânicas de Salinópolis foi médio a alto. Os riscos ao banho estão associados à hidrodinâmica local, sendo eles: as correntes longitudinais (incluindo as de maré), a alta turbulência gerada pela arrebentação de ondas em alguns locais, como a praia do Atalaia, e a presença de canais longitudinais em alguns locais também, como nas praias da Corvina e do Maçarico.

As praias mais freqüentadas de Salinópolis são primeiramente a do Atalaia e, secundariamente, a do Farol Velho. Os principais perigos potenciais identificados por banhistas entrevistados nestas praias são o trânsito de veículos e as marés altas. O primeiro principalmente na praia do Atalaia, onde o fluxo é bastante intenso e os carros disputam espaço com os banhistas. O segundo na praia do Farol Velho, devido a mesma ser uma praia estreita onde a maré sobe rapidamente.

## 6. AGRADECIMENTOS

Aos membros do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC) da Universidade Federal do Pará (UFPA) pela parceria na realização deste trabalho. Ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da UFPA e à Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) pelo financiamento da bolsa de estudos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braga, F.P.S. (2007). *Morfologia e Sedimentologia da Praia de Macromaré de Ajuruteua, Pará: Um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo*. 116p., Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil.

Brito, F.M.O. (2004). *Salinópolis-PA: (Re)Organização Sócio-Espacial de um Lugar Atlântico-Amazônico*. 121p., Dissertação de Mestrado, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Busman, D.V. (2004). *Valoração de danos de erosão na praia do Farol Velho (Salinópolis), NE do Pará*. 50p., Trabalho de Conclusão de Curso, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil.

Bush, D.M.; Neal, W.J.; Young, R.S.; Pilkey, O.H. (1999). Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal –hazard risk and mitigation. *Ocean and Coastal Management*, 42:647-670. doi:10.1016/S0964-5691(99)00027-7

Cavalcante, F.C. (2001). *Migração e ocupação nos espaços periféricos da zona costeira do Estado do Pará: o caso do município de Salinópolis*. [http://www.abequa.org.br/trabalhos/0013\\_aderson\\_abequa2005.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/0013_aderson_abequa2005.pdf)

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2013). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Banco de dados meteorológico (Modelo WWATCH)*. In: <http://bancodedados.cptec.inpe.br> (acedido em Janeiro 2013).

Dean, R.G. (1973). *Heuristic model of sand transport in the surf zone*. In: Conference of engineering dynamics in the surf zone, Sydney, Proceedings, p.208-214.

Dias, J.A.; Polette, M.; Carmo, J.A. (2007). O Desafio da Gestão Costeira Integrada. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 7(1):3-4. Disponível em <http://www.aprh.pt/rgci/rgci4.html>

Farinaccio, F.; Tessler, M.G. (2010). Avaliação de Impactos Ambientais no Meio Físico decorrentes de Obras de Engenharia Costeira – Uma Proposta Metodológica. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 10(4):419-434. Disponível em <http://www.aprh.pt/rgci/rgci210.html>

Geyer W.R., Beardsley R.C., Lentz S.J., Candela J., Limeburner R., Johns W.E., Castro B.M., Soares I.D. (1996). Physical oceanography of the Amazon shelf. *Continental Shelf Research*, 16:575-616. doi:10.1016/0278-4343(95)00051-8

Gregório, A.M.S; Mendes, A.C.; Busman, D.V. (2005). *Morfodinâmica da Praia do Atalaia-Salinópolis/Pará*. [http://www.abequa.org.br/trabalhos/0013\\_aderson\\_abequa2005.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/0013_aderson_abequa2005.pdf)

Gruber N.L.S, Barboza E.G. & Nicolodi J.L. (2003). Geografia dos Sistemas Costeiros e Oceanográficos: Subsídios para Gestão Integrada da Zona Costeira. *Gravel* (ISSN 1678-5975), 1:81-89, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em [http://www.ufrgs.br/gravel/1/Gravel\\_1\\_07.pdf](http://www.ufrgs.br/gravel/1/Gravel_1_07.pdf)

Marinho, R.S. (2009). *Faces da expansão urbana em Salinópolis, zona costeira do Estado do Pará*. 136p., Dissertação de Mestrado, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil.

MMA – Ministério do Meio Ambiente (2006). *Projeto Orla: fundamentos para a gestão integrada*. 74p., Ministério do Meio Ambiente / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8577380297. Disponível em [http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/\\_arquivos/11\\_04122008111238.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/11_04122008111238.pdf).

Oliveira, U.R. (2009). *Relações entre a Morfodinâmica e a Utilização em Trechos da Costa Oceânica da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil*. 140p., Tese de Doutorado, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Pereira, L.C.C.; Vila-Concejo, A.; Costa, R.M.; Short, A.D. (2014). Managing physical and anthropogenic hazards on macrotidal Amazon beaches. *Ocean and Coastal Management*, 96:149-162. doi:10.1016/j.ocecoaman.2014.05.008

Rocha, T.B. (2009). *Morfodinâmica costeira e gestão de orla marítima em costa sob influência fluvial: borda meridional do atual delta do Rio Paraíba do Sul (RJ)*. 155p.,

Dissertação de Mestrado, Centro de Estudos Gerais, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.

Scherer, M. (2013). Gestão de Praias no Brasil: Subsídios para uma Reflexão. *Revista da Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management* (ISSN 1646-8872), 13(1):3-13. Disponível em <http://www.aprh.pt/rgci/rgci358.html>

Short, A.D.; Hogan, C.L. (1993). Rip Currents and Beach Hazards: Their Impact on Public Safety and Implications for Coastal Management. *Journal of Coastal Research* (ISSN 1551-5036), Special Issue 12:197-209. Disponível em <http://www.jstor.org/discover/10.2307/25735599?uid=2&uid=4&sid=21105196409793>

Sobrinho, G.H.B. (2006). Decreto presidencial que regulamenta o uso e a ocupação da zona costeira e estabelece os critérios para gestão da orla marítima. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management* (ISSN 1646-8872), 5:9-12. Disponível em [http://www.gci.inf.br/edicoes\\_especiais/%20politicas\\_publicas/artigo01\\_10.pdf](http://www.gci.inf.br/edicoes_especiais/%20politicas_publicas/artigo01_10.pdf)

Souza, C.R.G. (1997). *As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo*. v.1: 184p, v.2: 174p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Souza, C.R.G.; Suguio, K. (1998). Método Morfo-sedimentológico para a identificação de células de deriva litorânea. *Geosul* (ISSN 2177-5230), Edição Especial, 14(27):243-247, Florianópolis, SC, Brasil. Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/issue/archive>

SPU – Secretaria do Patrimônio da União (2012). *Secretaria do Patrimônio da União – SPU. Competências*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasil. In: [http://www.planejamento.gov.br/link\\_secretaria.asp?cod=8266&cat=69&sec=9&sub=](http://www.planejamento.gov.br/link_secretaria.asp?cod=8266&cat=69&sec=9&sub=) (acedido em Outubro 2013).

Wright, L.D.; Short, A.D. (1984). Morphodynamics variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, 56:93-118. doi:10.1016/0025-3227(84)90008-2

## Legislação

Decreto nº 5.300, de 7 de dezembro de 2004. [Regulamenta a Lei nº7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira, estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências]. In: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/D5300.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/D5300.htm) (acedido em Junho 2011).

Lei nº 9.636, de 15 de maio de 1998. [Dispõe sobre a regularização, administração, aforamento e alienação de bens imóveis de domínio da União]. In: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9636.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9636.htm) (acedido em Junho 2011).

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos países vêm adotando medidas e projetos de conservação e recuperação das zonas costeiras. No Brasil, tem-se como exemplo o Projeto Orla. Salinópolis é uma das localidades contempladas neste projeto. O município é um dos mais populosos e freqüentados por turistas no NE do Pará. Do ponto de vista urbanístico e geológico, o maior problema atual são as ocupações irregulares em áreas de risco sujeitas a erosão costeira.

Esta tese objetivou analisar o comportamento da morfodinâmica costeira de Salinópolis, relacionando-o ao trânsito costeiro de sedimentos e ao uso da costa.

O trecho estudado compreendeu as praias oceânicas da Corvina e do Maçarico (setor oeste), do Farol Velho (setor central) e do Atalaia (setor leste). Neste trecho verificaram-se poucas alterações na morfologia e sedimentologia ao longo das faixas praias, pois foram identificadas apenas variações pontuais na granulometria (ocorrências de areia grossa e média) em locais próximos à afloramentos rochosos nas praias do Maçarico e do Farol Velho, sendo que a predominância granulométrica ao longo das faixas de praia foi de areias finas muito bem selecionadas, principalmente nos extremos da área de estudo, pois se observou o aumento da média granulométrica e da assimetria, e a diminuição do grau de seleção em direção a estes extremos.

Além disso, foram identificados apenas dois estados morfodinâmicos de praia: dissipativo, principalmente na estação chuvosa, e de banco e calha longitudinal, principalmente na estação menos chuvosa e no setor oeste.

