



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

**MARCELO RODRIGO DOS ANJOS PENA**

**Modificações morfológicas de curto período em uma praia de  
macromaré do litoral Amazônico (Pará / Brasil)**

**Belém  
2011**

**MARCELO RODRIGO DOS ANJOS PENA**

**Modificações morfológicas de curto período em uma praia de  
macromaré do litoral Amazônico (Pará / Brasil)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Faculdade de Oceanografia da Universidade Federal do  
Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para  
obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Nils Edvin Asp Neto

**Belém**

**2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

P397m Pena, Marcelo Rodrigo dos Anjos

Modificações morfológicas de curto período em uma praia de macromaré do litoral Amazônico (Pará / Brasil) / Marcelo Rodrigo dos Anjos Pena; Orientador: Nils Edvin Asp Neto – 2011

45 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2010.

1. Sedimentologia. 2. Praia de macromaré. 3. Praia dos Pescadores. I. Asp Neto, Nils Edvin, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 20 ed.:551.3098115

---

Agradeço, primeiramente a Deus que sempre proporcionou grandes oportunidades em minha vida.

Tais oportunidades não seriam desenvolvidas, se não fosse pela presença expressiva, dos meus pais Luiz e Ângela Pena, companheiros, amigos de todas as horas em minha vida.

Agradeço ao meu orientador, Professor Nils Edvin Asp Neto, pela generosidade, conhecimento, paciência e sabedoria dedicados a mim e ao meu trabalho.

Agradeço as minhas irmãs Giselle e Débora, por sempre me reportarem ao real valor da família em nosso cotidiano.

Agradeço ao cunhado Fabio e a irmã e amiga Mariana pelo companheirismo e grande amizade.

Agradeço a minha esposa que esteve ao meu lado nos momentos bons e ruins, e sempre me incentivando e dando força para que eu terminasse meu trabalho, Te amo.

Ao meu filho Matheus, que mesmo sem saber foi grande incentivo para mim, obrigado por seu sorriso diário meu filho.

Aos meus Avós (in memoriam) para meu Vô Careca, Vô Bento e Vó Tereza, saudades mais que enormes, um dia nos veremos de novo. E para minha Vó Ruth, obrigado.

Ao Instituto de Estudos Costeiros – IECOS e ao Laboratório de Gerenciamento Costeiro – LAGECO pela infra-estrutura oferecida.

As “garotas” do LAGECO pela grande amizade e ajuda nos perfis, valeu mesmo galera.

Ao Paulo “preto” pelo acolhimento em Bragança e pela amizade fortalecida. Valeu pretito, conta sempre comigo.

As minhas grandes amigas Celly, Paulinha, Lora, Hyvana e Lygia que passaram 4 semestres me perturbando para acabar logo. Vocês fazem parte da minha vida. Amo vocês.

A Thika, Amandinha, Japinha, Tanajura, Sarita pelas risadas durante os 4 anos.

Ao Handerson, Torto, Preto Junior, Robert pelo companheirismo durante estudos e principalmente durante nossos jogos de futsal.obrigado amigos.

A turma de 2005, que apesar de algumas diferenças sempre se respeitou, valeu companheiros.

As pessoas que diretamente e indiretamente contribuíram para esse momento.

E para aqueles que por um acaso eu não mencionei, não se sintam menos agradecidos, é que são muitas pessoas importantes, assim como vocês, para compartilhar essa vitória. Obrigado a todos.

A meus pais, irmãs, esposa, filho, cunhado, cunhada, amigos e Nils que fizeram com que esse momento acontecesse, e mesmo depois de tantos atrasos continuaram confiando em mim e em meu sucesso.

## RESUMO

As características morfossedimentares e padrões morfológicos, sedimentares e hidrodinâmicos sazonais de diversas praias da costa norte paraense já foram estudadas por vários autores. Porém, os estudos sobre a dinâmica de curto período desses ambientes são escassos na literatura científica. Assim, o presente trabalho objetiva a verificação de sistemas atuantes, dominantes e/ou presentes na praia da vila dos pescadores de Ajuruteua, bem como a caracterização da praia em um curto período. Para tanto foram realizadas campanhas de campo por quinze dias consecutivos onde foram levantados perfis topográficos, juntamente com coletas de sedimento de superfície. O perfil topográfico foi levantado com a utilização de nível automático e mira, em dois locais distintos, numa região abrigada da ação de ondas, somente com influência de maré e numa região exposta à ação tanto de ondas quanto da maré. A coleta de sedimentos foi realizada na linha de baixa-mar por ser a região que apresenta maior fidelidade aos processos ocorrentes no local, tais como, ação das correntes, ventos e marés de enchente e vazante, assim as amostras foram coletadas no período de baixamar. Os resultados demonstraram que de forma geral o perfil exposto se apresentou erosivo e o abrigado deposicional ao longo do período analisado, ressaltando que as maiores variações foram episódicas em ambos os perfis, como resultado de oscilações climáticas. Os resultados obtidos também demonstram a relevância de variações morfossedimentares em escala de horas e dias em praias amazônicas, bem como a sua dependência do grau de exposição a ondas e ventos.

Palavras-chave: Sedimentologia. Praia de macromaré. Praia dos Pescadores.

## **ABSTRACT**

Morphosedimentary characteristics and morphological, sedimentary and hydrodynamic patterns of many beaches of Pará North coastal have been studied by many authors. But, studies about short period dynamics of these environments are rare in the scientific literature. Thus, this work aims the verification of active, dominant and/or present systems in Pescadores beach, as well the characterization of the beach in a short period. Field trips were held for fifteen consecutive days where topographic transects were made, along with collect of samples of surface sediments. Topographic transects were made using an automatic level, in two separated locations in an area sheltered from wave action, only with tidal influence, and in a region exposed to wave and tidal actions. Sediment collect was made at low tide line to be the region with the greatest fidelity to the processes occurring on site such as action of flood and ebb currents, winds and tides. Results showed that in general, the exposed transect presented itself an erosive region and the sheltered transect presented itself a depositional region, noting that the major changes were episodic in both profiles, as a result of climate oscillations. Results also demonstrate the relevance of morphosedimentary variations in hours and days scale of on beaches in Northern Brazil, as well as its dependence on the degree of exposure to wind and waves.

Key-words: Sedimentology. Macrotidal beach. Pescadores beach.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo, praia do Pescador, Bragança, Pará.....	14
Figura 23: Variações volumétricas calculadas para cada um dos perfis.....	37

## SUMÁRIO

<u>RESUMO.....</u>	<u>7</u>
<u>ABSTRACT.....</u>	<u>8</u>
<u>LISTA DE FIGURAS.....</u>	<u>9</u>
<u>1.INTRODUÇÃO.....</u>	<u>11</u>
<u>OBJETIVOS.....</u>	<u>13</u>
<u>GERAL.....</u>	<u>13</u>
<u>ESPECÍFICOS.....</u>	<u>13</u>
<u>ÁREA DE ESTUDO.....</u>	<u>14</u>
<u>METODOLOGIA.....</u>	<u>15</u>
<u>REVISÃO E SÍNTESE BIBLIOGRÁFICA.....</u>	<u>15</u>
<u>AQUISIÇÃO DE DADOS OCEANOGRÁFICOS E METEOROLÓGICOS.....</u>	<u>15</u>
<b><u>Medição de Marés.....</u></b>	<b><u>15</u></b>
<b><u>Medição de Ventos.....</u></b>	<b><u>15</u></b>
<u>ATIVIDADES DE CAMPO.....</u>	<u>15</u>
<u>ANÁLISE DOS SEDIMENTOS.....</u>	<u>16</u>
<b><u>Pipetagem 17</u></b>	
<b><u>Peneiramento a seco.....</u></b>	<b><u>19</u></b>
<b><u>Análise dos perfis de praia.....</u></b>	<b><u>19</u></b>
<b><u>Determinação e análise dos parâmetros estatísticos granulométricos.....</u></b>	<b><u>19</u></b>
<u>REFERENCIAL TEÓRICO.....</u>	<u>21</u>
<u>AMBIENTE PRAIAL OCEÂNICO.....</u>	<u>21</u>
<u>ASPECTOS GERAIS DO NE DO PARÁ.....</u>	<u>25</u>
<b><u>Estratigrafia.....</u></b>	<b><u>25</u></b>
<b><u>Geomorfologia.....</u></b>	<b><u>25</u></b>
<b><u>Vegetação 28</u></b>	
<b><u>Condições Meteorológicas.....</u></b>	<b><u>28</u></b>
<b><u>Condições Oceanográficas .....</u></b>	<b><u>30</u></b>

<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</u>	<u>34</u>
<u>HIDRODINÂMICA.....</u>	<u>34</u>
<u>MORFOLOGIA DO PERFIL PRAIAL.....</u>	<u>34</u>
<u>GRANULOMETRIA.....</u>	<u>37</u>
<u>CONCLUSÕES.....</u>	<u>43</u>
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>44</u>

## 1.INTRODUÇÃO

As praias são sistemas transicionais altamente dinâmicos e sensíveis, que constantemente ajuntam-se às flutuações dos níveis de energia locais e sofrem retrabalhamento por processos eólicos, biológicos e hidráulicos. Sua função ambiental é proteger a costa da ação direta do mar, uma vez que funcionam como uma faixa protetora quando respondem morfossedimentarmente àquelas flutuações (HOEFEL, 1998). Além de serem também ambientes amplamente utilizados para o lazer e turismo.

O estado morfodinâmico praias depende de uma série de fatores interdependentes que condicionam o “equilíbrio morfológico-dinâmico” do sistema. As características do regime de ondas incidentes, configuração morfológica da região costeira e da plataforma continental adjacente, variáveis do estoque sedimentar disponível e processos harmônicos produzidos pela ação das marés e correntes derivadas são condicionantes dos processos erosivos e deposicionais, atuantes no sistema (WESCHENFELDER; ZOUAIN, 2002).

A interação entre a energia proveniente dos ventos, ondas e correntes litorâneas com o material formador das praias determinam as características morfodinâmicas de um sistema praias (WRIGHT; SHORT, 1984). O regime das ondas é o maior responsável pelas variações temporais da zona de arrebentação, enquanto que as variações espaciais são consequências da interação das ondas com a topografia e com o tipo de movimento (TOZZI; CALLIARI, 2000).

O deslocamento de massa da zona de surfe gerado pela arrebentação das ondas pode estabelecer um sistema de corrente, cujo padrão depende basicamente do ângulo de incidência das ondas em relação à linha de praia. O sistema de correntes litorâneas induzidas pela ação das ondas inclui a corrente litorânea longitudinal e as correntes de retorno (TOMAZELLI, 1998).

Tipos diferentes de transporte de partículas são definidos pela velocidade do vento e tamanho do grão. Grãos que se movem muito próximos ao solo constituem cargas de sedimentos conhecidos como *bedload*. Este modo de transporte consiste de saltação, onde os grãos se movem para frente através de uma série de saltos, e tração superficial, em que os grãos rolam ou deslizam ao longo de uma superfície (PYE; TSOAR, 1990).

O segundo maior modo de transporte é a suspensão, em que as partículas são suspensas por um fluxo de ar turbulento e carregadas por grandes distâncias, sem entrar em contato com o solo (PYE; TSOAR, 1990).

A Zona Costeira Paraense é recortada por várias reentrâncias, formadas por baías flúvio-estuarinas, configurando um litoral de “rias”, que são caracterizadas por uma abundante comunidade biótica, que forma um macro sistema de manguezais, que bordeja as baías e os canais flúvio-estuarinos, perfazendo uma extensão em torno de 466,8 Km<sup>2</sup> (SOUZA FILHO, 1995). É também uma zona de praias exuberantes e de grande potencial turístico.

