

MORFODINÂMICA DA PRAIA DE AJURUTEUA – NE DO PARÁ

Marcelo Augusto Moreno da Silva Alves¹; Maâmar El-Robrini².

¹ Msc. em Geologia Marinha e Sedimentologia, Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros, Universidade Federal do Pará, Av. Augusto Corrêa s/n. Phone: +55 91 211-1747. e-mail: moreno@ufpa.br

² Dr. em Geologia Marinha, Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros, Universidade Federal do Pará, Av. Augusto Corrêa s/n. Phone: +55 91 211-1747. e-mail: robrini@ufpa.br

RESUMO

A praia de Ajuruteua (Bragança-PA) é formada por areias quartzosas unimodais finas bem selecionadas. Regularmente inundada por uma macromaré (6m), suas ondas são deslizantes e os ventos NE dominantes. Foram realizados 10 perfis praias nos períodos seco e chuvoso, onde foi dividida em três setores: I (SE), II (Central) e III (NW). Os Setores I e III apresentam um sistema de crista e calha suave, que no período chuvoso é preenchido. O Setor II apresenta um perfil plano em ambos os períodos. A praia de Ajuruteua possui características dissipativas, apresentando dois estados morfológicos distintos. No primeiro (período chuvoso), em função do poder erosivo das marés de sizígia aliadas à força das ondas, parte dos sedimentos são erodidos, e as dunas frontais desenvolvem escarpas de até 3m (Setor II), com recuos de até 25m. No segundo (período seco) os sedimentos erodidos são reincorporados à praia através da migração da crista arenosa em direção da praia, e a formação de um sistema de crista e calha de relevo suave. Com base nos resultados pode-se dizer que os agentes dinâmicos atuantes no condicionamento morfológico da praia de Ajuruteua são os processos de macromaré associados à ação das ondas.

ABSTRACT

The Ajuruteua beach (Bragança-PA) is formed by sandy barrier-beach ridges, consisting of well selected unimodal quartz fine sand. Regularly inundated for a macrotidal (6m), it's waves are spilling breakers, and the NE winds are dominant. 10 beach profiles was realized in dry and wet periods, where it was divided in three sectors: I (SE), II (Central) and III (NW). The Sectors I and III shows a smooth ridge and runnel system, that is filled in the wet period. The Sector II shows a flat profile in both periods. The Ajuruteua beach have dissipative characteristics, shows two morphological states. In the first (wet period), in function of strong spring tides and waves, the sediments are eroded and develop 3m high beach scarps on the foredunes (Sector II), with 25m of retreat. In the second (dry period), the sediments eroded are reincorporated to the beach, through sand ridges migration in direction of the beach, and the formation of a smooth ridge and runnel system. According with the results, the dynamics agents who acts in the morphological conditionants of Ajuruteua beach are macrotidal processes associated to strong waves.

Palavras-Chave: ajuruteua, morfodinâmica, erosão praial

1. INTRODUÇÃO

A praia de Ajuruteua, também chamada de Campo do Meio, localiza-se na Planície Costeira Bragantina, situada na faixa costeira do município de Bragança, na região nordeste do Estado do Pará, a aproximadamente 40km do município de Bragança (Figura 1).

Apresenta-se como uma extensa área plana, orientada na direção NW-SE, de aproximadamente 2,5km de extensão e 400m de largura, de suave inclinação em direção ao mar. Situa-se entre o Canal da Barca, que a separa da praia dos Pescadores, e o Canal do Chavascal, limite com as praias do Farol Velho e Chavascal.

A praia de Ajuruteua é formada por cordões arenosos lineares (“sandy barrier-beach ridges”) (SOUZA FILHO, 2001), constituídos, principalmente, de areias quartzosas unimodais finas bem selecionadas, onde, localmente, observam-se ocorrências de “placers” de minerais pesados ao longo da linha de maré alta. É regularmente inundada por uma macromaré semi-diurna (≈6m) e suas ondas, do tipo deslizantes, sempre quebram distantes da praia, apresentando geralmente mais de duas linhas de arrebentação, dissipando a sua energia, o que lhes confere características construtivas. Os ventos alísios vindos de NE são dominantes e suas velocidades chegam a atingir 7m/s.