A questão da maior e menor exposição às ondas nas praias oceânicas de Salinópolis foi determinante para o entendimento das diferenças morfométricas (variação na linha de costa e no volume sedimentar) ocorridas nos três setores da costa durante um ano. Praias mais expostas, como as do Farol Velho e do Atalaia, apresentam maiores variações na linha de costa entre a estação chuvosa e a menos chuvosa, instabilidade morfológica e menor ganho de sedimentos entre estas duas estações do ano. Já as menos expostas, como a praia do Maçarico, apresentam menores variações sazonais na linha de costa e maior acreção sedimentar.

A propagação de ondas *offshore* para o litoral está restritamente relacionada às condições climáticas sazonais, à condição diária dos ventos e a influência variável das marés. Quanto a esta última, nota-se que durante as marés altas a energia de ondas é maior (podendo alcançar valores superiores a 1 m).

Durante todo o período de levantamento de dados deste trabalho (longo período – 25 anos e curto período – 1 ano), ocorreram eventos predominantes de acreção sedimentar.

Entre a estação chuvosa e menos chuvosa (1 ano) houve, em geral, um balanço positivo no volume sedimentar das praias, como era esperado pela sazonalidade das condições climáticas, onde na estação menos chuvosa a intensidade dos ventos e o regime de ondas aumentam, influenciando no transporte de sedimentos para a face praial.

A transição entre as estações é acompanhada não somente pelo aumento na intensidade dos ventos e decréscimo das precipitações, mas também pela diminuição na intensidade dos eventos que esta última variável climática pode influenciar, como tempestades, descarga fluvial e correntes de maré.

Ao longo prazo (25 anos), também foram verificados eventos de acresção sedimentar. As maiores taxas de variação da linha de costa no trecho Corvina-Atalaia ocorreram entre os anos de 1988 a 2001, com tendência prográdacional da linha de costa, principalmente no setor oeste e muito por consequência da construção da “orla do Maçarico” a beira-mar no ano 2000.

De 2001 a 2013, a urbanização do município já estava bem mais consolidada e os efeitos da variação da linha de costa não foram apenas por processos naturais, mas também antrópicos. Em alguns trechos dos setores central e leste, por exemplo, houve retrogradação costeira, mas por serem trechos de costa com residências e hotéis, e com estruturas de contenção de erosão colocadas à frente deles, obteve-se um recuo bem mais gradativo na linha de costa.

As condições erosivas entre os anos de 1988 a 2013 são observadas especialmente na área mais exposta ao oceano aberto (divisa das praias do Farol Velho e do Atalaia, conhecida como Ponta do Farol Velho), onde são observados os maiores impactos ambientais, atualmente, na costa de Salinópolis.

Trata-se da área classificada como em processo de urbanização, principalmente horizontalizada, e sem recuo em relação à linha de costa. Apresenta ocupação diretamente sobre esta, especialmente por grandes casas de veraneio.

Não havendo nenhum ambiente sedimentar, limitando a linha de costa, que favoreça a reposição de areias à zona de intermaré, as praias do Farol Velho e parte do Atalaia estão apresentando erosão severa, ficando mais estreitas e com a topografia e sedimentologia comprometida pela exposição de afloramentos rochosos de idade terciária na zona de intermaré. Em outra faixa da praia do Atalaia, ainda que ocorra erosão costeira, as dunas presentes na linha de costa, funcionam como repositoras de sedimentos.

Na hipótese 1 desta tese foi sugerido que a distribuição granulométrica na faixa de praias é resultante não somente da interação dos processos físicos com as diferentes unidades fisiográficas (falésias, dunas, manguezais) presentes na linha de costa, mas também

relacionada com a ausência delas pela interferência humana, criando condições erosivas e a alteração do curso natural dos processos morfodinâmicos.

Esta hipótese é verdadeira, pois em áreas de praia limitadas por ambientes sedimentares, cujos sedimentos são de pequeno diâmetro médio, como as dunas (areia fina e muito fina) e os manguezais (silte e argila), houve o predomínio de sedimentos mais finos na face praial e pouca variabilidade na distribuição granulométrica, a exemplo do que ocorreu nas praias da Corvina e do Atalaia.

Contudo, nas áreas de praia mais alteradas pela ocupação humana, como na praia do Farol Velho, mesmo que havendo o predomínio de areia fina, verificaram-se variações pontuais na granulometria para areia média e grossa, por conta dos afloramentos rochosos da Formação Pirabas que estão ficando cada vez mais expostos na praia, pois não há compensação (fonte de sedimentos próximos) para suprir a retirada de areia pela deriva praial, apenas os sedimentos vindos da plataforma continental que são em grande parte transportados para o setor oeste.

Através das experimentações com *traps* de espraiamento e da obtenção dos vetores de correntes por medições de hidrodinâmica na Ponta do Farol Velho, pôde-se observar o baixo balanço positivo entre a entrada e saída de sedimentos à praia durante o transporte transversal. Este balanço deduzido também pela análise da componente vetorial de correntes  $v$  (transversal a linha de costa), apontou que os vetores positivos (para direção N, transporte continente-oceano) foram tão freqüentes quanto os negativos (para direção S, transporte oceano-continente).

A partir da análise da componente vetorial de corrente  $u$  (longitudinal a linha de costa), na ponta do Farol Velho (setor central) e na foz do rio Sampaio (setor oeste), pôde-se investigar se há trocas sedimentares importantes entre estes dois setores e qual a influência do rio que os separa no comportamento do transporte de sedimentos.

Observou-se que na ponta do Farol Velho as correntes longitudinais com velocidades mais elevadas direcionam-se preferencialmente para SW (setor oeste).

Na foz do rio Sampaio, as resultantes vetoriais obtidas para as componentes longitudinais e transversais à linha de costa mostraram um padrão de transporte. Para a componente longitudinal ( $u$ ) foram registradas correntes bem mais intensas direcionadas à foz do rio (direção NW), indicando que o mesmo atua como um exportador de sedimentos às praias adjacentes (Maçarico e Corvina, setor oeste). Para a componente transversal ( $v$ ) novamente verifica-se a tendência à exportação de sedimentos, devido à maior freqüência de correntes mais fortes direcionando-se à SW.

Desta forma, demonstrou-se o favorável transporte de sedimentos em direção à faixa de praias do setor oeste, pois no setor central as correntes longitudinais dirigem-se mais para oeste e as intensas correntes de vazante do rio Sampaio também dirigem-se para oeste. As correntes transversais neste rio indicam igualmente a entrada de sedimentos na praia do Maçarico (setor oeste). Sugere-se que a maior fonte de sedimentos neste setor provém do rio Sampaio, especialmente durante a maré vazante e na estação menos chuvosa, quando o alcance do aporte fluvial ao oceano é menor e propicia a deposição de sedimentos logo na faixa de praias do setor oeste, corroborando inclusive com o grande volume sedimentar obtido nas praias deste setor entre a estação chuvosa e menos chuvosa.

Os sedimentos vindos do setor central (ilha do Atalaia), oriundos principalmente da plataforma continental, são também importantes para a acresção sedimentar que o setor oeste vêm apresentando, mas a maior deposição dos sedimentos transportados pelo setor central parece estar localizada na margem oeste da ilha.

Em relação à margem leste, esta é também provida de sedimentos vindos principalmente da plataforma continental e transportados ao longo da outra metade da ilha (setor leste), durante a maré enchente, para esta direção preferencial, sendo o transporte mais efetivo na estação chuvosa, quando a carga sedimentar é mais elevada devido à maior intensidade das correntes de maré. A adjacência com o rio Arapepó na margem leste da ilha do Atalaia também propicia aporte de sedimentos.

Na estação chuvosa, durante a enchente, as correntes longitudinais foram mais intensas nos setores central e leste, demonstrando a grande influência da corrente de maré enchente na costa de Salinópolis. A energia de ondas geradas por ventos tem maior efeito sobre a corrente longitudinal apenas durante a maré vazante e na estação menos chuvosa.

As correntes longitudinais são provenientes, principalmente, do efeito das marés, com direção governada pela enchente e vazante dos rios que atravessam a costa de Salinópolis. No momento da enchente as correntes fluem principalmente para direção E devido ao fluxo de água está direcionado à enchente dos rios que margeiam a costa. Nota-se ainda o predomínio das correntes de marés enchentes dirigindo-se aos rios, ao analisar o ângulo de incidência das ondas durante a maré enchente, nos setores oeste e leste, que se orientam em direção oposta (NW) das correntes.

As observações ressaltadas acima confirmam a hipótese 2 desta tese, onde sugeriu-se que a costa de Salinópolis, caracterizada pelo domínio de macromarés, apresenta um padrão de circulação costeira característico do NE do Pará, onde a corrente de maré é a principal



forçante do transporte de sedimentos. No caso de Salinópolis, sendo predominante a corrente de enchente.

Analisando todo o trecho de costa estudado, com os locais de erosão e acreção costeira e os resultados com os métodos empregados neste trabalho, percebeu-se que o trânsito de sedimentos está direcionado principalmente aos limites da área de estudo (aos extremos da faixa de praias do setor oeste e da ilha do Atalaia – setor central e leste) que ainda recebem sedimentos dos rios que os margeiam.