Diversos autores versaram sobre as características e padrões sazonais de praias da costa norte paraense (ALVES, 2001, ALVES; EL-ROBRINI, 2006; BARBOSA, 2007, BRAGA et al., 2007; SILVA, 2001). Porém, são escassos os estudos relevantes sobre a dinâmica de curto período desses ambientes.

O presente trabalho objetiva, a verificação de sistemas atuantes, dominantes e/ou presentes na praia da vila dos pescadores de Ajuruteua, bem como a caracterização da praia em um curto período de 15 dias entre uma maré de sizígia e outra de quadratura, nos dias 24/03/09 a 07/04/09.

## OBJETIVOS

### GERAL

Identificar e analisar as modificações morfológicas de curto período e os processos morfodinâmicos reguladores destas, em uma praia de macromaré na costa norte do Brasil.

### ESPECÍFICOS

- Levantar dados pretéritos relevantes ao estudo da morfodinâmica praial (marés, ondas, correntes, ventos, regime pluviométrico, etc.);

Identificar setores de deposição/acresção e erosão no período estudado;

- Qualificar o balanço sedimentar;
- Analisar as modificações morfológicas e sua relação com os processos costeiros;
- Identificar as características texturais dos sedimentos e suas prováveis variações ao longo do perfil praial.

## ÁREA DE ESTUDO

A península bragantina está localizada no litoral do Nordeste do Estado do Pará (Figura 1), na costa Norte do oceano Atlântico e estende-se desde a ponta do Maiaú até a foz do rio Caeté, apresentando uma linha de costa com cerca de 40 km. Situa-se entre as coordenadas  $00^{\circ}46'00''-1^{\circ}00'00''\text{S}$  e  $46^{\circ}36'00''-46^{\circ}44'00''\text{W}$ , perfazendo uma área de aproximadamente  $1.570 \text{ km}^2$  (SOUZA FILHO; EL-ROBRINI 1996). A praia da Vila dos Pescadores foi o local escolhido para coleta de dois perfis de praia (P1 e P2).

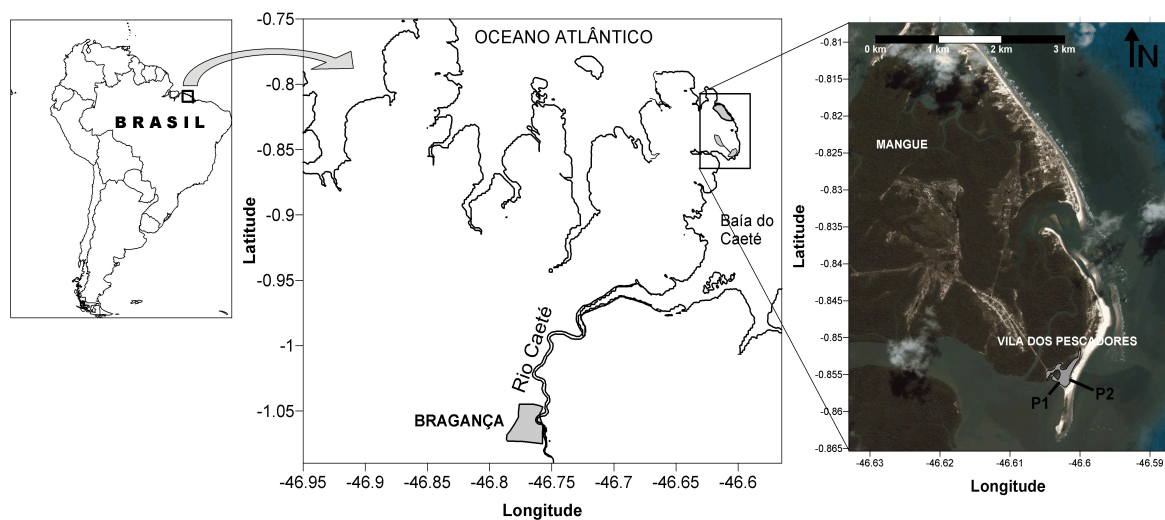


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo, praia do Pescador, Bragança, Pará.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área é do tipo Am2, sendo caracterizado por ser quente e úmido. O período chuvoso é bastante acentuado (dezembro a maio) apresentando pluviosidade média anual variando de 2.500 a 3.000 mm (MARTORANO et al., 1993), enquanto que o período menos chuvoso estende-se de junho a novembro.

Na Planície Costeira Bragantina a distribuição dos ambientes morfossedimentares está intimamente relacionada ao regime de macromarés, dominante nesta área (DHN, 1995).

Segundo Souza Filho e El-Robrini (2000), as praias arenosas de macromarés da região em estudo são planas, lineares e alongadas, tendo como limites os canais de maré e estuários, podendo ser compartimentadas, segundo os níveis de maré, em três zonas: zona de supramaré, intermaré (superior, média e inferior) e infra-maré.

## **METODOLOGIA**

### **REVISÃO E SÍNTESE BIBLIOGRÁFICA**

Foi realizado um levantamento bibliográfico da região estudada a partir de livros, dissertações de mestrado, teses de doutorado, trabalhos de conclusão de curso (TCC) e relatórios de projetos.

### **AQUISIÇÃO DE DADOS OCEANOGRÁFICOS E METEOROLÓGICOS**

#### **Medição de Marés**

Tendo por base níveis máximos (preamar) e mínimos (baixamar) calcula-se a diferença entre os valores obtidos para se obter a amplitude das marés, caracterizando a partir de então se a área é de micro, meso ou macromaré.

#### **Medição de Ventos**

Os dados de ventos (velocidade e direção) foram fornecidos pela estação meteorológica de Tracuateua.

### **ATIVIDADES DE CAMPO**

Durante o período de campo foram realizados perfis topográficos, juntamente com coletas de sedimento de superfície. O perfil topográfico foi levantado com a utilização de um nível automático e mira. Os perfis foram realizados em dois locais distintos, um localizado em uma região abrigada da ação de ondas, somente com influência de maré (P1) e outro numa região exposta à ação tanto de ondas quanto da maré (P2). A coleta de sedimentos foi realizada com o auxílio de um tubo PVC de 10 cm de altura por 8 cm de diâmetro, após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas para posterior análise em laboratório. A linha de baixa-mar foi escolhida para retirada dos sedimentos por

apresentar maior fidelidade aos processos ocorrentes no local, tais como, ação das correntes, ventos e marés de enchente e vazante, assim as amostras foram coletadas no período de baixamar.

## ANÁLISE DOS SEDIMENTOS

Em laboratório, as amostras sedimentares foram lavadas com água destilada e secas em estufas a 70°C. Tal procedimento foi realizado com o objetivo de evitar a aglutinação dos grãos e/ou possível alteração no peso da amostra, devido à umidade. Logo após este processo, foram quarteadas e divididas em alíquotas de 50g.

As alíquotas foram submetidas a peneiramento a seco, por um período de 10 minutos, através de um peneirador mecânico, com a utilização de peneiras com as seguintes malhas de abertura: 0,425; 0,355; 0,300; 0,250; 0,212; 0,180; 0,150; 0,125; 0,106; 0,090; 0,075 e 0,063 mm/mícron em intervalos de 0,25  $\Phi$ , sendo colocadas verticalmente da maior para a menor aberturas. Em seguida foi realizado outro processo de análise granulométrica para a fração de sedimentos finos, o método da Pipetagem (Figura 2).

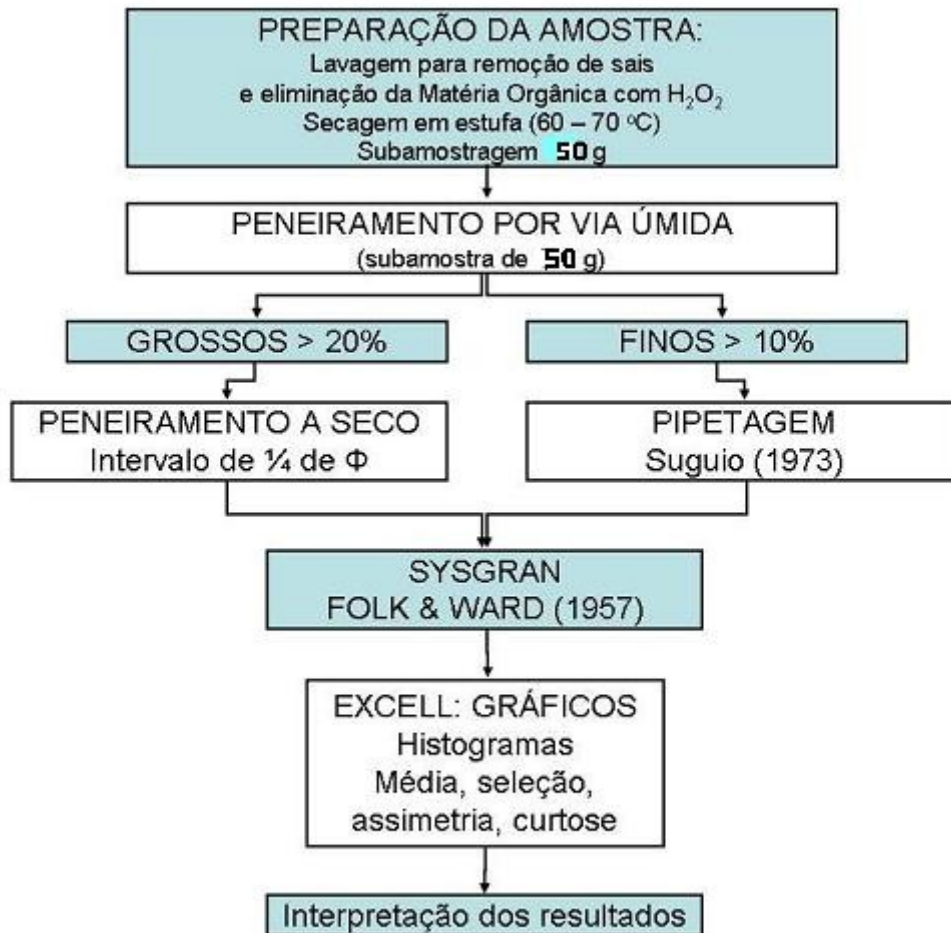


Figura 2: Processamento das amostras sedimentares em laboratório.

## Pipetagem

A técnica de pipetagem, segundo a proposta de Sugio (1973), tem por objetivo separar frações granulométricas muito finas como silte e argila. Tal técnica relaciona o diâmetro e a velocidade de decantação de partículas esféricas pequenas em suspensão em um fluido, conforme a lei de Stokes.

Essa metodologia marca o tempo de sedimentação e a profundidade onde essa partícula foi coletada pela pipeta considerando uma temperatura ambiente de 24°C constante durante toda a pipetagem. Conforme o quadro abaixo (Figura 3):

PIPETAGEM	Diâm. dos Grãos		Prof. Da Pipeta	Temperatura e Cronometria			
	Phi	mm		16°C	20°C	24°C	28°C
	4	0,0625	20	20s	20s	20s	20s
	5	0,031	10	2m09s	1m57s	1m46s	1m37s
	6	0,0156	10	8m29s	7m40s	6m58s	6m22s
	7	0,0078	10	34m	31m	28m	25m
	8	0,0039	10	2h15m	2h03m	1h51m	1h42m
	9	0,0020	5	4h18m	3h53m	3h32m	3h14m
	10	0,00098	7	25h05m	22h41m	20h37m	18h50m

**Figura 3: Tempo de sedimentação das partículas durante o processo de pipetagem**  
**Fonte: Suguio (1973).**

Para homogeneizar o material fino, foi utilizado um agitador manual durante 2 minutos até o momento em que as partículas foram regularmente distribuídas no fluido. Após o término da agitação, o material permaneceu em repouso por 20 segundos e foi realizada a 1ª coleta de subamostra (10 ml) com o auxílio de uma pipeta graduada, a qual continha as frações granulométricas referentes à lama, definidas como < 0,063 mm, logo após o material foi colocado em um Becker, o qual foi previamente pesado para ser levado à estufa.