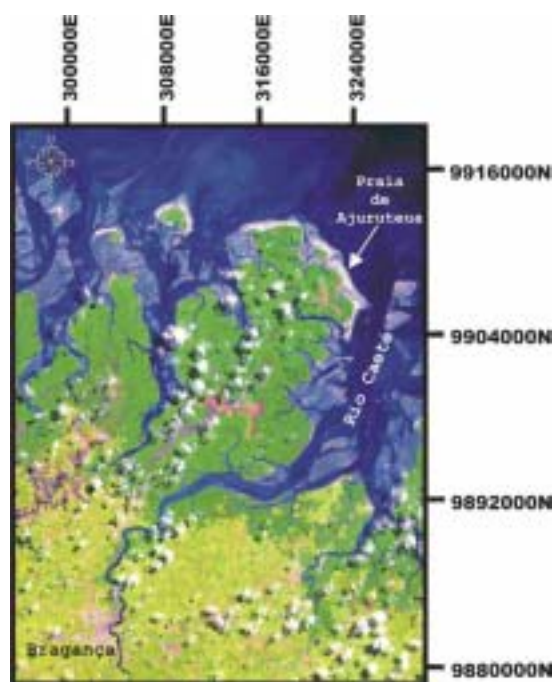


Figura 1 – Mapa de localização da praia de Ajuruteua, Bragança-PA.

O trabalho objetiva atingir as seguintes metas:

(1) Aplicar as metodologias de GUZA & INMAM (1975), KOMAR (1983), WRIGHT & SHORT (1984) e MASSELINK & SHORT (1993) para caracterizar o estado morfodinâmico da praia de Ajuruteua e;

(2) Conhecer os fatores condicionantes da dinâmica costeira (ventos, ondas e marés).

Os trabalhos de campo foram realizados em duas etapas (09/1999 e 06/2000), onde foram feitos em 10 perfis transversais à linha de costa, distantes 200m entre si, utilizando o método da Stadia (BIRKEMEYER, 1981). O estado morfodinâmico da praia, foi determinado a partir dos parâmetros ϵ de GUZA & INMAM (1975), C de KOMAR (1983), Ω de WRIGHT & SHORT (1984) e RTR de MASSELINK & SHORT (1994). Foram feitas, também, observações e medições dos parâmetros oceanográficos (ventos, ondas e marés).

2. RESULTADOS

Um importante parâmetro na caracterização morfológica de uma praia, relacionado com a granulometria dos sedimentos e com o nível de energia, é a declividade média do perfil. Desta forma, o perfil topográfico transversal a uma praia e sua variabilidade são resultantes, principalmente, de sua granulometria e do seu "clima de ondas" (MUEHE, 1998).

O levantamento topográfico dos 10 perfis praias revelou que, a praia caracteriza-se por apresentar uma baixa declividade em toda a sua extensão, com valores entre $1^{\circ}41'$ e 2° , tendo como valor médio $1^{\circ}52'$ ($\text{tg}\beta = 0,019$). Estes valores condizem com a granulometria e o nível de energia da praia.

A praia de Ajuruteua apresenta um traçado retilíneo, orientado segundo a direção NW-SE, apresentando suas extremidades recurvadas. Ao longo deste segmento praiial, que possui aproximadamente 3km de extensão, e sua largura média desde a base das dunas frontais até a linha de maré baixa média, varia entre 230m e 286m, com uma média em torno de 258m. As únicas irregularidades que interrompem a homogeneidade desta praia, são os canais de maré, que configuram deltas de maré vazante. Estes dois deltas, Canal da Barca (Setor I) e do Chavascal (Setor III), são os delimitadores deste segmento praiial.

