



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ANÁLISE DA DINÂMICA MORFO-SEDIMENTAR DA PRAIA  
DA MARIETA – ILHA DO MARCO-MARACANÃ (NE DO  
PARÁ)**

**Dissertação apresentada por:**

**JULIANA DE SÁ GUERREIRO**

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

---

**BELÉM  
2010**

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

---

G929a Guerreiro, Juliana de Sá

Análise da dinâmica morfossedimentar da praia de Marieta Ilha do Marco (NE do Pará) / Juliana de Sá Guerreiro; Orientador: Maamar El-Robrini – 2010

xvii, 84 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

1. Sedimentologia. 2. Morfodinâmica praial. 3. Macromaré. 4. Praia da Marieta. 5. NE do Pará. I. Universidade Federal do Pará. II. El-Robrini, Maamar, *orient.* III. Título.

CDD 20. ed.: 551.3098115

---



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

**ANÁLISE DA DINÂMICA MORFO-SEDIMENTAR DA  
PRAIA DA MARIETA – ILHA DO MARCO-MARACANÃ  
(NE DO PARÁ)**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

**JULIANA DE SÁ GUERREIRO**

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

Data de Aprovação: **19 /04 /2010**

Banca Examinadora:

  
Prof. Maamar El Robrini  
(Orientador-UFPA)

  
Prof. Norberto Olimiro Horn Filho  
(Membro-UFSC)

  
Prof. George Satander Sá Freire  
(Membro-UFC)

*Aos meus pais João e Leilla, aos meus irmãos Bernardo e Elizabeth e ao meu filhote João Ricardo com muito amor.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus queridos pais João e Leilla por acreditarem em mim e por cuidarem do Joãozinho para que pudesse realizar este trabalho.

A UFPA, instituição em que tive o prazer de estudar e conviver com excelentes profissionais e de poder usufruir um excelente espaço físico e de um ensino de qualidade.

Ao PPGG pela possibilidade do desenvolvimento dessa Dissertação, assim como pela contribuição em minha qualificação profissional.

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Maâmar El -Robrini, pela impecável orientação desde o início da graduação, pelo incentivo, presteza, dedicação, compreensão, “puxões de orelha” e amizade que foram indispensáveis para a realização desta dissertação, onde o agradeço por todas as oportunidades que tive.

Aos professores Dr. George Satander Sá Freire e Dr. Norberto Olmiro Horn Filho pela participação da banca examinadora e sugestões feitas. Muito obrigada!

Ao professor Júlio Mascarenhas pelas horas em treinamento em topografia.

Ao Msc. Marcelo Moreno pela amizade, pelas discussões, pelas dúvidas, que contribuíram muito para a realização deste trabalho.

Ao técnico Mateus que me ajudou bastante nos trabalhos de campo.

Aos amigos que tive desde o início da vida científica, Ismaily, Marcelo Abreu, Leandro, Charlles e pelos amigos da Pós Graduação Gheisa, Tasso, Ponci, Milena, Denys e Suzan onde aprendemos muito uns com os outros e pela amizade.

Ao Prof. Dr. Marcelo Cohen e ao Prof. Dr. Francisco de Abreu muito obrigada pelo apoio e incentivo.

Agradeço de coração aos que não tenha citado acima.

“Jamais perca seu equilíbrio, por mais forte que seja o vento da tempestade.”

(Ponto de Equilíbrio)