A amostra foi submetida novamente à homogeneização. Após o término da agitação o material permaneceu em repouso por cerca de 1h 51 min (SUGUIO, 1973). Após esse período foi realizada uma 2ª coleta de subamostra, onde o material permaneceu em repouso num Becker. Cada subamostra permaneceu por aproximadamente 24 h na estufa. Após a secagem, o material foi pesado e o peso do sedimento foi obtido da seguinte forma, uma vez que o peso do Becker era conhecido (Figura 4):

$$\text{Peso do sedimento} = \text{Peso do becker com sedimento} - \text{Peso do Becker}$$

**Figura 4: Fórmula para obtenção do peso da amostra seca.**

Dessa forma foi possível realizar os cálculos dos percentuais de silte e argila em cada amostra que continha lama, a seguir os valores foram interpretados estatisticamente juntamente com os percentuais de areia.

### **Peneiramento a seco**

Com o auxílio de um agitador mecânico, as amostras foram peneiradas no laboratório seguindo a metodologia proposta por Lindholm (1987). As amostras foram peneiradas durante cerca de 10 minutos em coluna de peneiras ajustadas em intervalos de  $\frac{1}{4}$  de phi, sendo o valor de -2 phi a maior abertura na malha e 4 phi a menor, segundo a escala Wentworth (1922).

### **Análise dos perfis de praia**

Para determinar a morfologia praial e o cálculo do balanço do volume sedimentar foram realizados nivelamentos topográficos. O processamento dos dados de perfil de praia foi realizado através dos programas Surfer® 8.0 (Golden Software) e Excel® 2003 (Microsoft).

### **Determinação e análise dos parâmetros estatísticos granulométricos**

De acordo com a classificação de Folk e Ward (1957) para a análise dos parâmetros estatísticos granulométricos, os dados relativos foram armazenados em planilhas obtidas através do Microsoft Excel e foram posteriormente processados no software SysGran® 2.4, desenvolvido por Camargo (2005) onde os parâmetros estatísticos granulométricos foram calculados. Neste trabalho utilizam-se os seguintes parâmetros: mediana, seleção e assimetria.

- Mediana: se situa entre o valor correspondente à maior frequência de ocorrência de um dado tamanho granulométrico (MUEHE, 2002).
  
- Seleção (desvio padrão): descreve a dispersão em relação à média (MUEHE, 2002).

- Assimetria: descreve se a curva é ou não simétrica, e, sendo assimétrica, para que lado se inclina a cauda mais longa da curva (MUEHE, 2002). Assimetria negativa: direção aos sedimentos mais grossos. Assimetria positiva: direção aos sedimentos mais finos.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### AMBIENTE PRAIAL OCEÂNICO

As praias são regiões altamente dinâmicas e sensíveis a variações morfológicas intensas que compõem o ambiente frontal de vários sistemas costeiros, como deltas, estuários e lagunas. Essas variações morfológicas originam características distintas onde estas, por sua vez, refletem o agente modificador predominante, por exemplo, ondas e marés, como também podem refletir a peculiaridade dos sedimentos que compõe as praias, principalmente a granulometria, geralmente arenosa.

De acordo com Reineck e Singh (1980) o termo praia pode ser definido como uma parte do grande ambiente marinho costeiro, tipicamente transicional, a qual caracteriza-se, particularmente, pela interação direta dos processos geológicos que ocorrem no mar e no continente. Outra definição foi dada por Suguio (1992) que considera a praia como sendo uma zona perimetral de um corpo aquoso, composto de material inconsolidado, em geral arenoso, que se estende desde o nível de baixamar média para cima, até a linha de vegetação permanente (limite de ondas de tempestade) ou onde há mudanças na fisiografia.

O termo ambiente praial é mais abrangente do que praia no sentido de envolver áreas que comumente o termo praia não envolve. Isto é, o ambiente praial envolve áreas permanentemente submersas, encontradas além da zona de arrebentação, onde até mesmo as ondas mais fortes já não são os agentes mobilizadores e selecionadores dos sedimentos arenosos, e se estende até a faixa de dunas, que em geral garante as praias arenosas.

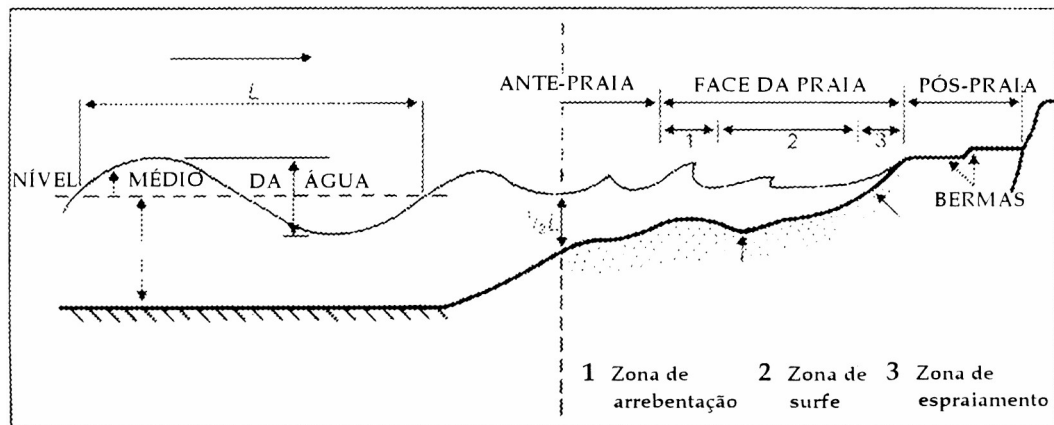
O equilíbrio praial é obtido através da relação entre o aporte de sedimentos e a capacidade de transporte litorâneo. Se uma quantidade de areia for maior do que aquela que pode ser transportada pela força das ondas é levada até a costa, a praia tenderá a acumular areia, ocorrendo assim o processo de sedimentação costeira; caso contrário, se o aporte de sedimentos for menor, a praia sofrerá erosão.

O ambiente praiial pode ser subdividido quanto à sua morfologia, no entanto existem muitas divergências na literatura. Neste trabalho utilizou-se a terminologia sugerida por Tessler e Mahiques (2000) e por Short (2003). Quanto a sua morfologia o ambiente praiial pode ser dividido em três zonas (Figura 5):

- I) Ante-Praia (*Offshore zone*): Zona permanentemente coberta pelas águas. Seu início é marcado pelo nível mínimo da maré de sizígia. Pode ser caracterizada por bancos longitudinais paralelos à linha de costa e calhas.
- II) Face da Praia (*Nearshore zone*): Zona litorânea exposta durante a maré baixa e submersa durante a maré alta. Seus limites são marcados pelo nível máximo de maré de sizígia e pelo nível mínimo de maré de sizígia. Pode ser caracterizada por apresentar um ou mais bancos longitudinais. Neste subambiente a declividade é suave em relação ao mar.
- III) Pós-Praia (*Backshore*): Zona compreendida a partir do nível máximo de maré de sizígia até o início das dunas fixadas por vegetação. Esta zona é somente atingida pelo mar durante ondas de tempestade ou em marés excepcionais. Segundo Mendes (1992), na porção inferior podem ocorrer os bermas que representam uma estratificação suave em direção ao continente.

O ambiente praiial pode ser subdividido hidrodinamicamente em três zonas:

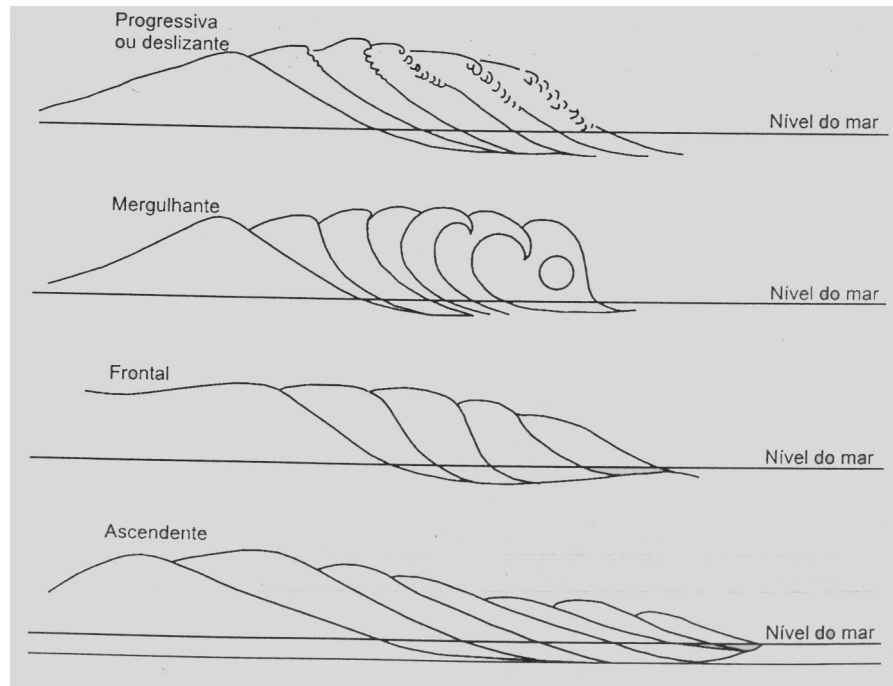
- I) Zona de Arrebentação (*Breaker zone*): Zona na qual ocorre a quebra das ondas. Esta zona compreende um conjunto relacionado com o número de bancos e calhas existentes na praia, podendo assim haver mais de uma zona de arrebentação nas praias. Com isso, considera-se zona de arrebentação a região situada entre a arrebentação mais distante e a mais próxima à costa.
- II) Zona de Surfe (*Surf zone*): Zona onde as ondas “deslizam” até se dissiparem completamente. Está compreendida entre a zona de arrebentação e a zona de espraçamento,
- III) Zona de Espraçamento (*Swash zone*): Zona caracterizada por ser uma região entre a máxima e a mínima excursão da onda sobre a face da praia. Após esta zona pode ocorrer uma feição deposicional de sedimentos denominada berma, onde a ação das ondas está relacionada a essa deposição. De acordo com o nível da maré, esta zona alterna-se em períodos secos e molhados.



**Figura 5: Zonagem morfológica e hidrodinâmica do ambiente praiial**  
**Fonte: (modificado de Cooke & Doornkamp, 1990).**

As ondas quebram ao se aproximarem da linha de praia, de acordo com Galvin (1968), com base na declividade da praia, da altura e do comprimento da onda, podem ocorrer quatro tipos de arrebentação (Figura 6):

1. Progressiva ou Deslizante (*Spilling*): Ocorre em praias com baixa declividade, onde a onda empina-se gradualmente para então “deslizar” pelo perfil praiial, dissipando assim, sua energia através de uma larga faixa.
2. Mergulhante (*Plunging*): Ocorre em praias com declividade moderada a alta, neste tipo, a onda empina-se abruptamente e quebra violentamente formando um tubo, dissipando assim, sua energia através de um turbilhão de alta turbulência sobre uma pequena porção do perfil praiial.
3. Frontal (*Collapsing*): Ocorre em praias de inclinação abrupta, sendo este o tipo mais difícil de identificar. Considera-se um tipo intermediário entre os tipos mergulhante e ascendente.
4. Ascendente (*Surging*): Ocorre em praias com declividade muito alta, o que faz com que a onda não quebre propriamente. A onda ascende sobre a face praiial e interage com o refluxo das ondas anteriores.