Baseando-se nos níveis relativos de maré de Wright et al. (1982), a praia foi dividida em: (1) Zona de supramaré: que se estende à partir do nível de maré alta de sizígia, que coincide com a escarpa das dunas, até o limite das dunas vegetadas. Esta zona é constituída por dunas vegetadas, de aproximadamente 7m de altura, seguidas por uma planície arenosa e uma berma praiial, que estão abaixo do nível médio de maré alta de sizígia de 0,5 a 1m. Ocorre, à partir daí, um campo de dunas frontais, que situam-se de 1 a 3m acima do nível médio de maré alta de sizígia; (2) Zona de Intermaré: que ocorre entre os níveis de maré alta e baixa de sizígia. Esta zona é subdividida em três subzonas: (a) Zona de intermaré superior com largura aproximada de 50m e gradiente de 1:25 ($\text{tg}\beta = 0,040$), situada à partir do nível de maré alta de sizígia, até o nível de maré alta de quadratura; (b) Zona de intermaré média com largura aproximada de 110m e gradiente de 1:55 ($\text{tg}\beta = 0,018$), situada do nível de maré alta de quadratura, até o nível de maré

baixa de quadratura e; (c) Zona de intermaré inferior com largura aproximada de 65m e gradiente de 1:33 ($\text{tg}\beta = 0,019$), situada do nível de maré baixa de quadratura, até o nível de maré baixa de sizígia, e (3) Inframaré: consiste na área mais baixa do perfil praiial, e ocorre sob o nível de maré baixa de sizígia, estendendo-se até a zona de arrebenção com gradiente de 1:86 ($\text{tg}\beta = 0,019$).

Em função das diferenças morfológicas de alguns trechos da praia, a mesma foi dividida em três setores: Setor I: Setor SE (Perfis A, B, C e D), Setor II: Setor Central (Perfis E, F e G), Setor III: Setor NW (Perfis H, I e J) (Figura 2).

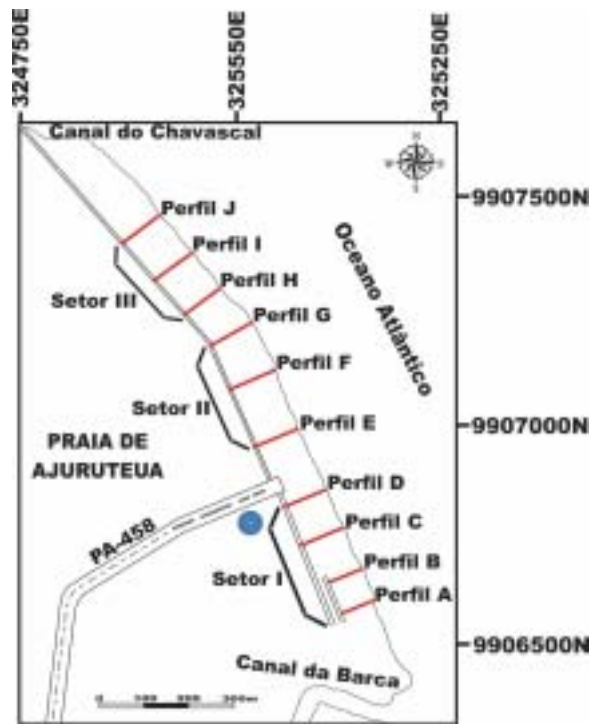


Figura 2 – Localização dos setores da praia de Ajuruteua.

Os perfis do Setor I (Figura 3) apresentam uma zona de intermaré superior com uma largura média de 35m, que é limitada, nos perfis A e B, por um campo de dunas frontais de 1,5 a 2m de altura. Este campo de dunas, porém, não ocorre nos perfis C e D devido à construção de casas neste trecho. No período chuvoso, ocorre erosão das dunas, formando-se escarpas praiiais de 1,8m. Seu gradiente médio é de 1:33 ($\text{tg}\beta = 0,030$). A zona de intermaré média, por sua vez apresenta uma largura aproximada de 130m e seu gradiente médio fica em torno de 1:65 ($\text{tg}\beta = 0,015$). Esta zona é caracterizada por um sistema de crista e calha ("ridge and runnel") suave, paralelo à linha de costa. A calha, de aproximadamente 40cm de profundidade, ocorre numa distância de cerca de 100m, à partir da linha de maré alta de sizígia. No período chuvoso, porém, esta calha sofre um preenchimento devido ao deslocamento da crista arenosa em direção à praia, o que leva ao aplainamento da zona de intermaré média. A zona de intermaré inferior apresenta um gradiente em torno de 1:42 ($\text{tg}\beta = 0,023$).