## RESUMO

O objetivo principal desta dissertação é analisar as variações morfológicas e sedimentares ocorridas na Praia da Marieta - ilha do Marco (NE do Pará) durante o período chuvoso (março) e menos chuvoso (novembro) do ano de 2007, buscando identificar os principais fatores responsáveis por estas variações. A praia da Marieta possui 3 km de extensão, com direção NW-SE, e é sustentada pelos sedimentos do Grupo Barreiras, Pós-Barreiras e pelos sedimentos recentes que fornecem boa parte dos sedimentos na desembocadura do estuário de Urindeua. Foram realizados 6 perfis topográficos nas seguintes subdivisões da praia da Marieta: Setor esporão arenoso - perfis I e II ( $\text{tg}\beta = 0,0015$ ); setor central - perfis III, IV ( $\text{tg}\beta = 0,0017$ ) e setor NW - perfis V e VI ( $\text{tg}\beta = 0,005$ ). Foram aplicados nesta praia os seguintes modelos morfológicos: de Guza & Inmam (1975), Esporão Arenoso -  $\varepsilon = 16$  no período chuvoso e  $\varepsilon = 2$  no período menos chuvoso, Setor Central -  $\varepsilon = 12$  no período chuvoso e  $\varepsilon = 32$  no período menos chuvoso. Estes resultados mostram uma forte reflexão com alguma dissipação, sendo caracterizada como Intermediário de Barra e Calha Longitudinal com no setor NW, que indicou um comportamento Dissipativo durante os dois períodos estudados; Para Wright & Short (1984) toda a praia teve um comportamento Dissipativo durante os dois períodos estudados -  $\alpha = 8,75$  no período chuvoso e  $\alpha = 7,14$  no período menos chuvoso; Para Masselink & Short (1993) os perfis mostraram ser modificados por marés, dissipativos embarreirados com  $RTR = 4$  no período chuvoso e  $RTR = 3,6$  no período menos chuvoso. A praia é predominantemente recoberta por areia muito fina, muito bem selecionada a moderadamente selecionada, com curtose mesocúrtica e platicúrtica com assimetria negativa nas zonas de supramaré durante o período chuvoso e nas zonas de inframaré no período menos chuvoso, nas demais zonas da praia da Marieta foram aproximadamente simétricas e com assimetrias positivas. A praia da Marieta teve seu perfil morfo-sedimentar influenciado pelo deslocamento da Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCIT), no período chuvoso (1.736,6 mm) e no período menos chuvoso (2,4 mm). A velocidade dos ventos foi mais fraca durante o período chuvoso com média de 6,7 nós enquanto que no período menos chuvoso a velocidade média foi de 11,3 nós com direção preferencial NE, e conseqüentemente, formaram ondas com maior energia ( $H_b = 1,5$  m no período chuvoso em março). Aliados a uma amplitude de 5,5 m de maré alcançando as zonas mais internas da praia. Já no período menos chuvoso, as ondas foram menores, se comparadas ao período chuvoso, que alcançaram 1,2 m aliados a uma amplitude de 4,8 m de maré. Através destes parâmetros observou-se que as maiores variações no perfil praiial estiveram associadas

principalmente à interação dos efeitos de ventos, ondas e marés e, mostrando a forte relação entre a forma da praia e a orientação e incidência desses agentes.

**Palavras-chave:** Sedimentologia. Morfodinâmica Praial. Macromaré. Praia da Marieta. NE do Pará.

## ABSTRACT

This study aims the investigation of the morphological and sedimentological variations occurred in Marieta's Beach- Marco Island (NE of Pará) during the rainy season (March) and rainless season (November) of 2007, seeking to identify the main factors responsible by these variations. The Marieta's beach has 3 km long, with NW-SE direction, and is supported by the sediments of the Barreiras Group, Post-Barreiras and the recent sediments that provide much of the sediment at the mouth of the estuary Urindeua. Topographic profiles were conducted in June in the following subdivisions Beach Marieta: Sector sandy spit - profiles I and II ( $tg\beta = 0.0015$ ); central section - profiles III, IV ( $tg\beta = 0.0017$ ) and NW sector - and V profiles VI ( $tg\beta = 0.005$ ). We applied the following morphological beach models: Inmam & Guza (1975), Sandy Spur -  $\varepsilon = 16$  in the rainy season  $\varepsilon = 2$  in the rainless period, Sector Central -  $\varepsilon = 12$  in the rainy season  $\varepsilon = 32$  during rainless. These results show a strong reflection with some dissipation, characterized as Intermediate Bar and Longitudinal with the NW sector, which indicated a Dissipative behavior during the two periods studied, According to Wright & Short (1984) had a whole beach Dissipative behavior during the two periods studied -  $\alpha = 8,75$  in the rainy season  $\alpha = 7,14$  in the less rainy period; And following Masselink & Short (1993) showed the profiles to be modified by tides, with dissipative bars  $RTR = 4$  in the rainy season and  $RTR = 3.6$  in the rainless period. The beaches are predominantly covered by very fine sand, very well selected and moderately selected, with mesocurtic and platycurtic kurtosis and negative asymmetry at the supratidal zones during the rainy season and in areas of infratidal in the rainless season in other areas of the beach Marieta were approximately symmetrical and positive asymmetries. The Marieta's beach has been profiled morpho-sedimentary influenced by the displacement of the Convergence Zone Inter-Tropical (ITCZ) in the rainy season (1736.6 mm) and at rainless (2.4 mm). The speed of the wind was weaker during the rainy season with an average of 6.7 nodes while in the less rainy period the average speed was 11.3 knots with preferential direction NE, and therefore, buckled with higher energy ( $H_b = 1,5$  m in the rainy season in March). Coupled with an amplitude of 5.5 m tide reaching the innermost areas of the beach. In the less rainy period, the waves were smaller, compared to the rainy season, which reached 1.2 m combined with an amplitude of 4.8 m tide. Through these parameters showed that the major changes in the beach profile were associated mainly to the interaction of the effects of winds, waves and tides, showing the

strong relationship between the shape and orientation of the beach and the incidence of these agents.