O setor oeste apresentou maiores características de deposição sedimentar e, os setores central e leste, maiores características de zona de transporte. Isto justifica-se, por exemplo, nas experimentações com os *traps* portáteis, onde no setor oeste obtiveram-se menor fluxo de sedimentos transportados e maior percentual de silte e argila, indicando um enfraquecimento de célula de circulação costeira. No setor central, este percentual foi também bastante significativo, porém houve maior quantidade de sedimentos fluindo nos *traps*, indicando uma competência de transporte regular. Sugere-se que este seja mais elevado no setor leste, pois houve grande quantidade de sedimentos menos finos suspensos sendo transportados.

A partir da verificação das condições oceanográficas através de métodos instrumentais e observacionais sugeriu-se a definição de quatro tipos de praias para a costa oceânica de Salinópolis: (a) *Tipo 1*, correspondente à praia do Maçarico, caracteriza-se por ser adjacente à rio, com estado morfodinâmico de banco e calha longitudinais ( $\Omega$ : 4,7 a 5,5), altura de ondas abaixo de 0,50 m e correntes moderadas (em média maiores que 0,3 m/s), devido a elevada influência estuarina; (b) *Tipo 2*, correspondente à praia da Corvina, caracteriza-se pela alta influência estuarina e oceânica, com estado morfodinâmico variando de banco e calha longitudinal à dissipativo ( $\Omega$ : 5,3 a 5,7), dependendo da época do ano, alturas de ondas abaixo de 0,70 m e correntes fracas (em média menores que 0,3 m/s); (c) *Tipo 3*, correspondente à praia do Farol Velho, caracteriza-se pela moderada influência estuarina e alta influência oceânica, com estado morfodinâmico dissipativo ( $\Omega > 5,5$ ), alturas de ondas abaixo de 0,90 m e correntes moderadas (em média maiores que 0,3 m/s); e o (d) *Tipo 4*, correspondente à praia do Atalaia, caracteriza-se pela moderada influência estuarina e alta influência oceânica, com estado morfodinâmico dissipativo ( $\Omega > 5,5$ ), alturas de ondas abaixo de 1,20 m e correntes fortes (em média maiores que 0,4 m/s).

Analisando os processos de urbanização e adotando os critérios de classificação da orla oceânica (trecho Corvina-Atalaia), segundo o decreto nº5.300/2004 da legislação nacional, concluiu-se que o maior segmento de orla com urbanização consolidada sem recuo significativo com a linha de costa (distância menor que 50 m da mesma) foi identificado na

foz do rio Sampaio (setor oeste), área mais abrigada ao oceano aberto, cuja hidrodinâmica é mais baixa e restringe-se apenas aos processos físicos e geológicos que ocorrem no rio. A ocupação mais abrigada reflete a um melhor ordenamento territorial nas décadas passadas na costa de Salinópolis.

No setor oeste está situada a sede municipal, região com ocupação mais antiga e de alto adensamento populacional. Este fato propicia a atual expansão urbana de beira-mar rumo à ilha do Atalaia (setores central e leste).

Desta forma, conclui-se verdadeira a hipótese 3 desta tese, onde é ressaltado que em função da urbanização consolidada em áreas mais abrigadas, como nas proximidades dos rios Sampaio e Urindeua, as áreas mais expostas da costa (praias, dunas costeiras, manguezais) vêm sendo cada vez mais ocupadas, contudo de forma desordenada.

São áreas com maior vista para o mar, portanto mais apreciadas para uso e ocupação humana, seja por sua beleza, lazer, moradia, comércio e turismo. Este último é o principal representante dos sérios problemas de ordenamento do território na costa de Salinópolis, em especial, na ilha do Atalaia, classificada num grande segmento de costa como em processo de urbanização, com e sem recuo característico com a linha de costa (maior que 50 m e menor que 50 m, respectivamente).

Trata-se do local onde estão as praias mais freqüentadas pelos banhistas em Salinópolis (praias do Atalaia e do Farol Velho), sendo este mais um fator da atual expansão urbana na ilha do Atalaia. Os principais perigos potenciais identificados pelos banhistas entrevistados nestas praias são o trânsito de veículos e as marés altas. O primeiro opinado principalmente na praia do Atalaia e, o segundo, para a praia do Farol Velho, devido a mesma ser uma praia estreita onde a maré sobe rapidamente.

Complementando as informações relatadas pelos banhistas a respeito das praias oceânicas de Salinópolis, identificou-se também neste trabalho o grau de periculosidade ao banho nestas praias, sendo ele de médio a alto. Os riscos ao banho estão associados à hidrodinâmica local, sendo eles: as correntes longitudinais (incluindo as de maré), a alta turbulência gerada pela arrebentação de ondas em alguns locais, como na praia do Atalaia, e a presença de canais longitudinais em alguns locais também, como nas praias da Corvina e do Maçarico.

## 10. REFERÊNCIAS

- Albuquerque M.G., Calliari L.J., Corrêa I.C.S., Pinheiro L.S. 2009. Morphodynamic of Futuro Beach, Fortaleza-CE: a synthesis of two years of study *Quaternary and Environmental Geosciences*, **1(2)**:49-57.
- Albuquerque M.F, Souza E.B., Oliveira M.C.F., Souza Junior J.A. 2010. Precipitação nas Mesorregiões do Estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978–2008). *Revista Brasileira de Climatologia*, 6: 151-168.
- Almeida E. R. S. 2006. *Estado Morfodinâmico da Praia Central de Marataízes, ES*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Espírito Santo. 54 p.
- Alvarez-Ellacuria A., Orfila A., Olabarrieta M., Medina R., Vizoso G., Tintoré J. 2010. A Nearshore Wave and Current Operational Forecasting System. *Journal of Coastal Research*, **26(3)**:503-509.
- Alves M.A.M.S. 2001. *Morfodinâmica e Sedimentologia da Praia de Ajuruteua – NE do Pará*. Dissertação de Mestrado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 104p.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). 2014. Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Estações da ANA. Disponível em: <<http://portalsnirh.ana.gov.br/Esta%C3%A7%C3%B5esdaANA/tabid/359/Default.aspx>>. Acesso em: 15 jan 2014.
- Barbosa G.V. & Pinto M.N. 1973. Geomorfologia da Folha AS 23 (São Luiz) e parte da Folha AS 24 (Fortaleza): Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra. In: Projeto RADAM (Ed.). *Levantamento de Recursos Naturais - Projeto RADAM (Brazil)*. Rio de Janeiro, GB (Brazil), v. 3, p. 52-88.
- Barbosa V.M.; Gregório A.M.S.; Busman D.V.; Costa R.A.A.M.; Souza Filho P.W.M.; Pereira L.C.C. 2007. Estudo morfodinâmico durante uma maré equinocial de sizígia em uma praia de Macromaré do litoral amazônico (Praia de Ajuruteua-PA, Brasil). *Boletim Paranaense de Geociências*, 60-61: 31-43.
- Bascom W.N. 1951. The relationship between sand-size and beach face slope. *Trans. Am. Geophys. Union*, **32**:866-874.
- Birkemeier W. 1985. Field data on seaward limit of profile change. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, **111(3)**:598-602.
- Boak E.H. & Turner I.L. 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, **21(4)**: 688-703.
- Braga F.P.S. 2007. *Morfologia e Sedimentologia da Praia de Macromaré de Ajuruteua, Pará: Um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo*. Dissertação de Mestrado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 116 p.

- Brasil. 1946. Decreto nº 9.760, de 05 de setembro de 1946. Dispõe sobre os bens da União e dá outras providências. Disponível em: <[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)>. Acesso em: 15 jun 2011.
- \_\_\_\_\_. 1997. Resolução Nº 005 de 03 de dezembro de 1997. Aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II (PNGC II).
- \_\_\_\_\_. 1988. Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L7661.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7661.htm)>. Acesso em: 15 jun 2011.
- \_\_\_\_\_. 2004. Decreto nº 5.300, de 7 de dezembro de 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/D5300.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/D5300.htm)>. Acesso em: 15 jun 2011.
- Brito F.M.O. 2004. *Salinópolis-PA: (Re)Organização Sócio-Espacial de um Lugar Atlântico-Amazonico*. Dissertação de Mestrado, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, 121 p.
- Burda C.L., Poletti M., Schiavetti A. 2007. Análise da Cadeia Causal para a Criação de Unidade de Conservação: Reserva Extrativista Marinha de Itacaré (BA) – Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada* **7(1)**:57-67.
- Bush D.M., Neal W.J., Young R.S., Pilkey O.H. 1999. Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal –hazard risk and mitigation. *Ocean and Coastal Management*, **42**:647-670.
- Busman D.V. 2004. *Valoração de danos de erosão na praia do Farol Velho (Salinópolis), NE do Pará*. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 50 p.
- Calliari L.J., Muehe D., Hoefel F.G., Toldo Jr J. 2003. Morfodinâmica praial: uma breve revisão (Beach morphodynamics: a brief review). *Rev. bras. oceanogr.*, **51**:63-78.
- Carmo D.A. 2006. *Aplicação do modelo de tendências granulométricas (GSTA) para determinação do padrão de transporte de sedimento na Baía do Espírito Santo, Vitória – ES*. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo. 63 p.
- Carvalho L.P.F. 2007. *Estudo morfoestratigráfico e sedimentológico dos depósitos holocênicos da planície costeira de Maracanã – NE do Pará*. Dissertação de Mestrado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. 129 p.
- Cavalcante F.C. 2001. *Migração e ocupação nos espaços periféricos da zona costeira do Estado do Pará: o caso do município de Salinópolis*. Disponível em: <[http://www.abequa.org.br/trabalhos/0013\\_aderson\\_abequa2005.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/0013_aderson_abequa2005.pdf)>. Acesso em: 02 jan 2013.
- Chavez JR, P. 1996. Image-based atmospheric corrections - revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **62**: 1025-1036.