**Figura 6: Principais formas de arrebentação das ondas.**  
**Fonte: BAPTISTA NETO, et al. (2004)**

A classificação de praia com base no seu estado morfodinâmico utilizada nesse trabalho foi a proposta por Wright e Short (1984), onde sugere-se a existência de três grandes grupos:

1. **Praias Reflectivas (*Reflective Beaches*):** São praias que possuem declividade alta ( $> 3^\circ$ ), sua zona de espraiamento é restrita, visto que as ondas quebram muito próximas da costa, apresentando uma altura constante, em geral não ultrapassando 0,5 m. Quanto à granulometria, são compostas por areia média a grossa.
2. **Praias Intermediárias (*Intermediate Beaches*):** São praias que podem apresentar comportamento reflectivo durante a preamar, e comportamento dissipativo durante a baixamar. Sua ocorrência se dá onde as ondas são de moderadas a altas (1 a 3 m), e sua granulometria é composta por sedimentos médios a finos.
3. **Praias Dissipativas (*Dissipative Beaches*):** São praias localizadas em áreas de alta energia, onde as ondas são altas e muito frequentes. Sua característica morfológica principal é o sistema crista-e-calha e são compostas granulometricamente por areias finas.

## ASPECTOS GERAIS DO NE DO PARÁ

### **Estratigrafia**

O nordeste paraense, geologicamente, é formado por sedimentos da Formação Barreira de idade Terciária, localizados principalmente nas áreas mais internas de seu território, pelos sedimentos da Formação Pós-Barreira, e pelos sedimentos recentes (Quaternário), localizados na zona litorânea.

A Formação Barreiras é constituída de sedimentos continentais, argilosos, arenosos, a conglomeráticos, de coloração amarelada a alaranjada, com níveis de arenito ferruginoso, pouco consolidado. Apresenta estratificações acanaladas e sigmoidais e é portadora de fósseis vegetais e animais.

O termo “Pós-Barreira” foi introduzido na literatura regional por Silva e Lowenstein (1968), para designar os sedimentos amarelados imediatamente acima do Grupo Barreiras. O Pós-Barreiras é representado por sedimentos arenosos inconsolidados, esses depósitos sedimentares repousam sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, sendo a separação dessas unidades marcada por uma discordância erosiva. Estes sedimentos são areno-argilosos com a coloração variando de creme-amarelado, amarelo-alaranjado a totalmente brancos.

De acordo com Rossetti et al., (1989), a deposição dos sedimentos não consolidados pertencentes ao Pós-Barreiras está relacionada à atuação de movimentos gravitacionais, associados à dissipação de dunas na faixa litorânea.

Os sedimentos recentes, também chamados de sedimentos do Quaternário, são representados por sedimentos como areias, siltes e argilas pleistocênicos do Pós-Barreiras e pelos depósitos da planície aluvionar, tanto estuarina como costeira, contendo uma cobertura sedimentar recente.

### **Geomorfologia**

Segundo Barbosa e Pinto (1973), o relevo litorâneo do município de Bragança sugere que a costa apresenta-se em submersão, semelhante ao quadro regional de “rias” do NE do Pará, representadas por vales afogados, obliterados pela sedimentação pelítica flúvio-marinha.

#### - Planalto Rebaixado da Amazônia

Das diversas formas de relevo encontrado na área, uma parcela significativa faz parte do Planalto Rebaixado da Amazônia, onde estão presentes as formações do Grupo Barreiras e os depósitos pleistocênicos do Pós-Barreiras; sua cobertura vegetal é do tipo floresta secundária (capoeira).

Dentre os tipos de relevo, destaca-se o sistema de relevo colinoso, onde refere-se a colinas extensas de topo plano, localmente arredondadas, com formas irregulares. São consideradas de pequena amplitude tendo valores de declividade menores que 5%, além de não apresentarem cotas que ultrapassam 60 m. Esta unidade ocorre em diversas áreas no município.

#### - Planície Flúvio-Marinha

A planície costeira é uma extensa área de terras baixas e planas, situada ao longo do litoral, possuindo 620 km de comprimento e cerca de 100 km de largura. Sua formação remonta ao Cretáceo Inferior, época de abertura do Oceano Atlântico.

O Sistema de Planície Costeira é representado por diversas formas, tais como, cordões litorâneos, praias, dunas, barras emersas e bancos pré-litorais. Estes são terrenos relativamente planos e, na orla litorânea, apresentam descontinuidades.

O Sistema de Terraço Marinho é representado por superfícies aplainadas por agradação. Em função da dinâmica das marés, atualmente, esse sistema sofre, em parte, efeitos erosivos.

Esta unidade regional é compartimentada em três unidades geomorfológicas: (1) planície aluvial, com canal fluvial, diques marginais e planície de inundação; (2) planície estuarina, com canal estuarino, subdividido em curso superior, segmento reto, segmento meandrante e funil estuarino e (3) 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-barreira (*barrier-beach ridge*) e cheniers.

#### - Manguezais

São extensas áreas lamosas, densamente recobertas por vegetação características de manguezais, que chegam a ultrapassar 20 km de largura. Ocorrem na planície costeira, desde o nível médio de maré alta de sizígia, até as porções mais inferiores, que ficam sob a água, podem ser individualizados em: manguezais de supramaré, manguezais de intermaré e manguezais de inframaré (SOUZA FILHO, 1995).

Os manguezais são ambientes que sofrem influencia das marés, caracterizados por terrenos baixos quase horizontais, desenvolvem-se nas baías estuarinas e recortadas por córregos e canais de maré, além de apresentarem intensa bioturbação e fitoturbação.

Os manguezais são os limites que bordejam a praia além de serem encontrados na porção interna, junto aos cheniers e os depósitos arenosos das praias-barreira.

#### - Chenier

São paleocordões duna-praia dentro da planície lamosa de manguezais, isolados dos processos costeiros por uma planície lamosa subsequente. São caracterizados por depósitos arenosos finos, esbranquiçados, de geometria linear e curvada em contato com os manguezais.

#### - Dunas

As dunas tem forma linear, às vezes piramidal, e são transversais à direção principal do vento. Estas dunas estão recobertas total ou parcialmente por vegetação. As dunas são depósitos de sedimentos arenosos da zona de intermaré, resultado do transporte eólico desses sedimentos na condição de maré baixa, causando migração destes depósitos em direção aos manguezais.

Estão distribuídas em toda a linha de costa e separam as praias dos manguezais. São constituídas por areias finas a muito finas, localizadas principalmente na porção inferior.

#### - Deltas de Maré

São barras arenosas coalescentes, normais à costa, expostas durante a maré baixa e recortadas por canais de maré rasos. Este sistema contém uma variedade

de formas de leito, entre elas, marcas onduladas em varias escalas e “*sand waves*”. São constituídas por areias finas a muito finas, bem selecionadas, contendo fragmentos de conchas (ALVES, 2001). Os deltas de maré ocorrem nos limites dos canais de maré e configuram deltas de maré vazante, com suas barras e canais associados.

#### - Praias-Barreiras

São elevações arenosas, que se estendem desde o cordão de dunas vegetadas até a linha média de maré baixa de sizígia, caracterizam as áreas mais dinâmicas da planície costeira.

Esta unidade margeia as áreas de manguezais interiores e é influenciada pelos processos de macromarés semidiurnas. É constituída essencialmente por cordões lineares, estes por sua vez, são constituídos de areias quartzosas unimodais finas, bem selecionadas, com fragmentos de conchas, plantas e outros organismos.

### **Vegetação**

Na área em estudo, ocorre a presença de vegetação de mangues, ocupando a planície costeira, penetrando em direção ao continente ao longo dos canais estuarinos. Esta vegetação é constituída apenas por comunidades típicas, visto que, estão instaladas nas áreas de influencia de águas salinas e salobras. Os gêneros predominantes na área são *Rhizophora sp.* (“mangue-vermelho”), *Avicenia sp.* (“mangue-seriba”ou “mangue-siriúba”) e *Laguncularia sp.* (“mangue-branco”).

### **Condições Meteorológicas**

#### - Clima

O clima do Município está inserido na categoria equatorial Amazônico, sendo classificado como Am2, segundo a classificação de Köppen (Figura 7). Caracteriza-se por alta umidade, com valores relativos médios anuais em torno de 80% a 90%, e quente com temperaturas elevadas e relativamente estáveis, com uma média de 27° C. Apresenta pequena amplitude térmica, isto é, pouca variação anual de

temperatura. A homogeneidade térmica apresenta um contraste com a variabilidade espacial e temporal das chuvas.

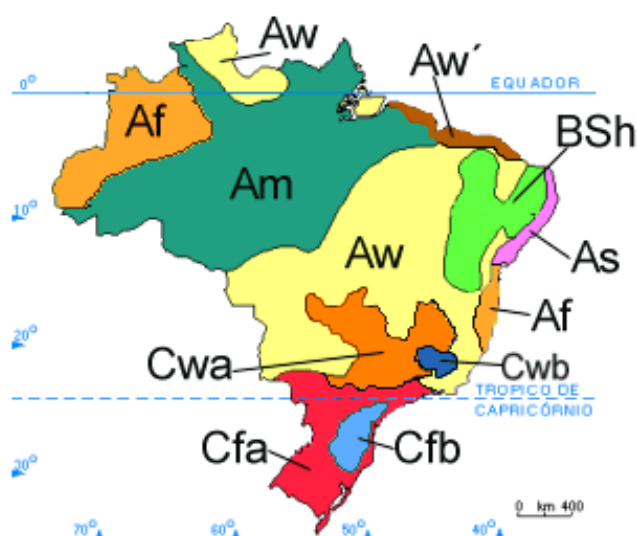


Figura 7: Classificação de Koppen, 1990.

As precipitações são abundantes, com valores entre 2.000 e 2.500 mm anuais. Valores máximos são observados no litoral com precipitações superando o valor de 2.500 mm anuais. Estes máximos apresentam ciclos anuais bem distintos, com uma estação de estiagem, correspondente aos meses de julho a dezembro, e outra chuvosa, nos meses de janeiro a junho, e são em primeira instância, efeito do posicionamento da ZCIT próximo ao litoral, o que aumenta a precipitação desde o verão até o outono.

Além disso, as Linhas de Instabilidade dão origem a sistemas precipitantes, o que ocasiona precipitação durante todo o ano na região. Essas Linhas de Instabilidade tem origem devido à circulação de brisa marítima. O regime de chuvas também sofre influência de outros fenômenos como o El-Niño e La-Niña.

#### - Ventos

Na marcha sazonal da circulação atmosférica da faixa litorânea Norte não ocorre muitas variações. Os ventos seguem essencialmente a circulação de grande escala, predominando a direção leste, ocorrendo uma ligeira variação desta direção para nordeste na foz do rio Amazonas.

A velocidade dos ventos aumenta consideravelmente nos meses de primavera e início do verão, isto ocorre devido a influência dos ventos alísios que passam a atingir com maior intensidade a região tropical. Esses ventos, usualmente, são caracterizados como sendo uma previsão do aumento das precipitações, e são definidos por apresentarem um perfil próximo à superfície.

O fluxo do vento predominante de leste, atinge uma velocidade média em torno de 5 m/s. Em consequência do efeito de brisa ser acentuado, a velocidade do vento aumenta com a proximidade do litoral. Existem dois tipos de brisas, as marítimas e as terrestres, a ocorrência destas é devido ao contraste térmico da terra com o mar, e sua intensidade é de acordo com as estações do ano.