Key Words: Sedimentology. Beach morphodynamics. Macrotidal. Marieta's beach. NE of Pará.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Localização dos perfis praias (1 a 6) com uma distância de aproximadamente 500 m entre eles na praia da Marieta.....	6
Figura 2	Localização dos perfis praias na praia da Marieta (Esporão arenoso).....	7
Figura 3	Localização dos perfis na praia da Marieta.....	7
Figura 4	Estação Total Topcom GTS em operação na praia da Marieta.....	8
Figura 5	Ponto permanente para a realização do perfil praias (casa dos pescadores) localizada no campo de dunas na porção de supramaré.....	8
Figura 6	Situação da praia da Marieta (quadro) no contexto do litoral NE do Pará.....	11
Figura 7	Afloramento dos sedimentos da Formação Pirabas (seta) na ponta do Marco exposta durante a maré baixa (fevereiro de 2006). Observar ao fundo os manguezais.....	12
Figura 8	Falésia ativa esculpida no Grupo Barreiras formando a plataforma de abrasão de blocos lateríticos no Mota (março 2007) - Planalto costeiro.....	13
Figura 9	Afloramento exposto na porção mais exposta da praia da Marieta mostrando as ondas.....	14
Figura 10	Contexto geomorfológico da ilha do Marco, evidenciando a praia da Marieta.....	16
Figura 11	Canal estuarino (Ce) recortando os manguezais (Mg) e a crista de praia (Cp)- (Março 2005) na praia da Marieta .....	19
Figura 12	<i>Chenier</i> -cristas de praia (Cp) desenvolvidos a leste da praia da Marieta, Ce-canal estuarino e a ponta do esporão arenoso (Ea), na praia da Marieta, leste da ilha do Marco- (Julho 2005).....	20
Figura 13	<i>Chenier</i> –Crista de praia (Cp), manguezal (Mg), dunas costeiras e limite da linha de costa na praia da Marieta (Julho 2005) .....	20
Figura 14	Barras arenosas localizadas frente a praia da Marieta, propiciando a refração e a diminuição da velocidade das ondas incidentes (setas) e deposição dos sedimentos (Julho 2005) .....	21
Figura 15	Campo de dunas, notar o contato com o manguezal (Mg) e o <i>chenier</i> – crista de praia(Ch).....	22

Figura 16	Dunas frontais com aproximadamente 3 m de altura. Foto do autor (março 2007).....	22
Figura 17	Campo de dunas, notar a vegetação rasteira, (março 2005) .....	23
Figura 18	Esporão arenoso localizado na porção leste da praia da Marieta. Na retaguarda do esporão tem-se uma planície lamosa, onde observam-se mangues jovens, e um canal estuarino (julho de 2005).....	23
Figura 19	Sistema de crista e calha na praia da Marieta (novembro de 2007).....	24
Figura 20	Incidência de ondas na ilha do Marco. Pela sua suave inclinação das praias, as ondas deslizam no perfil praial. Localizadas na porção NW da praia da Marieta durante a maré baixa de março de 2005 .....	26
Figura 21	Amplitude de maré para o mês de março Notar que a amplitude máxima atingida foi de 5,5 m e a mínima de 0,1 m.....	27
Figura 22	Amplitude de maré para o mês de março Notar que a maior amplitude foi de 5,2 e a mínima de 0,3 m.....	27
Figura 23	Precipitação mensal para o ano de 2007 para a estação meteorológica de Salinópolis.....	31
Figura 24	Posição média da ZCIT para o mês de março de 2007. Notar que a sua posição situa-se próximo ao litoral paraense na linha do Equador .....	31
Figura 25	Posição média da ZCIT para o mês de novembro de 2007. Notar que a sua posição situa-se distante ao litoral paraense cerca de 10 N .....	32
Figura 26	La Nina (azul), e El Nino (laranja) .....	35
Figura 27	Rosa dos ventos. Notar que durante o período chuvoso, a direção dos ventos foi de noroeste e nordeste. Já durante o período menos chuvoso a direção foi preferencial de nordeste.....	36
Figura 28	Velocidade do vento (nós) pela hora para o mês de março (período chuvoso) de 2007.....	37
Figura 29	Velocidade do ventos (nós) X hora para o mês de novembro ( período menos chuvoso) de 2007.....	37
Figura 30	Baía de Urindeua, observar a presença de bancos arenosos e canais expostos durante a maré baixa, o qual é navegável.....	38