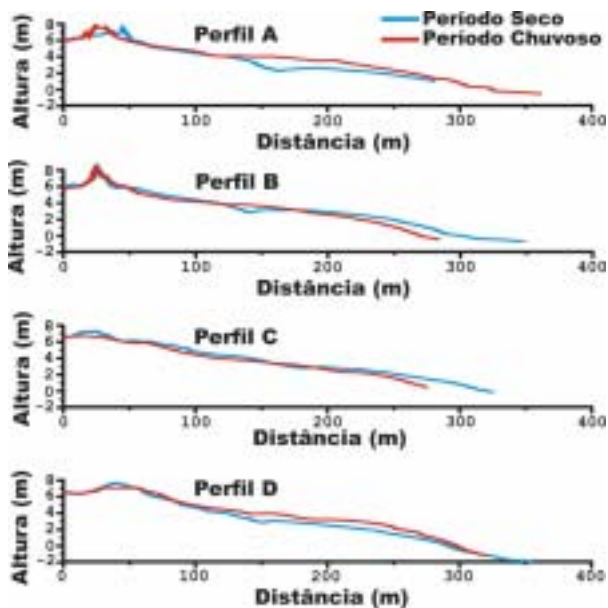


Figura 3 – Perfis topográficos do Setor I da praia de Ajuruteua.

Os perfis do Setor II (Figura 4) apresentam um perfil plano em ambos os períodos, sem a ocorrência do sistema de crista e calha (“*ridge and runnel*”), característico dos perfis I e III no período seco. A zona de intermaré superior apresenta uma largura média de 43m, sendo limitada, em todos os perfis, por uma escarpa praial de até 3m de altura, desenvolvida nas dunas frontais. O gradiente médio desta zona é de 1:46 ($tg\beta = 0,021$). A zona de intermaré média possui uma largura de 110m, e seu gradiente é de 1:60 ($tg\beta = 0,016$). A zona de intermaré inferior, por sua vez, apresenta-se suave com gradiente médio de 1:33 ($tg\beta = 0,030$). No período chuvoso, a morfologia dos perfis do Setor II, é quebrada pela erosão na escarpa praial, causando recuos de até 25m na linha de costa.

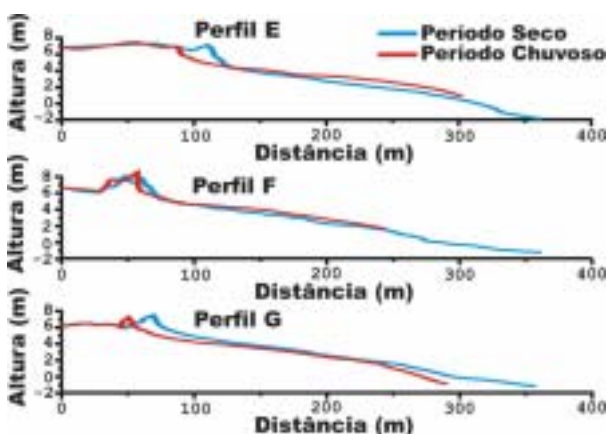


Figura 4 – Perfis topográficos do Setor II da praia de Ajuruteua.