- Cohen J.C.P. 1996. *Mecanismo de propagação e estrutura das linhas de instabilidade da Amazônia*. Tese de Doutorado, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, 173 p.
- Conti, L.A. & Rodrigues, M. 2011. Variação da Linha de Costa na Região da Ilha dos Guarás – PA Através de Análise de Série Temporal de Imagens de Satélites. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5: 922-937.
- Corrêa L.V. 2011. *Análise dos efeitos térmicos de superfície na cidade de Belém-Pará-Brasil utilizando imagens de satélite*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. 143 p.
- Cornish V. 1898. On sea beaches and sand banks. *Geological Journal*, 11:628-651.
- Costa R.S. 2013. *Ocorrência e distribuição de minerais pesados na praia do Atalaia, município de Salinópolis-Pa*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. 117 p.
- Costa M.S. 2014. *Aporte hídrico e do material particulado em suspensão para a Baía do Marajó: contribuições dos Rios Jacaré Grande, Pará e Tocantins*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 83 p.
- Costa J.B.S., Borges M. S., Igreja H. L. S., Piheiro R. V. L. 1991. Aspectos da Tectônica Cenozóica da Região do Salgado, Litoral nordeste do Estado do Para. In: SBG, Núcleo Norte, Simp. Geol. Amaz., 3, *Anais*, p. 156.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). 2014. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de dados meteorológico (Estação Synop). Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/downloadBDM/login.do?jsessionid=C6D7F66A4DC3B139F487EA7042392AE0.base1>>. Acesso em: 14 jan 2014.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). 2013. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de dados meteorológico (Modelo WWATCH). Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 14 jan 2013.
- Christy J. & Spencer, R. 2004. *MSU Globally averaged atmospheric temperature, global warming debate continue*. Disponível em <<http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/MSU/msusci.html>>. Acesso em: 05 fev 2012.
- Davis R.A. (Ed.) 1985. *Coastal Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, N.Y., 716 pp.
- De Souza E.B. et al. 2007. Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará - RPCH. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*, 31: 6-13.
- Dean R.G. 1973. Heuristic model of sand transport in the surf zone. In: Conference of engineering dynamics in the surf zone, Sydney, *Proceedings*, p. 208-214.
- Dee N., Baker J., Drobny N., Duke K., Whitman T. & Fahringer P. 1973. *Planning methodology for water quality management: Environmental evaluation system*. Battelle-Columbus Laboratories. Columbus, Ohio, U.S.A.

- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). 2013. Tábuas de Maré: Fundeadouro de Salinópolis (Estado do Pará). Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/20520Mar2013.htm>>. Acesso em: 16 jun 2013.
- Dias J.A., Polette M. & Carmo J.A. 2007. O Desafio da Gestão Costeira Integrada. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, **7(1)**:3-4.
- El-Robrini M., Alves M.A.M.S., Souza Filho P.W.M., El-Robrini M.H.S., Silva Júnior O.G. & França C.F. 2006. Atlas de erosão e progradação da zona costeira do Estado do Pará – Região Amazônica: Áreas oceânica e estuarina. In: D. Muehe (ed.) *Atlas de Erosão e Progradação da Zona Costeira Brasileira*. São Paulo, p.: 1-34.
- Farinaccio F. & Tessler M.G. 2010. Avaliação de Impactos Ambientais no Meio Físico decorrentes de Obras de Engenharia Costeira - Uma Proposta Metodológica. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, **10(4)**:419-434.
- Folk R.L. & Ward W.C. 1957. Brazas river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary petrology*, **27**:3-26.
- Fonseca L.C. 2007. A Saga do Litoral Português (ou só mais um capítulo do infortúnio lusitano). *Revista de Gestão Costeira Integrada*, **7(1)**:5-16.
- Fontoura J.A.S. 2004. *Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não-coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da barra do Rio Grande, RS, Brasil*. Tese de Doutorado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 273 p.
- França C.F. 2003. *Análise morfológica da porção oriental dos municípios de Soure e Salvaterra, Ilha do Marajó-PA*. Tese de Doutorado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 144 p.
- França C.F., Souza Filho P.W.M. 2003. Análise das mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da Ilha de Marajó (PA) em imagem Landsat. *Revista Brasileira de Geociências*, **33 (2)**: 127-136.
- França, M.C.; Francisquini, M.I.; Cohen, M.C.L.; Pessenda, L.C.R.; Rossetti, D.F.; Guimarães J.T.F.; Smith, C.B. 2012. The last mangroves of Marajó Island – Eastern Amazon: Impact of climate and/or relative sea-level changes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **187**: 50-65.
- Franzinelli E. 1992. Evolution of the geomorphology of the coast of the State of Para, Brazil. In: M.T. Prost (ed) *Évolution des littoraux de Guyane et de la Zone Caraïbe Méridionale pendant le Quaternaire*. Orstom, Paris, p.: 203-230.
- Gao S. & Collins M. 1994. Analysis of grain size trends, for defining sediment transport pathways in marine environments. *Journal of Coastal Research*, **10**:70-78.
- Geyer W.R., Beardsley R.C., Lentz S.J., Candela J., Limeburner R., Johns W.E., Castro B.M., Soares I.D. 1996. Physical oceanography of the Amazon shelf. *Continental Shelf Research*, **16**:575-616.

- Gimaraes L.S. *Morfodinâmica e migração das dunas eólicas na reserva ecológica do taim, litoral sul do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 119 p.
- Goes A.M. & Truckenbrodt W. 1980. Caracterização faciológica e interpretação ambiental dos sedimentos Barreiras na Região Bragantina, Nordeste do Pará. *In: SBG, Cong. Bras. Geol.*, 31, *Anais*, p. 766.
- Gregório A.M.S, Mendes A.C., Busman D.V. 2005. Morfodinâmica da Praia do Atalaia – Salinópolis/Pará. Disponível em: <[http://www.abequa.org.br/trabalhos/0013\\_aderson\\_abequa2005.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/0013_aderson_abequa2005.pdf)>. Acesso em: 02 jan 2013.
- Gruber N.L.S, Barboza E.G. & Nicolodi J.L. 2003. Geografia dos Sistemas Costeiros e Oceanográficos: Subsídios para Gestão Integrada da Zona Costeira. *Gravel*, (1):81-89.
- Guerra A. T. & Guerra A. J. T. 2011. Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 648 p.
- Guerreiro J.S. 2010. Análise morfossedimentar da praia da Marieta, Ilha do Marco, NE do Pará. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 102 p.
- Guerreiro J.S.; Ranieri L.A.; El-Robrini M.; Vila-Concejo A. 2013. Seasonal changes of a dynamic macrotidal beach: Case Study of Marieta Beach (Amazon Coast/Brazil). *Journal of Coastal Research*, **65**: 1780-1784.
- Horikawa K. 1972. *Coastal engineering: an introduction to ocean engineering*, 1. Halsted Press Book, Toronto e New York, 402 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). 2014. Tabela de El Niño e La Niña. Disponível em: <[http://enos.cptec.inpe.br/tab\\_elnino.shtml](http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml)>. Acesso em: 15 jan 2014.
- Jackson D.W.T., Cooper J.A.G., Riob L. del. 2005. Geological control of beach morphodynamic state. *Marine Geology*, **216**: 297-314.
- King C.A.M. (Ed.). 1972. *Beaches and coasts*. Edward Arnold, London, 403 p.
- Klein A. H da F., Santana G. G., Diehl F.L., Menezes J. T., Medeiros, R. 2000. Análise dos riscos associados ao banho de mar. Exemplo das praias catarinenses. *In: Anais do Simpósio Brasileiro sobre Praias Arenosas*. Vale do Itajaí, Santa Catarina, 2000.
- Komar P.D. (Ed.) 1976. *Beach Processes and Sedimentation*. Prentice-Hall, New Jersey, 129 pp.
- \_\_\_\_\_. (Ed.) 1983. *Handbook of coastal processes and erosion*. Boca Raton, Florida: CRC Press Inc., 305 pp.
- \_\_\_\_\_. 1977. Selective longshore transport rates of different grain-size fractions within a beach. *Journal of Sedimentary Petrology*, **47(4)**:1444-1453.