	Classificação das principais zonas do perfil praial do ponto de vista morfológico, onde LMSA é a linha de maré alta de sizígia, LMAQ a linha de maré alta de quadratura, LMBQ a linha de maré baixa de quadratura e LMBS linha baixa de maré de sizígia.....	42
Figura 31		
Figura 32	Modelos de praias .....	47
Figura 33	Modelo morfodinâmico.....	48
Figura 34	Perfil 1 localizado no esporão arenoso. Observar nas figuras (A) e (C) que o esporão arenoso é recoberto pela ação das marés de sizígia do período chuvoso enquanto que as figuras (B) e (D) a ação dos ventos prevalece. Notar que a altura das ondas é insignificante.....	54
Figura 35	No perfil 2 observar na figura (A) no período chuvoso a escarpa das dunas e a praia embarreirada, já na figura (B) no período menos chuvoso o perfil mais plano, sem escarpas. Na figura (C) no período chuvoso notar a forte energia das ondas e marés aliadas removendo os sedimento da zona de intermaré na figura (D) no período menos chuvoso o perfil mais plano.....	55
Figura 36	No perfil 3 observa-se na figura (A) as dunas frontais com uma escarpa no período chuvoso, na figura (D) no período menos chuvoso observa-se que no lugar da escarpa dunais há a formação de uma canal de maré alta, pois a linha de maré alta recuou. Já na figura (B) no período menos chuvoso a formação de um sistema de crista e calha, na figura (C) no período chuvoso, este sistema migrou em direção ao mar.....	56
Figura 37	O perfil 4 apresenta várias irregularidades associado a presença do sistema de crista e calha e de canais de maré durante os dois períodos (A) chuvoso e (D) menos chuvoso. Observar na figura (B) durante o período chuvoso, escarpa dunais causadas pela acumulo de matéria orgânica, na figura (C) durante o período menos chuvoso que a linha de maré alta não chega na base das dunas e assim formando um canal de maré.....	57
Figura 38	O perfil 5 é muito extenso com aproximadamente 880 m, nos dois períodos foi observado a algumas irregularidades associados a presença do sistema de crista e calha.....	58
Figura 39	O perfil 6 é o mais extenso de todos devido a acumulação de sedimentos causado pelas barras arenosas, possui mais de 1 km de extensão, perfil típica de planície de marre. Na figura (A) observa-se a longa extensão, na Figura (B) e (C) a presença de cristas e calhas e na figura (D) Afloramentos rochosos. Todas estas feições aparecem nos dois períodos estudados, onde a única mudança observada foi a migração do sistema de crista e calha.....	59

Figura 40	Distribuição da curtose na praia da Marieta ao longo dos perfis praias.....	67
Figura 41	Distribuição da assimetria na praia da Marieta ao longo dos perfis praias.....	69
Figura 42	Distribuição do desvio padrão na praia da Marieta ao longo dos perfis praias.....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Pontos iniciais dos perfis na praia da Marieta.....	6
Tabela 2	Velocidade média e a direção predominante do vento no período chuvoso (março de 2007).....	34
Tabela 3	Velocidade média e a direção predominante do vento na estação menos chuvosa (novembro de 2007).....	35
Tabela 4	Valores obtidos segundo os modelos de Wright & Short, (1984) e Masselink & Short, (1993) para o período chuvoso e menos chuvoso.....	52
Tabela 5	Parâmetro dimensionador do surfe (Surf scalling parameter).....	52
Tabela 6	Classificação dos perfis segundo o parâmetro dimensionador de surfe.....	53
Tabela 7	Gradiente Topográfico dos perfis praias durante o período chuvoso e menos chuvoso.....	53
Tabela 8	Classificação do desvio padrão.....	60
Tabela 9	Classificação da assimetria.....	61
Tabela 10	Classificação da curtose.....	64
Tabela 11	Tabela indicando as coordenadas geográficas de cada ponto e suas respectivas cotas em metros de cada perfil praial para o mês de março (período chuvoso).....	67
Tabela 12	Tabela indicando as coordenadas geográficas de cada ponto e sua respectiva cota em metros para cada perfil praial para o mês de novembro (período menos chuvoso).....	70
Tabela 13	Tabela indicando as coordenadas geográficas dos pontos das coletas de sedimentos com o resultado obtido para o período chuvoso (março).....	73
Tabela 14	Tabela indicando as coordenadas geográficas dos pontos das coletas de sedimentos com o resultado obtido para o período chuvoso (março).....	74