Os perfis do Setor III (Figura 5) apresentam uma morfologia semelhante à dos perfis do Setor I. A zona de intermaré superior tem uma largura média de 45m e está limitada por um campo de dunas frontais de 1 a 1,5m de altura. No período chuvoso, porém, não ocorre erosão

deste campo de dunas, mostrando uma certa estabilidade deste segmento praial. O gradiente médio é de 1:40 ($tg\beta = 0,025$). A zona de intermaré média, por sua vez, apresenta uma largura de 98m, sendo seu gradiente de 1:52 ($tg\beta = 0,019$). Como nos perfis do Setor I, é caracterizada por apresentar um sistema de crista e calha (“*ridge and runnel*”) suave, paralelo à linha de costa. A calha, de aproximadamente 50cm de profundidade, ocorre a 100m da linha de maré alta de sizígia. No período chuvoso, como ocorre nos perfis do Setor I, a calha é preenchida, novamente, devido ao deslocamento da crista arenosa em direção à praia, causando o aplainamento da zona de intermaré média, com exceção do perfil J, onde observa-se a continuidade da morfologia da calha, que passa a atingir 40cm de profundidade. A zona de intermaré inferior apresenta-se com gradiente em torno de 1:41 ($tg\beta = 0,024$).

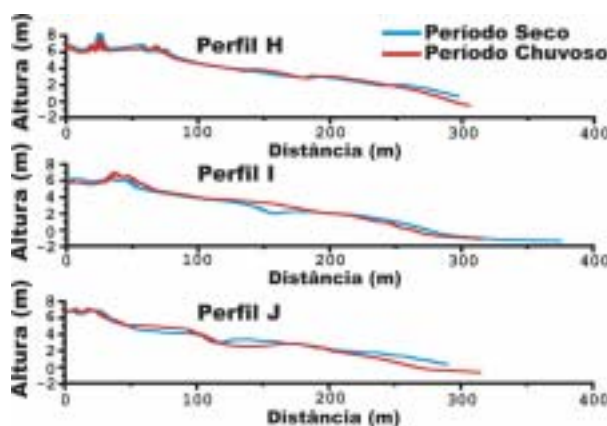


Figura 5 – Perfis topográficos do Setor III da praia de Ajuruteua.

Com base nos modelos propostos por GUZA & INMAN (1975), KOMAR (1983), WRIGHT & SHORT (1984) e MASSELINK & SHORT (1993), foi possível caracterizar as condições morfodinâmicas da praia de Ajuruteua através dos respectivos parâmetros que se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 – Características da praia de Ajuruteua em relação aos modelos existentes.

Modelos	Características Gerais	Praia de Ajuruteua	
		Período Seco	Período Chuvoso
GUZA & INMAN (1975)	Condições da zona de surfe	$\epsilon_{seco} = 25,28$	$\epsilon_{chuvoso} = 31,05$
KOMAR (1983)	Energia da praia	$\epsilon_{seco} = 1,25$	$\epsilon_{chuvoso} = 1,8$
WRIGHT & SHORT (1984)	Classificação de praias	$\Omega_{seco} = 6,95$	$\Omega_{chuvoso} = 8,3$
MASSELINK & SHORT (1993)	Níveis relativos de maré	RTR = 4,79	RTR = 4,79

Segundo o modelo de GUZA & INMAN (*op cit.*), que indica as condições morfodinâmicas da zona de surfe, usando a altura da onda incidente e um período fixo $T = 11s$, a praia de Ajuruteua apresentou no período chuvoso um valor de $\epsilon_{chuvoso} = 31,05$, o que coincide com o padrão de uma praia plana, com larga zona de surfe e ondas des-

lizantes, conferindo-lhe, assim, características dissipativas. O período seco, por sua vez, mostrou um valor $\epsilon_{\text{seco}} = 25,28$, indicando condições intermediárias da zona de surfe (banco e calha longitudinal) (Tabela 4).

De acordo com a equação sugerida por KOMAR (*op cit.*), para se estimar o nível de energia de uma praia, a praia de Ajuruteua apresentou valores entre $C_{\text{seco}} = 1,25$ e $C_{\text{chuvoso}} = 1,8$ (Tabela 4), caracterizando-a como praia de energia moderada.

O parâmetro Ω de WRIGHT & SHORT (1984), apresentou no período seco um valor de $\Omega_{\text{seco}} = 6,95$ e no chuvoso um valor de $\Omega_{\text{chuvoso}} = 8,3$. Ambos os valores, a classificam como praia dissipativa.