- Köppen W. (Ed.) 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Econômica, México, 479 pp.
- Kraus, N.C. 1987. Application of portable traps for obtaining point measurements of sediment transport rates in the surf zone. *Journal of Coastal Research*, 3(2):139-152.
- Kroon A. & Masselink G. 2002. Morphodynamics of intertidal bar morphology on a macrotidal beach under low-energy wave conditions, North Lincolnshire, England. *Marine Geology*, **190**: 591-608.
- Leite W.S. 2010. *Estratigrafia de dunas costeiras de Salinópolis/Pará em associação com variações pluviométricas*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Estudos Costeiro, Universidade Federal do Pará, 66 p.
- Leopold L.B., Clarke F.S., Hanshaw B.B., Balsey Jr T. 1971. *A procedure for evaluating environmental impact*. U. S. Geological Survey, Circular 645, Washington, U.S.A. 13p. Disponível em: <http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED053006.pdf>.
- Mácola G. & El-Robrini M. 2004. Ilha dos Guarás (Mariteua) – Município de Curuçá (NE do Pará): Aspectos Físicos, Meteorológicos e Oceanográficos. Relatório Final. Belém, DNPM/CPRM, 35 p.
- Mclaren P. 1981. An interpretation of trends in grain size measures. *Journal of Sedimentary Research*, **51**(2):611-624.
- Marengo J.A, Nobre C.A. 2009. Clima da região Amazônica. In: I.F.A Cavacalti et al. (eds). *Tempo e clima no Brasil*. Oficina de Textos, Sao Paulo, p.:197 - 212.
- Marinho R.S. 2009. Faces da expansão urbana em Salinópolis, zona costeira do Estado do Pará. Dissertação de Mestrado, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, 136 p.
- Marino, M.T.R.D. & Sá Freire, G.S. 2013. Análise da evolução da linha de costa entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 13(1): 113-129.
- Martins A.C.S. & Luz M.S.F.C. 2004. Cenário climatológico atuante no Litoral Norte da Amazônia Brasileira. Monografia de Especialização, Centro de Geociencias, Universidade Federal do Para, 63 p.
- Martorano L.G., Pereira L.C., Cesar E.G.M, Pereira I.C.B. 1993. Estudos Climáticos do Estado do Pará, Classificação Climática (Köppen) e Deficiência Hídrica (Thornthwhite, Mather). In: Belém, SUDAM/EMBRAPA, SNLCS, 53 p.
- Masselink G. & Short A.D. 1993. The effect of tide range of beach morphodynamics: a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, **9**:785-800.
- Masselink G. & Turner I.L. 1999. The effect of tide range on beach morphodynamics. In: A.D. Short (ed.) *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, p.: 204-229.



- Masselink G. & Hegge B., 1995. Morphodynamics of meso- and macrotidal beaches: examples from central Queensland, Australia. *Marine Geology*, **129**: 1-23.
- Masselink G. & Hughes M. (Eds.). 2003. *An introduction to coastal processes and geomorphology*. Hodder & Stoughton, London, 354 p.
- Mazzer A.M. & Dillenburg, S. 2009. Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). *Pesquisas em Geociências*, 36(1): 117-135.
- Melo P.A. 2008. *Apropriação da natureza e sensibilidade ambiental de paisagens costeiras: proposições para a gestão ambiental da urbana de Salinópolis-PA*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). 2012. *Gerco nos Estados – Pará*. Disponível em: <http://homolog-w.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=78&idMenu=4574>. Acesso em: 14 fev. 2012.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). 2006. *Projeto Orla: fundamentos para a gestão integrada*. 74p., Ministério do Meio Ambiente / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8577380297. Disponível em [http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/\\_arquivos/11\\_04122008111238.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/11_04122008111238.pdf).
- Miranda L.B.; Castro B. M. & Kjerfve B. (Eds.). 2002. *Princípios de Oceanografia Física de Estuários*. EDUSP, São Paulo, 424 p.
- Monteiro M.C., Pereira L.C.C., Guimarães D.O., Costa R.M. 2009. Ocupação Territorial e Variações Morfológicas em uma Praia de Macromaré do Litoral Amazônico, Ajuruteua-PA, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, **9(2)**:91-99.
- Moore L.J. 2000. Shoreline mapping techniques. *Journal Coastal Research*, **16(1)**: 111-124.
- Muehe D. 1996. Geomorfologia Costeira. In: S.B. Cunha & A.J.T. Guerra (eds.) *Geomorfologia: Técnicas e Aplicações*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.: 191-238.
- \_\_\_\_\_. 2001a. Geomorfologia costeira. In: S.B. Cunha & A.J.T. Guerra (eds.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 4. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.: 253-308.
- \_\_\_\_\_. 2001b. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **2(1)**: 35-44.
- \_\_\_\_\_. 2002. Geomorfologia Costeira. In: S.B. Cunha & A.J.T. Guerra (eds.) *Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicação*. 2. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.: 191-238.
- \_\_\_\_\_. 2004. Definição de limites e tipologias de orla sob os aspectos morfodinâmicos e evolutivos. In: MMA/ SQA; MP/SQU. *Projeto Orla: Subsídios para um projeto de gestão*. Brasília, DF, p.: 13-32.

- Muehe D., Valentini E . 1998. O Litoral do Estado do Rio de Janeiro – Uma Caracterização Físico-Ambiental. *Fundação de Estudos do Mar*, 1. Rio de Janeiro, 93 p.
- Noda E.K. 1971. State-of-the-art of littoral drift measurements. *Shore & Beach*, (39): 35-41.
- Nordstrom K.F. 1981. Differences in grain size distributions with shoreline positions in a spit environment. *Northeastern Geology*, 3:252-258.
- Nunes J.C. 2012. A gestão dos resíduos sólidos e a percepção sobre riscos ambientais em área do aterro sanitário no município de Salinópolis (Pa). Dissertação de Mestrado, Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano, Universidade da Amazônia, 86 p.
- Oliveira U.R. 2009. Relações entre a Morfodinâmica e a Utilização em Trechos da Costa Oceânica da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Tese de Doutorado, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, 140 p.
- Pagliarini-Cordovil P.E. 2010. *Sedimentação e hidrodinâmica em uma praia de macromaré: Ajuruteua, Pará*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. 42 p.
- Palma J.J.C. 1979. Geomorfologia da Margem Continental Norte Brasileira. In: PETROBRAS (ed). *Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e Áreas Adjacentes*. Rio de Janeiro, Serie Projeto REMAC, 7, p.:7-24.
- Pereira L.C.C., Vila-Concejo A., Costa R.M., Short A.D. 2014. Managing physical and anthropogenic hazards on macrotidal Amazon beaches. *Ocean & Coastal Management*, 96: 149-162.
- Poate T.G.,Kingston K.S.,Masselink G., Russell P. 2009. Response of high-energy, macrotidal beaches to seasonal changes in wave conditions: examples from North Cornwall, UK. CAR (ed.). 10<sup>th</sup> International Coastal Symposium. (Lisbon, Portugal). *Journal of Coastal Research*, 56: 747-751.
- PLDM – Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura. 2013. Relatório Final – Nordeste Paraense (Região do Salgado). Ministério de Pesca e Aquicultura / Universidade Federal Rural da Amazônia / Fundação de Apoio à Pesquisa, Extensão e Ensino em Ciências Agrárias – nº 033/2008. Belém, Brasil. 509p.
- Projeto Orla, 2002. Manual de gestão do PROJETO ORLA. MMA/SQA. Brasília, MP/SPU. 96p.
- Ranieri L.A. 2011. *Morfodinâmica e transporte de sedimentos na Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 137 p.
- Ranieri, L.A & El-Robrini, M. 2012. Comportamento morfodinâmico sazonal da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área. *Pesquisas em Geociências*, 39(3): 231-246.
- Ranieri L.A., El-Robrini M. 2012. Avaliação experimental de métodos de armadilhas de sedimentos para determinação do transporte costeiro da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará). *Geociências*, 31: 103-116.