Durante o período chuvoso, os ventos da brisa marítima são menos fortes, devido ao aumento de precipitação na região, o que faz diminuir o contraste térmico entre o continente e o oceano, neste período, o continente fica menos aquecido. Já no período menos chuvoso ocorre o contrário, o continente fica mais aquecido, implicando num diferencial de temperatura maior entre o continente e o oceano, tendo como consequência o aumento da velocidade do vento.

## **Condições Oceanográficas**

### **- Ondas**

A maioria das ondas é gerada pelos ventos e atua como importante agente de energia, sendo a principal causa de erosão e gerando diversos tipos de correntes e diferentes padrões de transporte de sedimentos. Desta forma, a morfologia dos perfis de praias arenosas, em uma determinada região, é definida em função do nível energético das ondas.

As ondas modificam a morfologia das praias baseadas na ascensão dos grãos de areia pela turbulência que acompanha a passagem de uma onda e a queda destes mesmos grãos sobre o fundo, quando a onda não exerce mais força ascensional sobre ele. Cada vez que o grão é erguido do substrato vai ocupar um lugar diferente. Em função do remanejamento dos grãos arenosos, a configuração da praia sofre sucessivas transformações topográficas e sedimentológicas (EL-ROBRINI, 2001).

A formação das ondas oceânicas se dá pela ação dos ventos, que ao soprar sobre a superfície do mar, dão origem a pequenas ondas capilares. Essas pequenas ondas vão se somando, caso a ação do vento se mantenha, produzindo assim ondas maiores. Uma vez geradas, as ondas viajam mantendo sua trajetória mesmo depois de cessada a influência do vento.

Em função da origem das ondas, as mesmas apresentam características relacionadas ao fator que as formam, os ventos. Apresentam variações nas suas características de acordo com a intensidade ou velocidade do vento, o período de tempo (duração) em que o vento sopra e a extensão da área de atuação do vento.

Estas propriedades estão associadas ao tipo de fenômeno meteorológico. No litoral norte as ondas estão associadas à influência dos ventos alísios onde apresentam, em regra geral, alturas abaixo de 1 m na região em estudo, de acordo com os dados do CPTEC/INPE.

#### - Marés

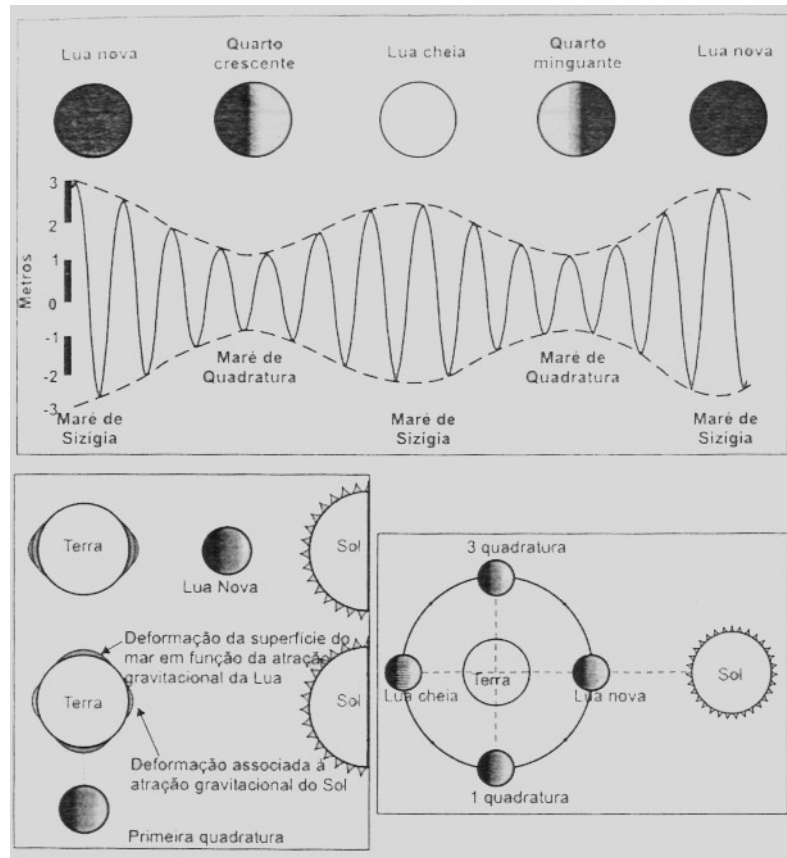
Maré é a oscilação vertical da superfície do mar ou outra grande massa d'água sobre a Terra, formada através da ação combinada de forças de atração gravitacional entre Terra, Lua e Sol, em equilíbrio. Além da força centrífuga originada pelos movimentos de rotação em torno do centro de massa do sistema Sol-Terra-Lua, cuja localização é no interior da terra, a uma distância de aproximadamente um quarto do raio da Terra.

A atração gravitacional dominante sobre as marés é a da Lua, pois apesar de ter a menor massa em relação ao Sol, encontra-se mais próxima à Terra, intensificando o efeito gravitacional.

Durante um dia solar (24 horas) ocorre uma revolução completa da terra em torno de seu eixo. Neste mesmo período a lua girou cerca de 12,2° para leste, o que faz com que se necessite de um período adicional de 50 minutos para que o mesmo ponto fixo na superfície da terra alinhe-se novamente com o meridiano lunar. Com isso um dia lunar possui 24 horas e 50 minutos e em consequência, em dias sucessivos ocorre uma defasagem de cerca de 50 minutos para o nível de maré para o mesmo local fixo na terra.

As forças de atração da Lua e do Sol se somam e se opõem duas vezes em cada lunação. Quando se somam, no caso da Lua Nova e da Lua Cheia, produzem

marés de sizígia, com preamares (PM) muito altas e baixa-mares (BM) muito baixas. Quando se opõem, no caso do quarto crescente e quarto minguante da Lua, produzem marés de quadratura, com preamares mais baixas e baixa-mares mais altas (Figura 8).



**Figura 8: Ciclos de maré de sizígia e quadratura associados às fases da Lua.**  
**Fonte: Baptista Neto et al. (2004)**

O padrão normal de marés é a ocorrência de duas PM e duas BM no período de um dia lunar (24h 50m). Este tipo de maré é chamado de semidiurna. As marés diurnas constituem um padrão no qual ocorrem apenas uma PM e uma BM a cada dia lunar. Já as marés mistas constituem um tipo de maré no qual as oscilações diurnas e semidiurnas são fatores importantes, caracterizada por grandes diferenças de altura entre duas PM ou duas BM consecutivas. Há, normalmente, duas PM e duas BM a cada dia, mas ocasionalmente a maré pode tornar-se diurna.

No nordeste do Pará, a predominância é de macromarés semidiurnas, com amplitudes variando de 4 a 6 m (DHN, 1995) (Figura 9).

Est. Maregráfica <sup>Mare (cm)</sup>	MHWS	MLWS	MHWN	MLWN
Ilha dos Guarás	3.65	0.52	3.14	1.03
Salinópolis	5.03	0.46	3.91	1.58

**Figura 9: Catálogo das marés (em m) no litoral do Pará para o ano de 2002.  
Fonte: FEMAR, 2002.**

#### - Correntes de Marés

Corrente de maré é o movimento horizontal da massa líquida, gerado pela ação das componentes das forças geradoras da maré, preliminarmente. Em função disto, resulta o movimento vertical do nível do mar, ou seja, a maré. Com isso, tem-se uma coexistência das marés e das correntes de marés, como sendo efeitos de uma mesma causa.

As correntes de marés causam mudanças do nível da água, resultando na inundação periódica das planícies de marés e manguezais. A importância dessas correntes de marés no transporte e, em função disto, na modelagem da linha de costa faz com que a identificação das características da maré possa servir como fonte de informação para o estudo dos ambientes de sedimentação costeira.

As correntes de marés atuam durante todo o ano. Próximo ao litoral, predominam as correntes de maré reversas onde estas agem perpendicularmente a costa. São responsáveis pela formação dos inúmeros bancos de areia, que se dispõem perpendicularmente à costa, na área offshore.

As correntes induzidas pelos ventos alísios na direção NE e E transportam grandes quantidades de sedimentos pelíticos e arenosos da plataforma continental interna, em direção a costa e é responsável pela orientação das ondas, que atingem a linha de costa com um ângulo de 45°, estabelecendo um fluxo paralelo à linha de costa, gerando as correntes de deriva litorânea "*longshore currents*", que transportam sedimentos no sentido EW (MÁCOLA; EL-ROBRINI, 2004).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### HIDRODINÂMICA

Através de dados previstos de maré para o fundeadouro de Salinópolis (DHN 2009), a 70 km da área de estudo (Figura 10), pode-se observar que na região de estudo predomina um regime de maré semidiurna, de meso a macromarés. Durante o período de quadratura as componentes diurnas ganham maior significância.

Os valores de altura de maré oscilaram de cerca de 4,8 metros durante a sizígia, até valores de 2,3 metros na quadratura. Em função desta importante oscilação, mudanças morfo-sedimentares significativas eram esperadas.

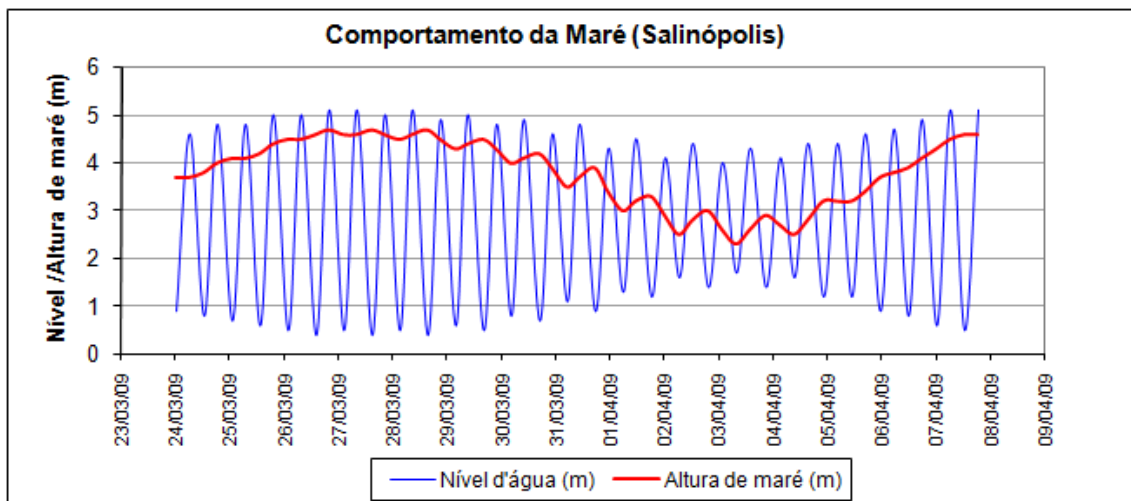
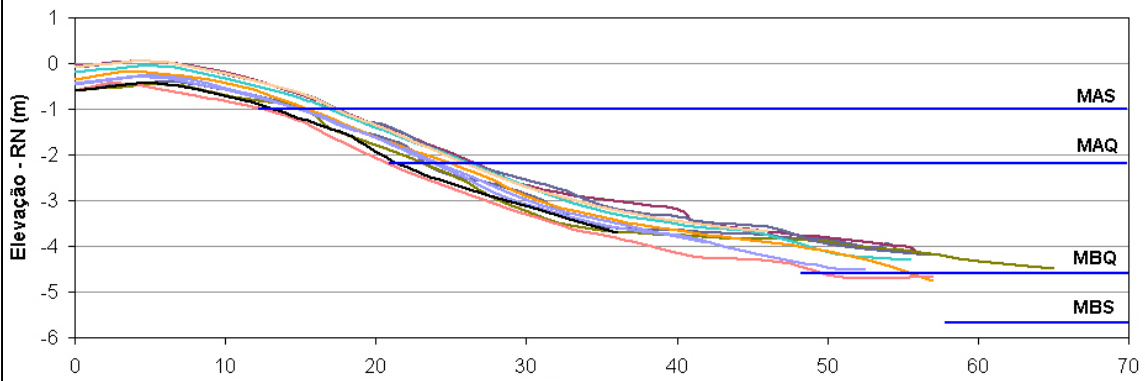


Figura 10: Nível d'água e altura de maré medidas na área de estudo.