## SUMÁRIO

	DEDICATÓRIA	iv
	AGRADECIMENTOS	v
	EPÍGRAFE	vi
	RESUMO	vii
	ABSTRACT	ix
	LISTA DE ILUSTRAÇÕES	xi
	LISTA DE TABELAS	xv
	SUMÁRIO	xvi
1	<b>INTRODUÇÃO</b>	1
2	<b>OBJETIVOS</b>	3
2.1	GERAL	3
2.2	ESPECÍFICOS	3
3	<b>MATERIAS E MÉTODOS</b>	4
3.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.2	TRABALHOS DE CAMPO	5
3.2.1	<b>Levantamento topográfico do perfil praiial</b>	5
3.2.2	<b>Coleta de amostras de sedimentos superficiais</b>	9
3.2.3	<b>Levantamento de dados aerodinâmicos e hidrodinâmicos</b>	9
3.2.4	<b>Determinação dos parâmetros morfodinâmicos</b>	10
4	<b>CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO E ENTORNOS</b>	11
	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ACESSO A PRAIA DA	
4.1	MARIETA	11
4.2	ASPECTOS GEOLÓGICOS E ESTRATIGRÁFICOS	12
4.2.1	<b>Formação Pirabas</b>	12
4.2.2	<b>Grupo Barreiras</b>	13
4.2.3	<b>Depósitos Pós- Barreiras</b>	13
4.2.4	<b>Sedimentos Recentes</b>	15
4.3	ASPECTOS ESTRUTURAIS	15
4.4	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	15
4.4.1	<b>Plataforma Continental Interna</b>	17
4.4.2	<b>Planalto Costeiro</b>	17
4.4.3	<b>Planície Costeira</b>	17
4.4.3.1	Planície de Maré	18
4.4.3.2	Canal Estuarino	18
4.4.3.3	<i>Chenier</i>	19
4.4.3.4	Barras	20
4.4.3.5	Dunas	21
4.4.3.6	Esporões	23
4.4.3.7	Crista e Calha	24
4.5	ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS	24
4.5.1	<b>Ondas</b>	24
4.5.2	<b>Marés</b>	26
4.5.3	<b>Correntes Litorâneas</b>	28
4.6	ASPECTOS CLIMÁTICOS	29
4.6.1	Precipitação	29
4.6.2	El Niño/ La Niña	32
4.6.3	Condições Aerodinâmicas	34

4.7	ASPECTOS HIDROGRÁFICOS	37
	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE O AMBIENTE</b>	
<b>5</b>	<b>PRAIAL</b>	39
5.1	SUBAMBIENTES PRAIAIS	39
<b>5.1.1</b>	<b>Zonação de Maré</b>	41
<b>5.1.2</b>	<b>Zonação Morfológica</b>	41
<b>5.1.3</b>	<b>Zonação Hidrodinâmica</b>	42
5.2	COMPONENTES E CONDICIONANTES PRAIAIS	42
<b>5.2.1</b>	<b>Sedimentação Praial</b>	43
<b>5.2.2</b>	<b>Regime de Ondas</b>	43
<b>5.2.3</b>	<b>Ventos</b>	45
5.3	PARÂMETROS MORFODINÂMICOS	46
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b>	50
6.1	DINÂMICA SAZONAL MORFO-SEDIMENTAR	50
6.2	ASPECTOS MORFODINÂMICOS	51
6.3	ASPECTOS MORFOLÓGICOS	53
6.4	ASPECTOS TEXTURAIIS	63
<b>6.4.1</b>	<b>Parâmetros estatísticos</b>	63
6.4.1.1	Tamanho médio (Mz)	64
6.4.1.2	Assimetria (Dp)	67
6.4.1.3	Curtose (Kg)	70
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	76
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	80
	BIBLIOGRAFIA	83

## 1 INTRODUÇÃO

O cenário das classificações costeiras foi desenvolvido para resumir ou sintetizar a morfodinâmica e sua complexa interação morfológica e hidrodinâmica. A maioria das feições costeiras foi modelada durante o período de estabilização do nível do mar após a última transgressão (Holoceno) (Bird, 1993). Estas feições estão em contínua modificação devido ao intenso input de energia gerada por ondas e marés que levam ao retrabalhamento dos sedimentos (Pethick, 1984).

As praias são sistemas altamente dinâmicos, cujo perfil se modifica em função dos diversos processos meteorológicos e oceanográficos, que levam os sedimentos arenosos a retrabalhamento por processos hidrodinâmicos (Hoefel, 1998).

As praias podem ser examinadas em diferentes escalas de tempo dependendo do seu processo de formação, variando de instantâneos, produzido pelos processos prevaletentes; a um ciclo de maré, diurno, sazonal e por períodos maiores produzidos pela mudança nos regimes de ondas, marés, ventos e clima; a sua erosão e preservação de longo termo resultantes da combinação do suprimento de sedimentos e por processos incluindo variação do nível do mar, clima e tectônica (Short, 1999).

Os cinco parâmetros primários que controlam as características básicas das praias são: (1) a altura e período das ondas; (2) tamanho dos sedimentos; (3) amplitude de maré; (4) gradiente praiial e (5) o clima regional (Short, *op. cit.*).