- Robin N.; Levoy F.; Monfort O. 2009. Short term morphodynamics of an intertidal bar on megatidal ebb delta. *Marine Geology*, **260**:102-120.
- Rocha T.B. 2009. *Morfodinâmica costeira e gestão de orla marítima em costa sob influência fluvial: borda meridional do atual delta do Rio Paraíba do Sul (RJ)*. Dissertação de Mestrado, Centro de Estudos Gerais, Universidade Federal Fluminense, 155 p.
- Rodrigues S.W.P. & Souza Filho P.W.M. 2011. Análise da variação da linha de costa a noroeste do Estado do Pará (Baía de Curuçá) através das imagens Landsat TM e ETM+ e CBERS 2B.. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba. *Anais...* p.5061.
- Rodríguez J.J. & Windevoxhel N.J. 1998. Análisis Regional de la Situación de la Zona Marina Costera Centroamericana. Banco Inter-Americano de Desenvolvimento – BID, Washington DC, N° ENV – 121.
- Rossetti. 2001. Late Cenozoic sedimentary evolution in northeastern Para, within the context of sea level changes. *Journal of South America Earth Sciences*, **14**:77-89.
- Rossetti D.F., Truckenbrodt W., Goes A.M. 1989. Estudo paleoambiental e estratigrafia dos Sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na Região Bragantina, Nordeste do Para. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi*, **1(1)**:24-74.
- Sá J.H.S. 1969. Contribuição a geologia dos sedimentos Terciários e Quaternários da Região Bragantina. *Bol. Inst. Geol.* **3**:21-36.
- Sabaini R.S. 2005. Morfodinâmica praias, segurança ao banho e perfil do banhista da praia de Camburi, Vitória-ES. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, 71 p.
- Santos V.F. 1996. Estratigrafia holocênica morfodinâmica atual da planície costeira da Ilha de Algodal e Marudá. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 139 p.
- Segundo G.H.C. 2007. Processos oceanográficos na região costeira e estuarina do rio Caeté, Pará, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense. 139 p.
- Scherer M. 2013. Gestão de Praias no Brasil: Subsídios para uma Reflexão. *Revista da Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, **13(1)**: 3-13.
- Short A.D. & Hesp P.A. 1982. Wave beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*, **48**:259-284.
- Short A.D. 1991. Macro-meso tidal beach morphodynamics e an overview. *Journal of Coastal Research*, **7**: 417-436.
- Short A.D. & Hogan C.L. 1993. Rip Currents and Beach Hazards: Their Impact on Public Safety and Implications for Coastal Management. *Journal of Coastal Research*, Special Issue **12**: 197-209.

- Short A.D. 1999. Beaches. In: Short A. D. (ed.) *Handbook of beach and shore face morphodynamics*. John Wiley & Sons, Chichester, p.: 1-19.
- Short A.D. 2003. Australia beach system – The morphodynamic of wave through tide-dominated beachdune systems. *Journal of Coastal Research*, **35**: 7-20.
- Short A.D. 2012. Beach Morphodynamics in Australia 1970s–2010. *Geographical Research*, **50(2)**: 141–153.
- Silva C.A. 1998. *Análise morfoestratigráfica do estuário do Rio Marapanim - NE do Pará*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 133 p.
- Silva M.S. 1996. *Morfoestratigrafia e evolução holocênica da planície costeira de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 142 p.
- Silva A.N.B. 2010. Índices de extremos climáticos e tendências da precipitação anual e sazonal na Amazônia Oriental. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 134 p.
- Silva P.V.M. 2014. *Estudo da morfodinâmica sazonal e quantificação de transporte sedimentar costeiro nas praias de Fortalezinha e Princesa, Algodual/Maiandeuá (Nordeste do Estado do Pará)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 95 p.
- Silva C.G., Patchineelam S.M., Baptista Neto J.A., Ponzi, V.R.A. 2004. Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na linha de Costa. In: J.A. Baptista Neto, V.R.A. Ponzi, S.E. Sichel (Eds.). *Introdução à geologia marinha*. Interciência, Rio de Janeiro, p.: 175-218.
- Silva Junior. O.G., 1998. Morfoestratigrafia do noroeste da planície costeira de São João de Pirabas (Nordeste do Pará). *Revista Brasileira de Oceanografia*, **49(1/2)**:99-114.
- Soares S.B. 2005. Avaliação experimental da taxa longitudinal de transporte de sedimentos e sua previsão usando formulações globais na zona de surfe da Praia de Camburí, Vitória-ES. Dissertação de Mestrado, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, 113 p.
- Sobrinho G.H.B. 2006. Decreto presidencial que regulamenta o uso e a ocupação da zona costeira e estabelece os critérios para gestão da orla marítima. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, **5**:9-12.
- Souza D.L. 2012. Turismo e urbanização turística no litoral paraense: o caso de Salinópolis/Pa. In: Seminário regional norte-nordeste de pós-graduação em geografia, 2, *Anais*.
- Souza C.R.G. 2009. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, **9(1)**:17-37.

- Souza C.R.G. 1997. As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP, São Paulo. v.1: 184p, v.2: 174p.
- Souza C.R.G., Suguio K. 1998. Método Morfo-sedimentológico para a identificação de células de deriva litorânea. *Geosul*, Edição Especial, **14**(27):243-247.
- Souza C.R.G., Souza Filho P.W.M., Esteves L.S., Vital H., Dillenburg S.R., Patchineelam S.M., Addad J.E. 2005. Praias arenosas e erosão costeira. In: C.R.G. Souza; K. Suguio, A.M.S. Oliveira, P.E. Oliveira (eds.). *O Quaternário do Brasil*. Holos, Ribeirão Preto, p.: 130-152.
- Souza Filho P.W.M. 1995. A planície costeira bragantina (NE do Pará): Influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia costeira durante o Holoceno. Dissertação de Mestrado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 123 p.
- Souza Filho P.W.M. & El-Robrini M. 1996. Morfologia, Processos de Sedimentação e litofácies dos ambientes morfosedimentares da Planície Costeira Bragantina, Nordeste do Estado do Para (Brasil). *Geonomos*, **4**:1-16.
- Souza Filho P.W.M., Tozzi H.A.M., El-Robrini M. 2003. Geomorphology, land-use and environmental hazards in Ajuruteua macrotidal sand beach, Northern Brazil. *Journal of Coastal Research*. **35**:580-589.
- Souza Filho P.W.M. & Paradella W.R. 2003. Use of synthetic aperture radar for recognition of Coastal Geomorphological Features, land-use assessment and shoreline changes in Bragança coast, Pará, Northern Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, **75**(3):341-356.
- SECRETARIA DO PATRIMÔNIO DA UNIÃO (SPU). 2012. *Secretaria do Patrimônio da União – SPU. Competências*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasil. Disponível em: [http://www.planejamento.gov.br/link\\_secretaria.asp?cod=8266&cat=69&sec=9&sub=](http://www.planejamento.gov.br/link_secretaria.asp?cod=8266&cat=69&sec=9&sub=) Acesso em 2 Out. 2013.
- Suguio K. (Ed.) 2003. *Geologia Sedimentar*, 1. Edgard Blücher: São Paulo, 400 pp.
- Szlafsztein C.F. 2009. Indefinições e Obstáculos no Gerenciamento da Zona Costeira do Estado do Pará, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, **9**(2):47-58.
- Thieler, E.R.; Martin, D. & Ergul, A. 2003. The digital shoreline analysis system, version 2.0: shoreline change measurement software extension for ArcView. *USGS Open-File Report*, p. 3-76.
- Villwock J.A. 1987. Processos costeiros e formações das praias arenosas e campos de dunas ao longo da costa sul e sudeste brasileira. In: Simpósio sobre ecossistema da costa sul e sudeste brasileira: Síntese dos conhecimentos, Cananéia, Academia de ciências do estado de São Paulo, p. 380.
- Villwock J.A., Lessa G.C., Suguio K., Angulo R.J., Dillenburg S.R. 2005. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. In: Souza C.R.G., Suguio K., Oliveira A.M.S. (eds.) *Quaternário do Brasil*. Holos Editora, Ribeirão Preto, p.: 94-113.

- Wang P., Kraus N.C., Davis R.A. 1998. Total longshore sediment transport rate in the surf zone: Field measurements and empirical predictions. *Journal of Coastal Research*, **14(1)**:269-282.
- Wentworth C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**:377-392.
- Wright L.D. & Short A.D. 1984. Morphodynamics variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, **56**:93-118.

**ANEXO A – Questionário aplicado com os banhistas das praias de Salinópolis.****Sexo:**

- Feminino
- Masculino

**Procedência (Estado):****Profissão:****Faixa etária:**

- 5 - 12
- 13 - 17
- 18 - 25
- 26 - 40
- 41 - 60
- > 60

**Motivo que o leva a frequentar praias:**

- esportes
- bares e restaurantes
- passeio
- banho de mar
- banho de sol
- Outro:

**Como se pode classificar sua habilidade de natação?**

- não sabe nadar
- não sabe nadar, porém se vira bem no mar
- sabe nadar

**Qual local na praia que você costuma tomar banho de mar?**

- no raso
- na arrebentação de ondas
- além da arrebentação de ondas

**Já tomou caixotes/caldos?**

- sim
- várias vezes
- poucas vezes
- não

**Já se envolveu em afogamentos e/ou quase afogamentos?**

- sim
- não

**Quais os cuidados tomados em relação às crianças?**

- uso de bóias
- mantê-las sempre no raso
- constante presença de adultos

evitar locais que ofereçam riscos

Outro:

**Com que frequência vai às praias de Salinópolis?**

- feriados e no verão
- algumas vezes por semana
- algumas vezes por mês
- raramente

**O que você achou do novo sistema de corredor de tráfego de carros adotado na praia do Atalaia na última férias de julho (2014)?**

- excelente
- bom
- ruim
- nada a declarar
- Outro:

**Quais outras praias você costuma frequentar no Estado?**

**Qual sua praia preferida em Salinópolis?**

**Qual a praia que mais frequenta em Salinópolis?**

**Por que frequenta esta praia?**

- comodidade, proximidade de casa ou hotel
- conforto e infra-estrutura da praia
- Outro:

**Em sua opinião qual o grau de perigo que esta praia oferece?**

- alto
- médio
- baixo

**Quais os principais perigos potenciais que você detecta nesta praia?**

- ondas e correntes fortes
- trânsito de veículos
- canais na praia
- marés altas
- áreas de recreação com lanchas e/ou jetskis
- consumo alcoólico
- Outro:

**Você já soube de acidentes de banho ocorridos nesta praia?**

- sim
- não

**Você frequenta outras praias em Salinópolis? Quais?**



## ANEXO B – Matriz dos impactos identificados no Setor Oeste.

MATRIZ DO SETOR ( OESTE )		PADRAO DE INTERFERÊNCIA				IMPACTOS																				
						G1						G2			G3											
TIPOS DE OBRAS QUE OCORREM NO SETOR		A	B	C	D	a	b	c	d	E	f	g	H	I	J	K	L	m	n	o	p	Q	R	S	t	
Obras de proteção	Muros		X									X					X	X	X							
	Barreiras de rocha (ex. <i>rip-rap</i> )		X									X					X	X	X							
	Molhes e enrocamentos																									
Obras de recuperação	Engordamento de praia - molhes e Enrocamentos																									
	Espigões e gabiões																									
Obras de infraestrutura	Emissários (dutos emersos e enterrados)				X								X													
	Canais de águas superficiais																									
	Aterros de loteamentos																									
	Aterros de invasões																									
	Palafitas																									
	Aterros de passagem (ruas, avenidas, estradas)				X								X	X												
Obras de lazer e turismo	Pier ou plataforma de embarque		X				X			X							X									
	Aterros																									
	Marinas																									
	Pieres ou plataforma de pesca																									
	Molhes e enrocamentos																									
<b>PADRÕES DE INTERFERÊNCIA:</b> Padrão A: obras que são capazes de alterar predominantemente os fluxos longitudinais, aqueles relacionados aos movimentos das correntes de deriva litorânea ( <i>longshore currents</i> ), e que apresentam expressão mais nítida em planta; Padrão B: obras que alteram os fluxos transversais, relacionados aos movimentos costa adentro-costa afora ( <i>onshore-offshore</i> ), cujo reflexo se dá maneira mais incisiva sobre o perfil praiial; Padrão C: obras cuja ação se dá de maneira igualitária nos dois tipos de fluxos; e Padrão D: Obras que interferem nos fluxos de canais estuarinos.															<b>SETORES:</b> Setor 1: (OESTE) Setor 2: (CENTRAL) Setor 3: (LESTE)											
<b>G1- IMPACTOS SOBRE A FAIXA DE AREIA – PRAIAS</b>	Redução da faixa de praia (avanço das obras sobre a faixa de praia) (a) Praias mais extensas causadas pelo assoreamento/ deposição (b) Praias mais estreitas pela erosão (erosão paralela a linha de costa) (c) Alteração da topografia da praia (perfil praiial) (d) Instalação de processos erosivos na praia (formação de células erosivas) (e) Aprisionamento de sedimentos junto a estrutura rígida de orientação impedindo seu movimento a sotamar (f)											<b>G3-IMPACTOS ASSOCIADOS</b>					Deposição de areia em equipamentos públicos (praças, quiosques, etc) (j) Deposição de areia em avenidas e ciclovias (k) Colapso de muros de proteção (l) Solapamento/recalques de aterros (m) Assoreamentos (n) Escalonamento da linha de costa por sucessivas estruturas rígidas perpendiculares a linha de costa (o) Redução de áreas úteis a ocupação (p) Alteração da paisagem (q) Contaminação da água superficial - por efluentes (r) Contaminação da água por resíduos sólidos (s) Alteração do regime de fluxo da água subterrânea (t)									
<b>G2- IMPACTOS SOBRE CANAIS ESTUARINOS</b>	Instalação de processos erosivos nas margens dos canais estuarinos (g) Redução de ambientes naturais (h) Redução de áreas de mangue (i)																									

## ANEXO C – Matriz dos impactos identificados no Setor Central.

MATRIZ DO SETOR (CENTRAL)		PADRAO DE INTERFERÊNCIA				IMPACTOS																				
						G1						G2			G3											
TIPOS DE OBRAS QUE OCORREM NO SETOR		A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g	H	I	J	K	L	m	n	o	p	Q	R	S	t	
Obras de proteção	Muros		X			X		X	X	X							X	X				X				
	Barreiras de rocha (ex. <i>rip-rap</i> )		X			X		X	X	X							X	X				X				
	Molhes e enrocamentos																									
Obras de recuperação	Engordamento de praia - molhes e Enrocamentos																									
	Espigões e gabiões																									
Obras de infraestrutura	Emissários (dutos emersos e enterrados)																									
	Canais de águas superficiais																									
	Aterros de loteamentos			X		X		X								X						X				X
	Aterros de invasões																									
	Palafitas																									
	Aterros de passagem (ruas, avenidas, estradas)			X		X		X								X						X				X
Pier ou plataforma de embarque																										
Obras de lazer e turismo	Aterros																									
	Marinas																									
	Piéres ou plataforma de pesca																									
	Molhes e enrocamentos																									
<b>PADRÕES DE INTERFERÊNCIA:</b> Padrão A: obras que são capazes de alterar predominantemente os fluxos longitudinais, aqueles relacionados aos movimentos das correntes de deriva litorânea ( <i>longshore currents</i> ), e que apresentam expressão mais nítida em planta; Padrão B: obras que alteram os fluxos transversais, relacionados aos movimentos costa adentro-costa afora ( <i>onshore-offshore</i> ), cujo reflexo se dá maneira mais incisiva sobre o perfil praiial; Padrão C: obras cuja ação se dá de maneira igualitária nos dois tipos de fluxos; e Padrão D: Obras que interferem nos fluxos de canais estuarinos.															<b>SETORES:</b> Setor 1: (OESTE) Setor 2: (CENTRAL) Setor 3: (LESTE)											
<b>G1- IMPACTOS SOBRE A FAIXA DE AREIA – PRAIAS</b>	Redução da faixa de praia (avanço das obras sobre a faixa de praia) (a) Praias mais extensas causadas pelo assoreamento/ deposição (b) Praias mais estreitas pela erosão (erosão paralela a linha de costa) (c) Alteração da topografia da praia (perfil praiial) (d) Instalação de processos erosivos na praia (formação de células erosivas) (e) Aprisionamento de sedimentos junto a estrutura rígida de orientação impedindo seu movimento a sotamar (f)											<b>G3-IMPACTOS ASSOCIADOS</b>					Deposição de areia em equipamentos públicos (praças, quiosques, etc) (j) Deposição de areia em avenidas e ciclovias (k) Colapso de muros de proteção (l) Solapamento/recalques de aterros (m) Assoreamentos (n) Escalonamento da linha de costa por sucessivas estruturas rígidas perpendiculares a linha de costa (o) Redução de áreas úteis a ocupação (p) Alteração da paisagem (q) Contaminação da água superficial - por efluentes (r) Contaminação da água por resíduos sólidos (s) Alteração do regime de fluxo da água subterrânea (t)									
<b>G2- IMPACTOS SOBRE CANAIS ESTUARINOS</b>	Instalação de processos erosivos nas margens dos canais estuarinos (g) Redução de ambientes naturais (h) Redução de áreas de mangue (i)																									

## ANEXO D – Matriz dos impactos identificados no Setor Leste.

MATRIZ DO SETOR ( LESTE )		PADRAO DE INTERFERÊNCIA				IMPACTOS																				
						G1						G2			G3											
TIPOS DE OBRAS QUE OCORREM NO SETOR		A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g	H	I	J	K	L	m	n	o	p	Q	R	S	t	
Obras de proteção	Muros		X			X		X	X	X							X	X				X				
	Barreiras de rocha (ex. <i>rip-rap</i> )		X			X		X	X	X							X	X				X				
	Molhes e enrocamentos																									
Obras de recuperação	Engordamento de praia - molhes e Enrocamentos																									
	Espigões e gabiões																									
Obras de infraestrutura	Emissários (dutos emersos e enterrados)			X																			X	X		
	Canais de águas superficiais																									
	Aterros de loteamentos			X		X		X							X						X				X	
	Aterros de invasões																									
	Palafitas			X																	X		X			
	Aterros de passagem (ruas, avenidas, estradas)			X		X		X							X						X				X	
Obras de lazer e turismo	Pier ou plataforma de embarque			X											X						X					
	Aterros																									
	Marinas																									
	Piéres ou plataforma de pesca																									
	Molhes e enrocamentos																									
<b>PADRÕES DE INTERFERÊNCIA:</b> Padrão A: obras que são capazes de alterar predominantemente os fluxos longitudinais, aqueles relacionados aos movimentos das correntes de deriva litorânea ( <i>longshore currents</i> ), e que apresentam expressão mais nítida em planta; Padrão B: obras que alteram os fluxos transversais, relacionados aos movimentos costa adentro-costa afora ( <i>onshore-offshore</i> ), cujo reflexo se dá maneira mais incisiva sobre o perfil praiial; Padrão C: obras cuja ação se dá de maneira igualitária nos dois tipos de fluxos; e Padrão D: Obras que interferem nos fluxos de canais estuarinos.															<b>SETORES:</b> Setor 1: (OESTE) Setor 2: (CENTRAL) Setor 3: (LESTE)											
<b>G1- IMPACTOS SOBRE A FAIXA DE AREIA – PRAIAS</b>	Redução da faixa de praia (avanço das obras sobre a faixa de praia) (a) Praias mais extensas causadas pelo assoreamento/ deposição (b) Praias mais estreitas pela erosão (erosão paralela a linha de costa) (c) Alteração da topografia da praia (perfil praiial) (d) Instalação de processos erosivos na praia (formação de células erosivas) (e) Aprisionamento de sedimentos junto a estrutura rígida de orientação impedindo seu movimento a sotamar (f)											<b>G3-IMPACTOS ASSOCIADOS</b>					Deposição de areia em equipamentos públicos (praças, quiosques, etc) (j) Deposição de areia em avenidas e ciclovias (k) Colapso de muros de proteção (l) Solapamento/recalques de aterros (m) Assoreamentos (n) Escalonamento da linha de costa por sucessivas estruturas rígidas perpendiculares a linha de costa (o) Redução de áreas úteis a ocupação (p) Alteração da paisagem (q) Contaminação da água superficial - por efluentes (r) Contaminação da água por resíduos sólidos (s) Alteração do regime de fluxo da água subterrânea (t)									
<b>G2- IMPACTOS SOBRE CANAIS ESTUARINOS</b>	Instalação de processos erosivos nas margens dos canais estuarinos (g) Redução de ambientes naturais (h) Redução de áreas de mangue (i)																									