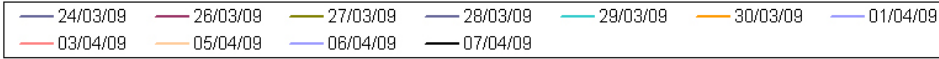
### MORFOLOGIA DO PERFIL PRAIAL

Analisando os perfis topográficos levantados durante os 15 dias de campo, observou-se que tanto o perfil abrigado quanto o exposto mantiveram morfologia semelhante ao longo do período de amostragem. O perfil abrigado apresentou forma côncava nas zonas de supramaré e intermaré superior e convexa na zona de intermaré média. O perfil exposto apontou a presença de um pequeno berma na zona de supramaré. A zona de intermaré superior apresentou-se com morfologia convexa e, na zona de intermaré média foi observada a ocorrência de um sistema barra/calha que permaneceu por todo o período de amostragem. Diferente do

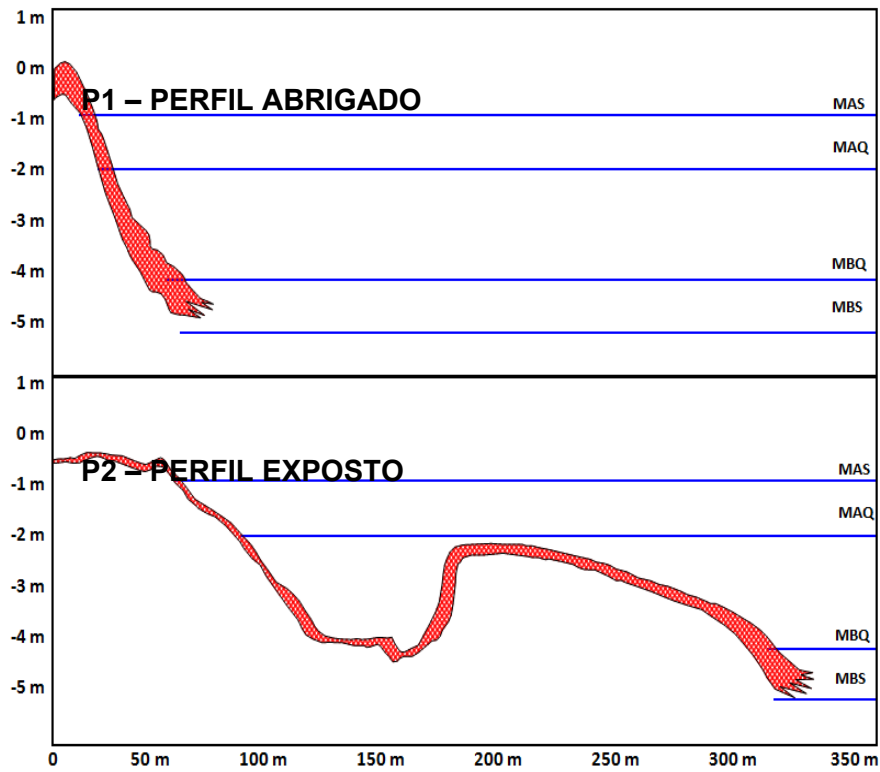
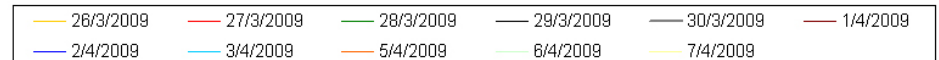
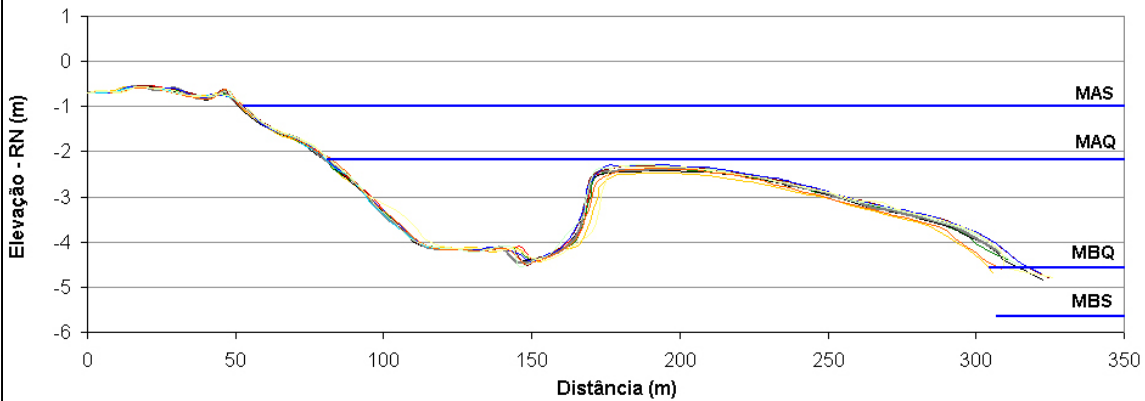
**P1 / Perfil Abrigado - Vila dos Pescadores**



**Figura 11: Variações morfológicas observadas nos perfis P1 e P2 ao longo do período de estudo.**



**P2 / Perfil Exposto - Vila dos Pescadores**



**Figura 12: Variação do volume sedimentar nos perfis abrigado e exposto.**

As variações de maré de sizígia para maré de quadratura, conforme o esperado, parecem afetar muito mais claramente o perfil abrigado. Por outro lado, as variações de chuva e vento afetam direta e claramente o perfil mais exposto.

Analisando-se as variações volumétricas mais em detalhe, se observou variações de até 1,14 m<sup>3</sup>/m entre perfis (dias) subsequentes para o P1 / abrigado. Já para o P2 / exposto a variação máxima entre perfis (dias) subsequentes foi de apenas 0,1 m<sup>3</sup>/m. Considerando-se a variação média entre os perfis, se obtém valores de 0.41 m<sup>3</sup>/m para o perfil abrigado e apenas 0.05 m<sup>3</sup>/m para o perfil exposto.

Ao se analisar o balanço sedimentar (erosão – deposição), foi verificado que o P1 / abrigado apresentou uma tendência geral deposicional, enquanto que o P2 / exposto apresentou uma tendência erosiva. A Figura 13 apresenta as variações de volume para ambos os perfis ao longo do período analisado.

Destaca-se ainda que embora tenham ocorrido importantes variações volumétricas, o aspecto geral de cada um dos perfis (declividade, presença de barras/cavas...) não se alterou durante o período, mesmo se comparados os dias dos maiores (sizígia) e menores (quadratura) alturas de maré.

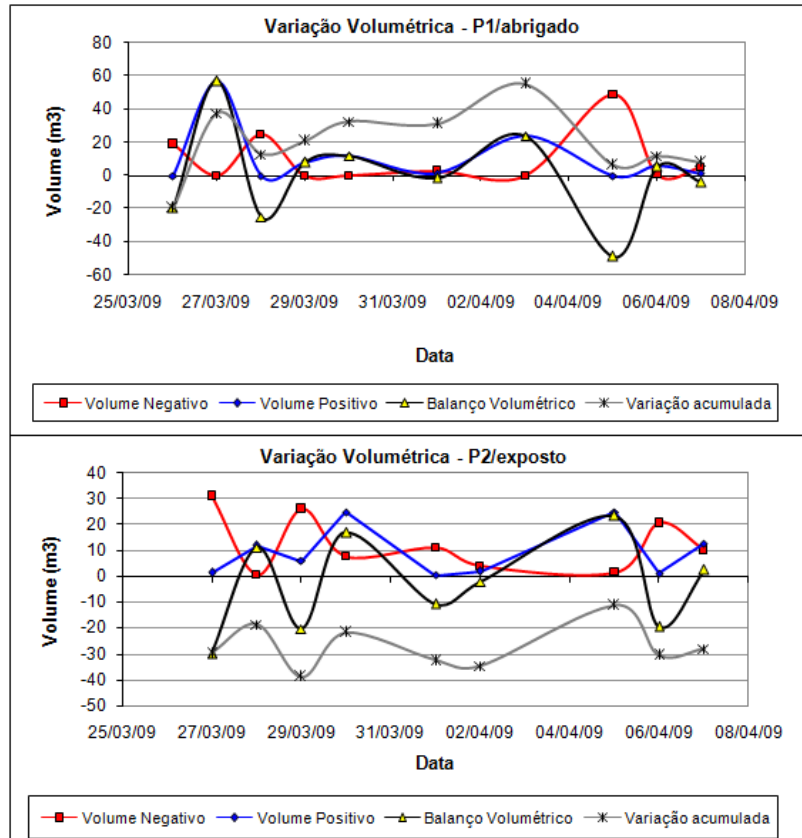


Figura 23: Variações volumétricas calculadas para cada um dos perfis.

## GRANULOMETRIA

A Figura 14 apresenta os histogramas de frequência de tamanho de grão para todo o período analisado. No caso do perfil abrigado (P1), são comparadas 3 amostras, representando a variação sizígia (27/03/09) – quadratura (03/04/09). Nota-se que basicamente o que ocorre com a diminuição da altura de maré e consequentemente da dinâmica, é um aumento na frequência de finos, especialmente silte.

Já no caso do perfil exposto (P2) nota-se que geralmente ocorrem pequenas variações da distribuição granulométrica. As grandes variações foram observadas somente quando amostras foram coletadas em diferentes momentos do ciclo de maré de um mesmo dia, como ocorreu nos dias 26 e 27 de março de 2009.

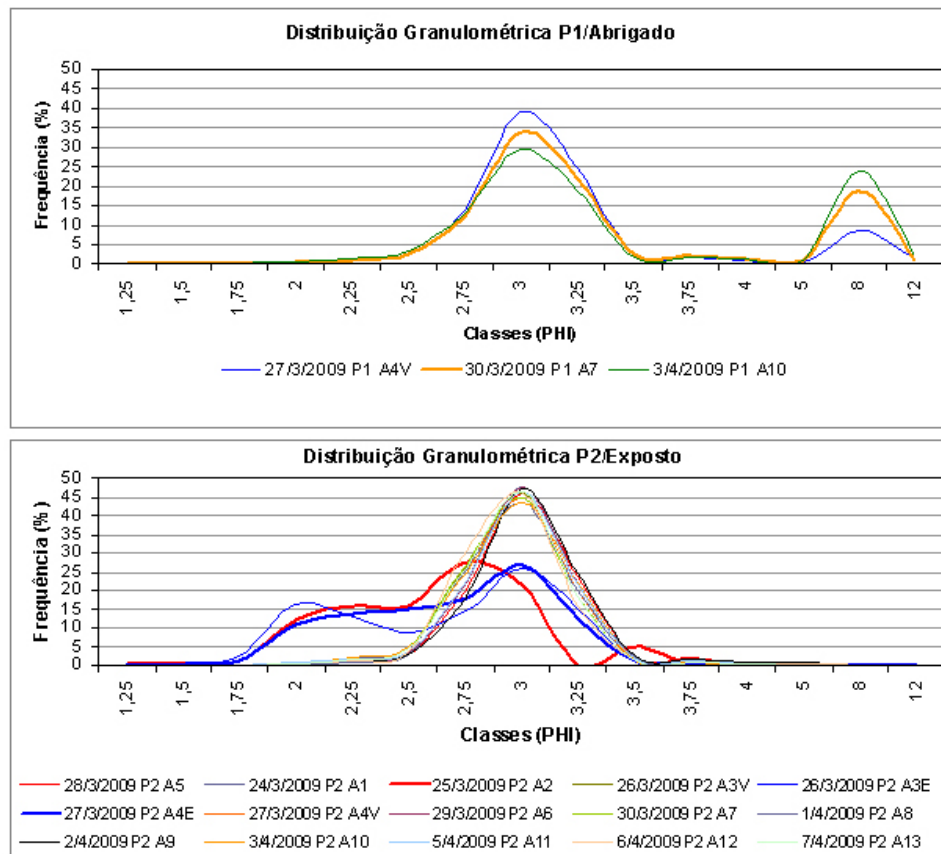


Figura 14: Distribuição granulométrica geral para P1 e P2.