Os valores obtidos pelo modelo para praias de macromaré de MASSELINK & SHORT (1993) caracterizaram a praia de Ajuruteua como uma praia dissipativa sem bancos ($RTR = 4,79$; ($\Omega_{\text{seco}} = 6,95$ e $\Omega_{\text{chuvoso}} = 8,3$), valores estes aplicáveis apenas para o período chuvoso, quando ocorre o aplainamento da zona de intermaré.

3. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Para o período estudado, revelaram o padrão de variação sazonal típico de praias dissipativas, que mostra a alternância de formação de berma e barra arenosa com sistema de crista e calha ("ridge and runnel") (Figura 6).



Figura 6 – Morfologia do tipo "crista e calha" ("ridge and runnel") de relevo muito suave. Notar o banco (A) situado após a calha (B). Setor III.

Utilizando-se dos conceitos morfodinâmicos, constatou-se que na maior parte do tempo, a praia de Ajuruteua comporta-se como uma praia tipicamente dissipativa. Seu perfil transversal possui uma declividade suave (Figuras 3, 4 e 5), além de uma larga zona de surfe, em geral, apresentando mais de duas linhas de arrebentação, indicando a ocorrência de barras paralelas.

Parte dos sedimentos que constituem estas barras é transferida lentamente em direção à praia, onde passa a desenvolver, na zona de intermaré, uma morfologia do tipo "crista e calha" ("ridge and runnel") de relevo muito suave (Figuras 3, 5 e 6). Este estado morfológico é interrompido por eventos de alta energia, como marés equinociais de sizígia, associadas a ondas altas, que removem grande parte destas areias da praia para a zona de inframaré.

SOUZA FILHO & EL-ROBRINI (1998) observaram que a posição geográfica do NE do Pará, aliada a suas reentrâncias, e à grande extensão da Plataforma Continen-

tal Pará-Maranhão, proporciona o desenvolvimento de um ambiente de alta energia, dominado por macromarés semi-diurnas, ondas geradas por ventos alísios de NE, correntes de maré de vazante de SE-NW, e correntes de maré de enchente de NW-SE.

A praia de Ajuruteua é ambiente muito dinâmico, tendo sua morfologia relacionada a processos energia moderada a alta, devido, principalmente, às macromarés associadas com a ação das ondas. Durante estes eventos no período chuvoso há o aplainamento da zona de intermaré.

Foi constatada uma tendência sazonal das características morfológicas, condicionadas pela variabilidade no comportamento hidrodinâmico, ocorrendo uma predominância de perfis de acresção, no período seco, e perfis de erosão, durante o período chuvoso. Esta variação é refletida, principalmente, na variação de energia das ondas, que durante o período seco são moderadas, e mais energéticas, devido à ação das macromarés de sizígia, durante o período chuvoso.

A erosão ocorre em todos os três setores da praia, porém, o setor mais prejudicado, é o Setor II, que vem sendo submetido a um forte processo erosivo, devido à fortes ondas com alturas de até 1,5m, e uma amplitude de maré de aproximadamente 6m, que expuseram pousadas e casas de veraneio à erosão na zona de intermaré.

Estas condições propiciaram no Setor II um recuo de linha de costa de até 25m (09/1999-06/2000). Em certos trechos do Setor III, rompeu o campo de dunas frontais, formando um leque de transposição (Figura 7) sobre a zona de supramaré (pós-praia). Nos Setores I e II, no mesmo período, esta variação foi menor, e o recuo médio da linha de costa foi de 4 e 3m, respectivamente.



Figura 7 – Erosão causada no campo de dunas frontais, formando um leque de transposição. A seta mostra a duna rompida.

As observações de campo mostram que a praia de Ajuruteua apresenta dois "estados morfológicos" distintos. O primeiro "estado morfológico" é encontrado no período chuvoso, em função do grande poder erosivo das marés de sizígia associadas à ação das ondas. Desta forma, parte dos sedimentos das zonas de supramaré e intermaré são erodidos. As dunas frontais submetidas ao conjunto onda-maré sofrem erosão e passam a desenvolver escarpas de praia de 0,5 a 3m (Figura 8). Os sedimentos erodidos são depositados na zona de inframaré sob a forma de bancos arenosos, que migram da zona de intermaré para a zona de inframaré. Como configuração geral, o perfil praiado torna-se plano, apresentando as escarpas de praia como feições morfológicas maiores.