As praias respondem rapidamente a essas mudanças nas condições dos regimes de ondas e marés através da redistribuição de seus sedimentos pelas correntes oscilatórias ou quase-imediatas, resultando em um padrão de erosão (divergência dos sedimentos) e de aferição (convergência dos sedimentos). Com o tempo, estas mudanças no “*bed level*” modificam a forma da praia com a formação, destruição e/ou migração de feições morfológicas secundárias como o sistema de crista e calha (Masselink *et al.*, 2007).

As tempestades são um dos mais importantes controles no ciclo de erosão e acreção nas praias. O processo das tempestades é muito complexo e também são responsáveis pelo retrabalhamento de sedimentos na praia e pela sua reconstrução (Hill *et al.*, 2004).

A face praiial é um elemento vital em determinar a resposta costeira às forças externas. Assim, avanços significativos foram realizados na compreensão dos componentes da dinâmica na face praiial. Modelos contemporâneos ainda são incapazes de premeditar a complexa interação entre a geologia costeira e os processos marinhos e atmosféricos ao longo do tempo. Estudos empíricos mostraram claramente a influência da herança geológica

na morfologia praial, na erosão da linha de costa e em resposta a eventos de tempestade (Malvarez *et. al.*, 2001).

Segundo Souza Filho & El-Robrini (1997), a posição geográfica do NE do Pará ( $0^{\circ}$ - $1^{\circ}$ ), aliada aos seus embasamentos costeiros e a grande extensão da plataforma continental do Pará proporcionam o desenvolvimento de um ambiente de alta energia. Dominado por macro-marés, (Davies, 1964), semi-diurnas com amplitude máxima de 5.5 m (DHN, 2007), por ondas de 1 a 1,5 m de altura, geradas por ventos alísios de direção NE/SE com velocidade média de  $6 \text{ m s}^{-1}$ .

A praia da Marieta na ilha do Marco está localizada na costa Atlântica do Salgado Paraense com uma extensão de 3 km, pertencendo ao município de Maracanã e se enquadra na Reserva Extrativista de Maracanã (MMA, 2007).

Devido ao seu baixo gradiente e por ter amplitude de macro-marés, a praia da Marieta sofre influência dos estuários afunilados unidos a vários ambientes sedimentares, formando uma extensa planície de maré, com campo de dunas, canais estuarinos, cristas de praia, *cheniers*, manguezais, pântanos salinos, bancos arenosos alongados perpendiculares à costa e esporão arenoso, sendo feições típicas de foz de estuário de macro-marés (Guerreiro, 2005).

Mudanças nestes sistemas costeiros ocorrem principalmente devido à interação dos efeitos dos ventos, ondas, marés e correntes associadas. Os processos de acreção e erosão estão relacionados ao período chuvoso e menos chuvoso, que são influenciados pelo deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que causam uma mudança na direção dos ventos alísios e das ondas de NE/SE.

O objetivo central deste trabalho é analisar o comportamento morfo-sedimentar sazonal da praia da Marieta, na ilha do Marco (NE do Pará) durante o período chuvoso e menos chuvoso de 2007.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Avaliar o comportamento morfossedimentar sazonal da praia da Marieta.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Caracterizar a morfologia praial;
- Analisar a influência dos agentes climáticos e oceanográficos na variação do perfil praial;
- Determinar os parâmetros de onda, como altura na zona de arrebentação ( $H_b$ ), período ( $T$ ), ângulo de incidência ( $\alpha_b$ ) e de maré, como a amplitude da maré;
- Avaliar a distribuição e variação sazonal dos sedimentos segundo a classificação de Folk & Ward (1957).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades propostas para a elaboração deste trabalho dividiram-se nas seguintes etapas: revisão bibliográfica, trabalhos de campo e redação do manuscrito.

#### 3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta etapa foi realizada uma ampla revisão bibliográfica sobre o assunto em artigos e teses, mediante o uso do portal de periódicos da CAPES, da Biblioteca Setorial do Instituto de Geociências. Foram realizadas pesquisas em trabalhos em áreas semelhantes ao contexto geológico da costa paraense, principalmente aquelas dominadas por macromarés, no Brasil como em outros países.