Estes resultados são complementados pela comparação direta da granulometria das amostras coletadas nas fases de enchente (E) e na vazante (V), bem como com a comparação das amostras correspondentes a ciclos de sizígia e quadratura (Figura 15).

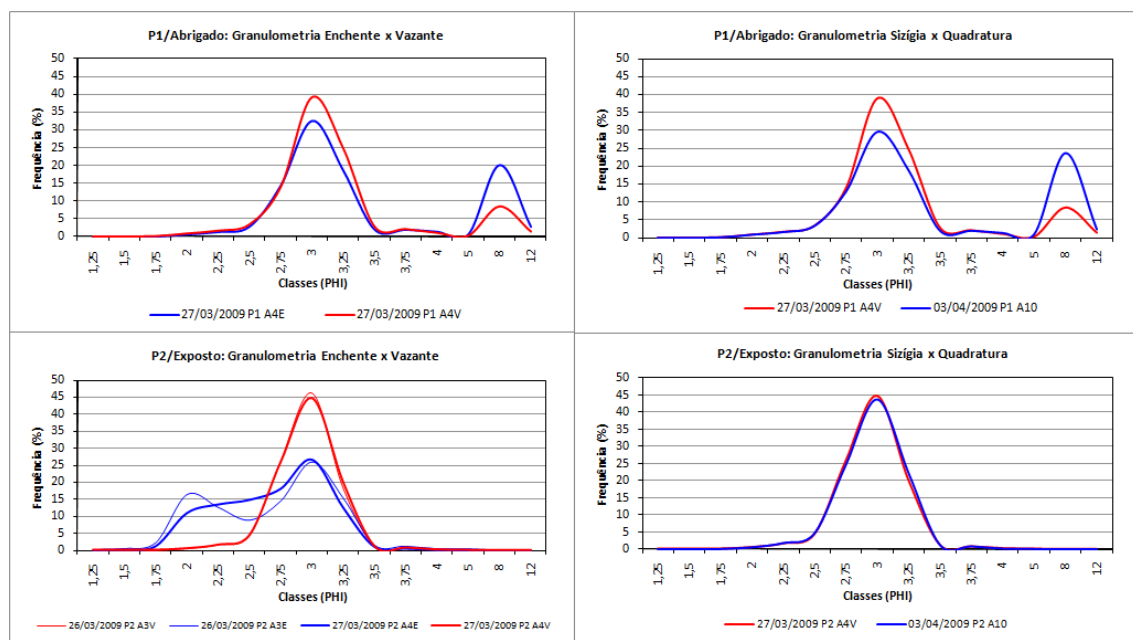


Figura 15: Variações na distribuição em função dos ciclos enchente-vazante e sizígia-quadratura.

Nota-se que para o perfil abrigado (P1) os efeitos de aumento ou diminuição da dinâmica e consequentemente da granulometria são similares no ciclo de maré (vazante-enchente) ou sizígia-quadratura.

Já no caso do perfil exposto (P2), nota-se que as variações na distribuição granulométrica no ciclo sizígia-quadratura foram insignificantes, enquanto que uma grande variação ocorreu se comparado o sedimento da vazante e da enchente. Estes resultados demonstram claramente que para o perfil abrigado, as variações de maré são fundamentais para a dinâmica sedimentar, enquanto que no perfil exposto, a variação sizígia-quadratura não parece ser fundamental. Por outro lado, quando se comparam os sedimentos da enchente / maré alta, com os da vazante / maré baixa) nota-se uma grande variação, que seria o produto não diretamente da ação das marés, mas sim sua correlação com a energia de ondas, onde níveis d'água altos representam maiores alturas de onde, que diminuem drasticamente com a diminuição do nível d'água. Neste caso, o perfil exposto (P2) é controlado mais diretamente pela energia de ondas, enquanto que o perfil abrigado (P1) é controlado pela maré.

Com a análise granulométrica dos sedimentos coletados durante as enchentes e vazantes, nos dois perfis (Figura 13) ao longo do período amostrado, constatou-se que a mediana apresentou um comportamento distinto nos perfis P1 (abrigado) e P2 (exposto). No perfil abrigado, a mediana permaneceu em torno de 3  $\Phi$  tanto na enchente quanto na vazante, enquanto no perfil exposto, da vazante para a enchente, foi observada uma diminuição do valor da mediana de 2,845 para 2,625  $\Phi$ , significando aumento no tamanho do grão.

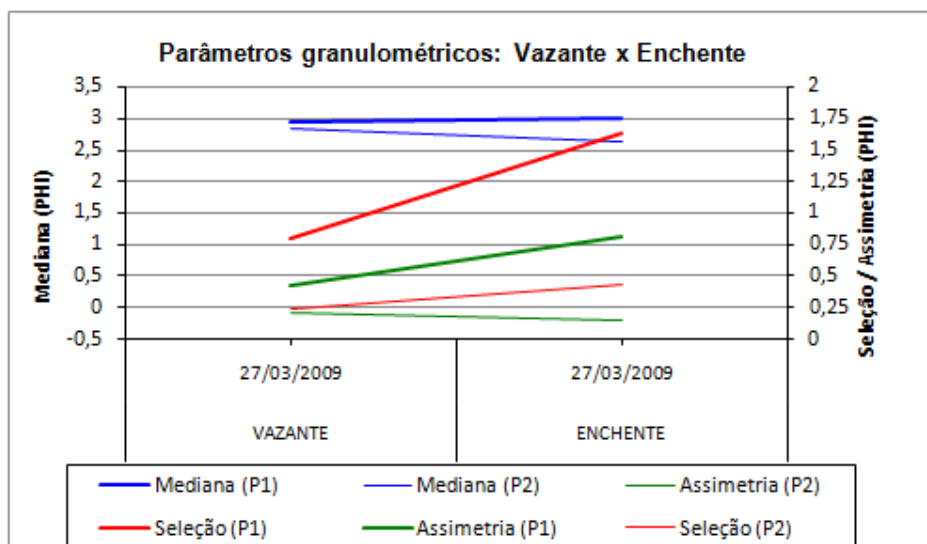
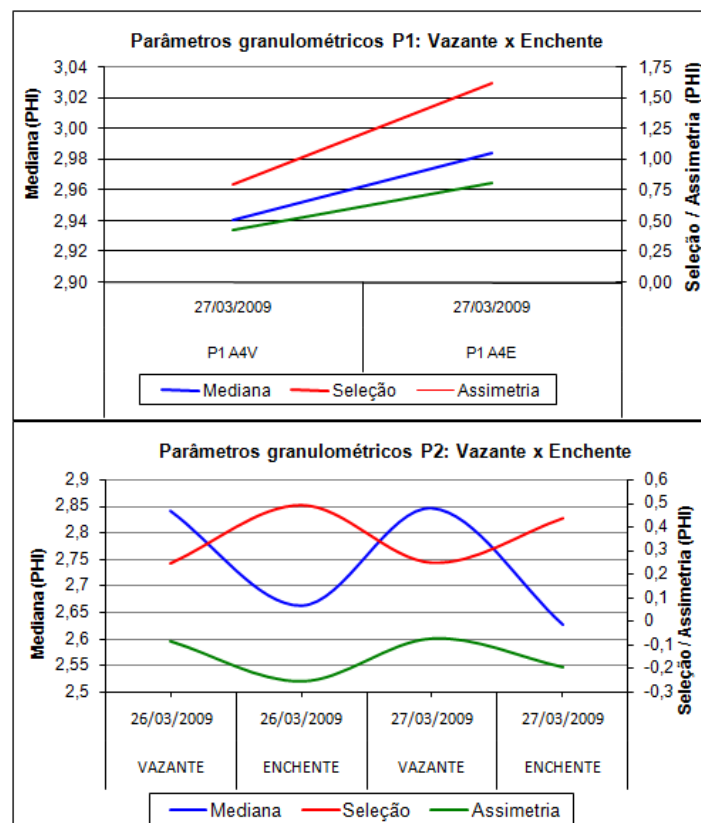


Figura 16: Distribuição dos parâmetros estatísticos granulométricos ao longo do período de amostragem, durante enchentes e vazantes.

A assimetria também apresentou comportamento distinto entre os perfis. Enquanto no perfil abrigado, na vazante, o sedimento apresentou-se com assimetria positiva (0,4235), na enchente, apresentou-se com assimetria muito positiva (0,8156). Já no perfil exposto, durante a vazante a distribuição granulométrica do sedimento esteve praticamente simétrica (-0,0763) e, na enchente, esteve negativa (-0,1978).

A seleção foi o único parâmetro em que ambos os perfis seguiram uma mesma tendência. Nos dois perfis a seleção se mostrou sempre menor na enchente. No perfil abrigado, o sedimento variou de moderadamente selecionado (0,7998), na vazante, para mal-selecionado (1,627), na enchente. No perfil exposto, o sedimento se mostrou muito bem selecionado (0,2473), na vazante, enquanto na enchente, bem selecionado (0,4358).

Quando analisados separadamente, cada perfil demonstrou um padrão diferente nos parâmetros estatísticos granulométricos (Figura 17). No perfil abrigado notou-se que, ao mesmo tempo em que o sedimento teve sua mediana aumentada na enchente, também os valores de seleção e assimetria subiram. Isso significa que conforme o tamanho dos grãos diminuía, a seleção piorava e o sedimento tendia para assimetria positiva.



No perfil exposto, a seleção se manteve muito boa durante todo o período de amostragem, oscilando entre (0,2268) e (0,2582). A exceção foram as amostras coletadas próximo ao período de maré alta, que foram bem selecionadas. A mediana manteve-se em areia fina, com valores oscilando entre (2,536) e (2,984) e a assimetria se manteve como aproximadamente simétrica. Observou-se que nos pontos onde a assimetria tendia mais para o lado dos positivos, o sedimento era menor e com pior seleção que os demais. Assim conclui-se que o perfil abrigado sofre maiores alterações entre as vazantes e enchentes que o perfil exposto.

Quando confrontados os parâmetros estatísticos, mediana, seleção e assimetria, com valores de vento, observa-se que a mediana praticamente não demonstra alterações, porém a seleção diminui conforme o aumento da ação do vento. Tal fato deve-se à inclusão de outro agente transportador de sedimento (Figura 18).

Figura 17: Variação dos parâmetros estatísticos granulométricos em cada perfil, na enchente e na vazante.