O segundo "estado morfológico" ocorre no período seco, quando os sedimentos removidos das zonas de supramaré e intermaré, são reincorporados à praia. Nesta situação, observa-se a migração do banco em direção da praia, a formação de uma morfologia do tipo "crista e calha" ("ridge and runnel") de relevo muito suave, a formação da berma praial, e os efeitos da atividade eólica, que transporta os sedimentos até as dunas frontais. Estes sistemas de crista e calha ("ridge and runnel"), desenvolvem-se, somente, na zona de intermaré média dos Setores I e III da praia de Ajuruteua.



Figura 8 – Processo de erosão atuante na praia de Ajuruteua. Notar a erosão a que estão submetidas as casas (A). Escarpa de erosão causada nas dunas frontais (B). Setor II.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará, através do Centro de Geociências e Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (CPGG).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Mestrado (Processo nº: 130643/1999-8), que permitiu o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Profs. Dr. Maâmar El-Robrini, Dr. Werner Truckenbrodt, Dr. Dieter Muehe, Dr. Pedro Walfir Martins e Sousa Filho, Dra. Carmena Ferreira de França, Msc. Marcos Gleidson Lima da Silva e Msc. Maria Helena Santos El-Robrini pelos comentários e importantes contribuições à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M.A.M.S. 2001. Morfodinâmica e Sedimentologia da praia de Ajuruteua – NE do Pará. Belém: Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 104p. (Dissertação de Mestrado).
- BIRKEMEIER, W.A. 1981. Fast, Accurate Two-Person Beach Survey. Coastal Engineering Technical Aid No. 81-11. U.S. Army, Corps of Engineers. Coastal Engineering Research Center - CERC. 19p.
- GUZA, R.T. & INMAN, D.L. 1975. Edge waves and beach cusps. *Journal of Geophysical Research*, 80 (21): 2997-3012.
- MASSELINK, G. & HEGGE, B. 1995. Morphodynamics of meso and macrotidal beaches: examples of central Queensland, Australia. *Marine Geology*. 129: 1-23.
- KOMAR, P.D. 1983. *Handbook of Coastal Processes and Erosion*. Florida, CRC Press. 297p.
- MASSELINK, G. & SHORT, A.D. 1993. The effects of the tide range on beach

- morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*. 9 (3): 785-800.
- MASSELINK, G. & SHORT, A.D. 1993. The effects of the tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, 9 (3): 785-800.
- MICHEL, D. & HOWA, H.L., 1999. Short Term Morphodynamic Response of a Ridge and Runnel System on a Mesotidal Sandy Beach. *Journal of Coastal Research*. 15 (2): 429-437
- MUEHE, D., 1998. Estado Morfodinâmico Praial no instante da observação: uma alternativa de identificação. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 46 (2): 157-169.
- SHORT, A.D. 1982. Morphodynamics of a macrotidal beach. *Marine Geology*. 50: 97-128.
- SOUZA FILHO, P.W.M. & EL-ROBRINI, M. 1998. As Variações do Nível do Mar e a Estratigrafia de Sequências da Planície Costeira Bragantina, Nordeste do Estado do Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra*. 10: 1-34.
- SOUZA FILHO, P.W.M. 2001. Análise Multitemporal e Multisensor (TM Landsat e Radarsat) da Dinâmica de Ambientes Costeiros dominados por macromaré na Planície Costeira Bragantina-Pará. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Tese (Doutorado em Geociências - Geologia Marinha e Sedimentologia). Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. UFPA. Belém. Pará. CD-ROM.
- WRIGHT, L.D. & SHORT, A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*. 56: 93-118.
- WRIGHT, L.D.; NIELSEN, P. SHORT, A.D. & GREEN, M.O. 1982. Morphodynamics of a macrotidal beach. *Marine Geology*, 50: 97-128.