**ANEXO E – Comprovante de submissão de manuscrito à Revista Pesquisas em Geociências.**

22/11/2014

Gmail - RES: sobre manuscrito submetido



Leilane Ranieri &lt;leilane.ranieri@gmail.com&gt;

---

**RES: sobre manuscrito submetido**

1 mensagem

---

**Paulo Alves de Souza** <paulo.alves.souza@ufrgs.br>  
Para: Leilane Ranieri <leilane.ranieri@gmail.com>

28 de maio de 2014 16:23

Cara Leilane, recebemos:

**Man 543** – Manuscrito: Efeito de carga sedimentar na evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. Autores: Leilane A. Ranieri & Maamar El-Robini. Recebido em 06/maio/2014. Editor: Schultz.

Em breve constará na página.

Abc

Paulo

**ANEXO F** – Comprovante de submissão de manuscrito à *Brazilian Journal of Geology*.

22/11/2014

Gmail - [BJG] Agradecimento pela submissão



Leilanne Ranieri &lt;leilanne.ranieri@gmail.com&gt;

**[BJG] Agradecimento pela submissão**

1 mensagem

**Umberto Cordani** <ucordani@usp.br>

17 de novembro de 2014 16:37

Para: Leilanne Almeida Ranieri &lt;leilanne.ranieri@gmail.com&gt;

Leilanne Almeida Ranieri,

Agradecemos a submissão do trabalho "ASPECTOS DA HIDRODINÂMICA E TRANSITO COSTEIRO DE SEDIMENTOS NAS PRAIAS OCEÂNICAS DE SALINÓPOLIS, COSTA AMAZÔNICA, BRASIL" para a revista Brazilian Journal of Geology. Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão:

<http://rbg.sbgeo.org.br/index.php/rbg/author/submission/30202>

Login: laranieri

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail.

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho.

Umberto Cordani  
Brazilian Journal of Geology

---

Brazilian Journal of Geology  
<http://rbg.sbgeo.org.br/>

## ANEXO G - Comprovante de submissão de manuscrito à Revista de Gestão Costeira Integrada.

24/11/2014

Gmail - RGCI#0565 - Submissão de manuscrito



Leilanne Ranieri &lt;leilanne.ranieri@gmail.com&gt;

### RGCI#0565 - Submissão de manuscrito

1 mensagem

RGCI Editor &lt;rgci.editor@gmail.com&gt;

24 de novembro de 2014 15:55

Para: Leilanne Ranieri &lt;leilanne.ranieri@gmail.com&gt;, Maâmar El-Robrini &lt;robrini@ufpa.br&gt;

Cc: Monica Costa &lt;mfc@ufpe.br&gt;, Ulisses Manuel de Miranda Azeiteiro &lt;Ulisses.Azeiteiro@uab.pt&gt;, Tomasz Boski &lt;tboski@ualg.pt&gt;

Caros colegas Leilanne Almeida Ranieri e Maâmar El-Robrini,

Recordamos que **a RGCI/JICZM aceita, preferencialmente, manuscritos redigidos em inglês**, embora continue a receber a submissão de artigos escritos em português.

Recebemos o manuscrito "**Condição Oceanográfica, Uso e Ocupação da Linha de Costa de Salinópolis (Setor Corvina-Atalaia), Nordeste do Pará, Brasil**" (autores: Leilanne Almeida Ranieri e Maâmar El-Robrini) que submeteu à Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management ([http://www.aprh.pt/rgci/index\\_eng.html](http://www.aprh.pt/rgci/index_eng.html)), a que foi atribuída a referência **RGCI#0565**, a qual deverá ser sempre utilizada como identificador em futura correspondência.

Poderá indicar o nome de três investigadores (e respectivos endereços internet) credenciados e independentes que julgue serem adequados à avaliação deste manuscrito. Esses pesquisadores não devem ser da mesma região e, tanto quanto possível, devem ter nacionalidade diferente da dos autores. Tal deve ser feito com a maior brevidade possível. Porém, a seleção final do grupo de avaliadores será efetuada pela Comissão Editorial (podendo ou não integrar os nomes sugeridos).

Esperamos conseguir transmitir-lhe o resultado da avaliação em pouco mais de um mês após a efetivação da submissão.

Com os melhores cumprimentos,

Pela Comissão Editorial da RGCI/JICZM

### João M. Alveirinho Dias

RGCI/JICZM Editor-in-Chief

e-mail: [rgci.editor@gmail.com](mailto:rgci.editor@gmail.com)alternative e-mail: [jdias@ualg.pt](mailto:jdias@ualg.pt)web page: <http://w3.ualg.pt/~jdias>cv: <http://lattes.cnpq.br/5559788377714497>

CIMA – Centro de Investigação Marinha e Ambiental

Universidade do Algarve, Edifício 7

Campus de Gambelas

8005-139 Faro

ANEXO H – Comprovante de submissão de manuscrito à Revista Geociências.

*revista* **GEOCIÊNCIAS** issn 0101-9082

---

Ofc. revgeoc. 32

Rio Claro, 17 de novembro de 2014.

À

**Sra. Leilane A. Ranieri**

[leilane.ranieri@gmail.com](mailto:leilane.ranieri@gmail.com)

*Instituto de Geociências*


*Universidade Federal do Pará*

*Belém-PA*

Ilma. Sra,

Vimos pela presente agradecer a submissão do artigo “COMPORTAMENTO MORFOSEDIMENTAR SAZONAL DAS PRAIAS OCEÂNICAS DE SALINÓPOLIS (NE DO PARÁ, BRASIL)”, que está em análise pelo corpo consultivo da revista Geociências.

*Atenciosamente*

  
**Prof. Dr. Antonio José Ranalli Nardy**  
DPM-IGCE-Unesp  
Editor Adjunto - Revista Geociências  
[nardy@rc.unesp.br](mailto:nardy@rc.unesp.br)





UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

## PARECER

### Sobre a Defesa Pública da Tese de Doutorado de **LEILANHE ALMEIDA RANIERI**

A banca examinadora da Tese de Doutorado de **LEILANHE ALMEIDA RANIERI**, orientanda do Prof. Maâmar El-Robrini (UFPA), e composta pelos professores doutores George Satander Sá Freire (UFC), Norberto Olmiro Horn Filho (UFSC), Arnaldo de Queiroz da Silva (UFPA), Marcelo Cancela Lisboa Cohen (UFPA) e após apresentação da sua tese, intitulada: "**MORFODINÂMICA COSTEIRA E O USO DA ORLA OCEÂNICA DE SALINÓPOLIS (NORDESTE DO PARÁ)**" emite o seguinte parecer:

A candidata apresentou um documento que atende às exigências básicas para uma tese de doutorado. Ela realizou sua apresentação de forma clara, organizada e segura. Na arguição mostrou domínio da temática abordada e respondeu às perguntas formuladas pela banca. A banca repassou diretamente para a candidata os comentários e sugestões para serem aproveitados na elaboração dos artigos decorrentes da tese.

Com base no exposto, a banca examinadora decidiu por unanimidade aprovar a tese de doutorado.

Belém, 15 de dezembro de 2014.

Prof. Maâmar El-Robrini (Orientador-UFPA)

Prof. George Satander Sá Freire (UFC)

Prof. Norberto Olmiro Horn Filho (UFSC)

Prof. Arnaldo de Queiroz da Silva (UFPA)

Prof. Marcelo Cancela Lisboa Cohen (UFPA)