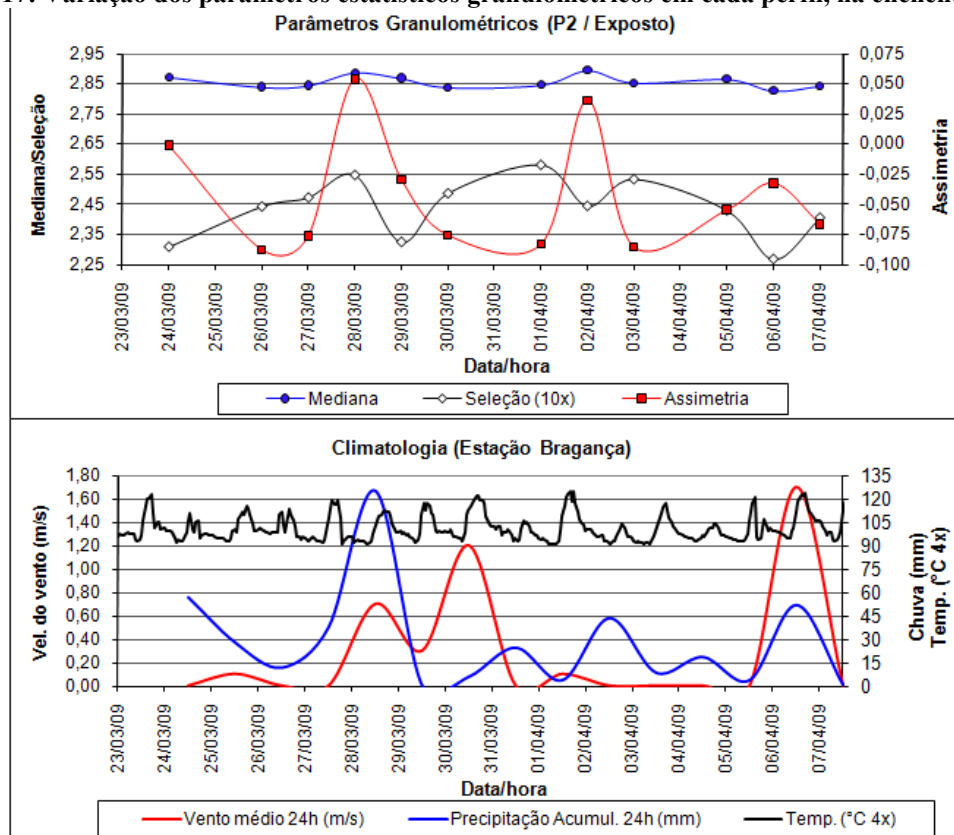


Figura 18: Parâmetros granulométricos do perfil P2 em relação às variações climáticas.

Na figura 19 é notável a influência da maré, principalmente na seleção no perfil P1. Observa-se através do mesmo que, conforme diminui a influência da maré, a seleção diminui. Acredita-se que isto pode ser devido ao aumento da influência do vento. Porém, essa diminuição da influência da maré praticamente é observada na mediana, ou seja, a maré não afeta consideravelmente no tamanho do grão.

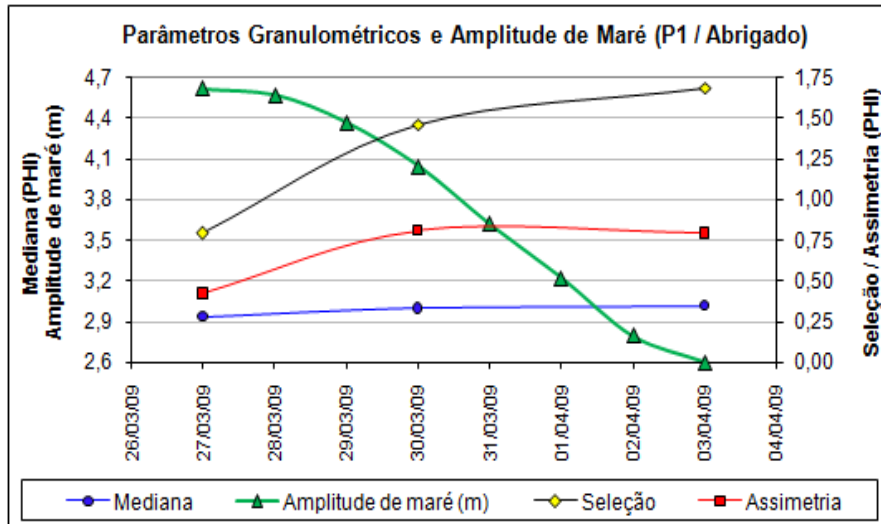


Figura 19: Parâmetros granulométricos do perfil P1 em relação às variações de maré.

## CONCLUSÕES

Com relação aos parâmetros estatísticos granulométricos (mediana, assimetria e seleção) pode-se observar que o perfil abrigado responde mais eficientemente às variações de maré (enchente e vazante), já o perfil exposto responde mais fielmente às variações climáticas como chuva e vento.

A variação absoluta de volume foi 0,41 m<sup>3</sup>/m para o perfil abrigado e apenas 0,05 m<sup>3</sup>/m para o exposto. As áreas mais suscetíveis à variações no volume sedimentar são, no perfil abrigado, a zona de intermaré inferior e no perfil exposto, a região do sistema barra-e-calha.

Considerando a variação quinzenal de altura de maré, não se observaram variações significativas no perfil exposto, mas na área protegida a diminuição da altura de maré implicou em um gradual aumento da sedimentação fina. Por outro lado as maiores variações diárias observadas no perfil exposto estavam relacionadas a oscilações no regime de chuvas e ventos.

As variações morfológicas observadas no perfil abrigado foram mais perceptíveis que no perfil exposto, devido o fato de o perfil abrigado ser mais influenciado pela maré, enquanto que o perfil exposto é mais controlado pela energia de ondas e clima. Como o período avaliado apresentou grandes variações de maré e pouca variação climática as variações, em decorrência da maré, foram mais evidentes no perfil abrigado.

Em geral o perfil exposto se apresentou erosivo e o abrigado deposicional ao longo do período analisado, ressaltando que as maiores variações foram episódicas em ambos os perfis, como resultado de oscilações climáticas. Os resultados obtidos demonstram a relevância de variações morfo-sedimentares em escala de horas e dias em praias amazônicas, bem como a sua dependência do grau de exposição a ondas e ventos.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, M.A.M.S. *Morfodinâmica e Sedimentologia da Praia de Ajuruteua – NE do Pará*. 2001. Dissertação de Mestrado - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.
- ALVES, M.A.M.S.; EL-ROBRINI, M. Morphodynamics of a macrotidal beach: Ajuruteua. Bragança North Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI39: 949-951 p, 2006.
- BAPTISTA NETO, J.A.; PONZI, V.R.A.; SICHEL, S.E. *Introdução à Geologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- BARBOSA, V.M.; GREGÓRIO, A.M.S.; BUSMAN, D.V.; COSTA, R.A.A.M.; SOUSA 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*, n. 60-61 p: 31-43. 2007.
- BARBOSA, G.V.; PINTO, M.N. *Geomorfologia*. Projeto RADAM. Folha SA.23 São Luís e parte da Folha SA.24 Fortaleza. Rio de Janeiro, DNPM. 1973. (Levantamento de Recursos Naturais, 3).
- BRAGA, F.P.S.; SOUZA FILHO, P.W.M.; ALVES, M.A.M.S.; PEREIRA, L.C.C. Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Amazônia, Norte do Brasil. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 60-61, p. 11-30. 2007
- CAMARGO, M.G. *SYSGRAN para Windows versão 3.2*: Sistema de análises granulométricas. [mcamargo@cem.ufpr.br]. 2005.
- COOKE, R.U.; DOORNKAMP, J.C. *Geomorphology in environmental management*. Oxford: Claredon Press, 1990, 410p.
- EL-ROBRINI, M.H.S. *Variabilidade morfológica e sedimentar de praias estuarinas, Ilha de Mosqueiro*. Universidade Federal do Pará. Dissertação de Mestrado em Geologia \_ Curso de pós Graduação em Geologia e Geoquímica. 2001.
- FOLK R.L.; WARD, W.C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 27, n. 1, p. 3-26. 1957.
- GALVIN, C.J. Breaker type classification on three laboratory beaches. *Journal of Geophysical Research*, 73: 3651-3659. 1968
- HOEFEL, F.G. *Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica*. Itajaí: Editora da Univali. 1998. 92p.
- LINDHOLM, R.C. *A Practical Approach to Sedimentology*. Londres Allen & Unwin, UK, 276 pp, 1987.

MÁCOLA, M.; EL-ROBRINI, M. *Ilha dos Guarás (Mariteua) – Município de Curuçá (NE do Pará): aspectos físicos, meteorológicos e oceanográficos*. Relatório final. Belém, 2004. 35p.

MARINHA DO BRASIL. Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN. *Tábua de marés*. 1995. Disponível em: <<http://www.dhn.mar.mil.br>> Acessado em 14/01/2011.

MARTORANO, L; PERREIRA, L; CÉZAR, E.; PEREIRA, I. - *Estudos Climáticos do Estado do Pará, Classificação Climática (KÖPPEN) e Deficiência Hídrica (THORNTHWHITE, MATHER)*. Belém: SUDAM/EMBRAPA, 1993. 53p.

MUEHE, D. Geomorfologia costeira. In: CUNHA, S; GUERRA, A. (org). *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p. 191-236.

PYE, K.; TSOAR, H. *Aeolian sand and sand dunes*. London: Unwin Hyman. 396p. 1990.

REINECK, H.E.; SINGH, I.B. *Depositional Sedimentary Environments*. 2º, Revised and Update Edition. Springer-Verlag. Berlim Heidelberg New York. 1980.

ROSSETI, D. F.; TRUCKENBRODT, W. ; GÓES, A. M. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na região Bragantina, Nordeste do Pará. *Boletim do Museu Emílio Goeldi. Ciências da Terra*, n. 1, p. 25-74. 1989.

SHORT, A.D., Australia beach systems—the morphodynamics of wave through tide-dominated beach-dune systems. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 35, pp. 7–20. 2003.

SILVA, M.G.L. *Avaliação multitemporal da dinâmica costeira da Praia do Pescador - Bragança (Norte do Brasil)*. 2001. 111p. Dissertação (Mestrado em Geologia). Curso de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, CG, UFPA, Belém, 2001.

SILVA, O.F.; LOWENSTEIN, P. Contribuição à geologia da folha São Luiz (SA.23), no Estado do Pará – novas localidades e razões magnésio-cálcio do calcário Pirabas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, v.13: p. 1-17. 1968.

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*. 1995. 123f Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1995.

SOUZA FILHO, P. W. M.; EL-ROBRINI, M. Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfosedimentares da Planície Costeira Bragantina - Nordeste do Para (Brasil). *Geonomos*, v. 4, n. 2, p. 1-16, 1996.

SOUZA FILHO, P.W.M.; EL-ROBRINI, M. Geomorphology of the Bragança coastal zone, Northeastern Pará State. *Revista Brasileira de Geociências*. v. 30, n. 3, p. 522-526. 2000.

SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1973. 310p.

SUGUIO, K. *Dicionário de Geologia Marinha* (com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol). 171 p. 1992

TESSLER, M.G.; MAHIQUES, M.M. Por uma terminologia brasileira para o ambiente praias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PRAIAS ARENOSAS, 2000, Itajaí, UNIVALI.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A.; DILLEMBURG, S.R.; DEHNHARDT, B.A. 1998. Significance of present-day coastal erosion and marine transgressive, Rio Grande do Sul, Southern Brazil. In: Land-Ocean Interactions in Coastal Zone (LOICZ) Meeting; *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 70, 2, p: 221-229.

TOZZI, H.A.M; CALLIARI, L.J. *Morfodinâmica da praia do Cassino*, RS. *Pesquisas*, v. 27, n. 1: p. 29-42. 2000.

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

WESCHENFELDER J.; ZOUAIN A. N. R.; Variabilidade Morfodinâmica das Praias Oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, v. 29, n.1 p. 3-13. 2002.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. Morphodynamics variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, v. 56, p.93-118. 1984.