No litoral paraense, os estudos sobre a morfodinâmica costeira começaram no início da década de 80: Dinâmica sedimentar da praia do Maçarico/Salinópolis (Faria Jr. *et al.*, 1987); Mudanças morfológicas de curto período na planície costeira da ilha de Algodal e de Marudá (Santos, 1996); Morfodinâmica e sedimentologia da praia de Ajuruteua-NE do Pará (Alves, 2001); Análise multitemporal da dinâmica costeira da praia do Pescador NE do Pará (Silva, 2001); Morfodinâmica da praia de macromaré-Ajuruteua- Bragança-Norte do Brasil (Alves & El-Robrini, 2004); Morfodinâmica da praia do Atalaia/Salinópolis (Gregório, 2005); Danos de erosão na praia do Farol Velho/Salinópolis (Busman, 2004); Monitoramento da morfodinâmica praial da costa nordeste do Estado do Pará (El-Robrini *et al.*, 2004); Morfodinâmica das praias de meso-macromarés da zona costeira do estado do Pará (Alves *et al.*, 2005), neste trabalho, observou-se que as praias Atlânticas de Algodal, Marudá, Itarana, Ajuruteua, Pescadores, Atalaia e Farol Velho revelaram ser de baixa declividade, sendo consideradas como dissipativas a intermediárias (Banco e calha longitudinal). Braga, (2007) estudou a morfologia e sedimentologia da praia de macro-maré de Ajuruteua, Pará: um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo. Monteiro & Cajueiro, (2009) mais recentemente estudaram *Morphodynamics of a macrotidal beach: Ajuruteua, Bragança North Brazil* Assim com o capítulo do litoral paraense descrito por (El-Robrini *et al.*, 2007) é de extrema importância. Todos estes trabalhos contribuíram significativamente para o estudo e compreensão da morfodinâmica e sedimentologia do litoral paraense.

## 3.2 TRABALHOS DE CAMPO

As etapas de campo foram realizadas na praia da Marieta durante o período chuvoso (17 e 18 de março de 2007 - lua nova) e menos chuvoso (03 e 04 de novembro de 2007 - lua nova), nas marés baixas de sizígia.

Foram realizados 6 perfis praias com uma distância de 500 m entre os pontos previamente estabelecidos (Figuras 1,2 e 3). Na praia da Marieta, foram utilizadas as casas dos pescadores como pontos fixos (Figura 5). Foi utilizado o método de nivelamento topográfico para a morfologia praias, amostragem de sedimentos, caracterização dos parâmetros de onda, como altura, período e direção e dos parâmetros de vento, como direção e velocidade, assim como fotografias foram tomadas.

### 3.2.1 Levantamento topográfico do perfil praias

Para a realização do trabalho de campo, todo o procedimento esteve relacionado às variações morfológicas sazonais (período chuvoso e menos chuvoso). A praia da Marieta por estar localizada na foz do estuário de Urindeua sofre transformações costeiras contínuas devido à hidrodinâmica costeira e estuarina.

A morfologia do perfil praias foi determinada através do levantamento topográfico utilizando-se uma estação total *TOPCOM GTS*.

Neste método de nivelamento topográfico, utilizou-se o mesmo procedimento de um teodolito, envolvendo um distanciômetro (prisma), um *walk-talk* para a comunicação do operador da estação e entre a pessoa que está correndo com o prisma. Assim, a estação total assume as funções de um teodolito comum, a diferença é que a estação tem capacidade de medir ângulos verticais e horizontais, além de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, informando ao operador, através de seu *display*, as coordenadas cartesianas de cada ponto coletado (Braga, 2007).

A estação total ou medidor de distância eletrônico é um instrumento usado para medir pontos em um espaço tridimensional, usando um ângulo sofisticado medindo a componente com um raio laser sendo emitido e refletindo em um prisma (um espelho).

Foram realizados 6 perfis praias perpendiculares a linha de costa ao longo de 3 km de extensão com 500m de distância entre eles, a partir de pontos georeferenciados pelo GPS e localizados por um marco de levantamento permanente (casa dos pescadores - Figura 5).

As descrições das zonas do perfil praiial utilizadas são as mesmas descritas por Muehe (1996), nestas zonas foram coletadas as amostras de sedimentos e tomadas fotográficas.

Os dados da estação total foram introduzidos para a planilha do Programa *Topoenv* na versão 6.0, para verificar as alterações métricas no perfil praiial, em seguida para o programa *Grapher*. Já o *Surfer* na versão 8.0 (*Golden Software*) foi utilizado para montar a modelagem 3D da sedimentologia.



**Figura 1-Localização dos perfis praiias (1 a 6) com uma distância de aproximadamente 500 m entre eles na praia da Marieta.**

**Tabela 1- Pontos iniciais dos perfis da praia da Marieta.**

Localização dos perfis praiias em UTM		
Perfil	Latitude	Longitude
1	2383101158	99312870519
2	2381556322	99309722771
3	2382432181	99306861705
4	2383421781	99302033763
5	2384406895	99293105905
6	2388410028	99296220167



Figura 2- Localização dos perfis 1 e 2 na praia da Marieta (Esporão arenoso).



Figura 3- Localização dos perfis 3, 4, 5 e 6 na praia da Marieta.



**Figura 4-Estação Total *Topcom* GTS em operação na praia da Marieta.**



**Figura 5-Ponto permanente para a realização do perfil praial (casa dos pescadores – seta branca) localizada no campo de dunas na porção de supramaré.**

### 3.2.2 Coleta e análise de amostras de sedimentos superficiais

Foram realizadas coletas de amostras de sedimentos superficiais simultaneamente aos levantamentos topográficos, de acordo com a zonação praiial descrita no perfil praiial (Figura 31) a fim de detalhar a distribuição dos sedimentos assim como suas características e sua fonte. Estas observações foram feitas a partir da primeira feição observada após a linha de maré alta de sizígia, obedecendo a um intervalo de 20 m perpendicular à linha de costa. Foram coletadas 141 amostras, nos dois períodos estudados com cerca de 14 amostras em cada perfil, dos sedimentos superficiais referentes à deposição mais recente, mediante o uso de um tubo PVC de 2 cm de espessura e 8 cm de diâmetro.

Estas amostras de sedimentos foram armazenadas em sacos plásticos e devidamente etiquetadas. No Laboratório de Recursos Minerais Marinhos do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, estas amostras foram submetidas a sucessivas lavagens para eliminação dos sais e secas na estufa a 60 °C, logo após, foram quarteadas e pesadas em alíquotas de 100 g.

Assim, as amostras de sedimentos foram peneiradas a seco por um período de 10 minutos, com vibração nível 7. As malhas que foram utilizadas, vão de 2 cm até 0,063 mm.

Após a pesagem destas amostras, os resultados foram lançados no Programa SYSGRAN na versão 3, para obter os parâmetros estatísticos como (média, mediana, selecionamento, assimetria e curtose) de acordo com a classificação de Folk & Ward (1957). O programa *Surfer* 8.0 foi utilizado para plotar os mapas destes parâmetros estatísticos.

### 3.2.3 Levantamento de dados aerodinâmicos e hidrodinâmicos

Os ventos locais possuem um impacto potencial nas praias, sendo essenciais para a formação das ondas. Os dados de vento, como velocidade e direção foram obtidas através da *Estação Meteorológica de Salinópolis/PA* gentilmente cedidas pelo Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Marinha do Brasil para o período de execução do trabalho.

Os parâmetros de onda, como a altura e o período aliados com o tamanho do sedimento, determinam o tipo de praia. Assim, observações visuais na área de estudo foram realizadas diariamente durante as etapas de campo, na preamar e na baixamar. A determinação da altura e do período da onda foram medidas com uma régua graduada na

zona de arrebentação, medindo então a altura do ponto mínimo, representando a cava e o ponto máximo da crista da onda.

Para a determinação do período de ondas foi utilizada a metodologia proposta por Muehe (1996) onde se deve cronometrar a passagem de uma série de ondas de 11 cristas por um ponto fixo, que pode ser a zona de arrebentação e dividir o resultado por 10. Também foi calculada a sua frequência de acordo com a quantidade de cristas que passam em um determinado ponto fixo em 1 minuto. Para esse procedimento, foi utilizada a bússola do tipo *Brunton* para verificar a direção do trem de ondas com a finalidade de medir o ângulo em que as ondas fazem entre as zonas de arrebentação e de espraiamento assim como o cronômetro para o período e frequência.

Os dados de marés foram previamente obtidos através da tábua de marés do fundeadouro de Salinópolis disponíveis pela DHN (2007), para o período de execução do trabalho, meses de março e novembro.

#### **3.2.4 Determinação dos parâmetros morfodinâmicos**

Para caracterizar os “estados” ou “estágios” morfodinâmicos da praia da Marieta foram utilizados os modelos de Guza & Inman (1975), Wright & Short (1984) e de Masselink & Short (1993) que são usados para as praias arenosas.

## 4 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO E ENTORNO

### 4.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ACESSO A PRAIA DA MARIETA

A praia da Marieta está localizada no nordeste do estado do Pará, pertencendo ao município de Maracanã, limitada pelas baías de Maracanã (a oeste) e Urindeua (a leste) situando-se entre as coordenadas geográficas  $00^{\circ} 41' 0,16$  N e  $00^{\circ} 33' 59,88$  S de latitude e  $47^{\circ} 29' 59,84$  W e  $47^{\circ} 24' 0,36$  E de longitude. Encontra-se na foz do estuário de Urindeua (Figura 6).

O acesso é feito a partir da cidade de Belém pela rodovia BR-316, até Castanhal pela rodovia PA-127 até o município de Maracanã, daí o acesso ao transporte fluvial que pode ser feito através de barco pela baía de Maracanã até a ponta do Marco. O acesso pode ser feito por Salinópolis pela PA-124 e assim é necessário utilizar o transporte fluvial pela baía de Urindeua, o qual é navegável, até a praia da Marieta.

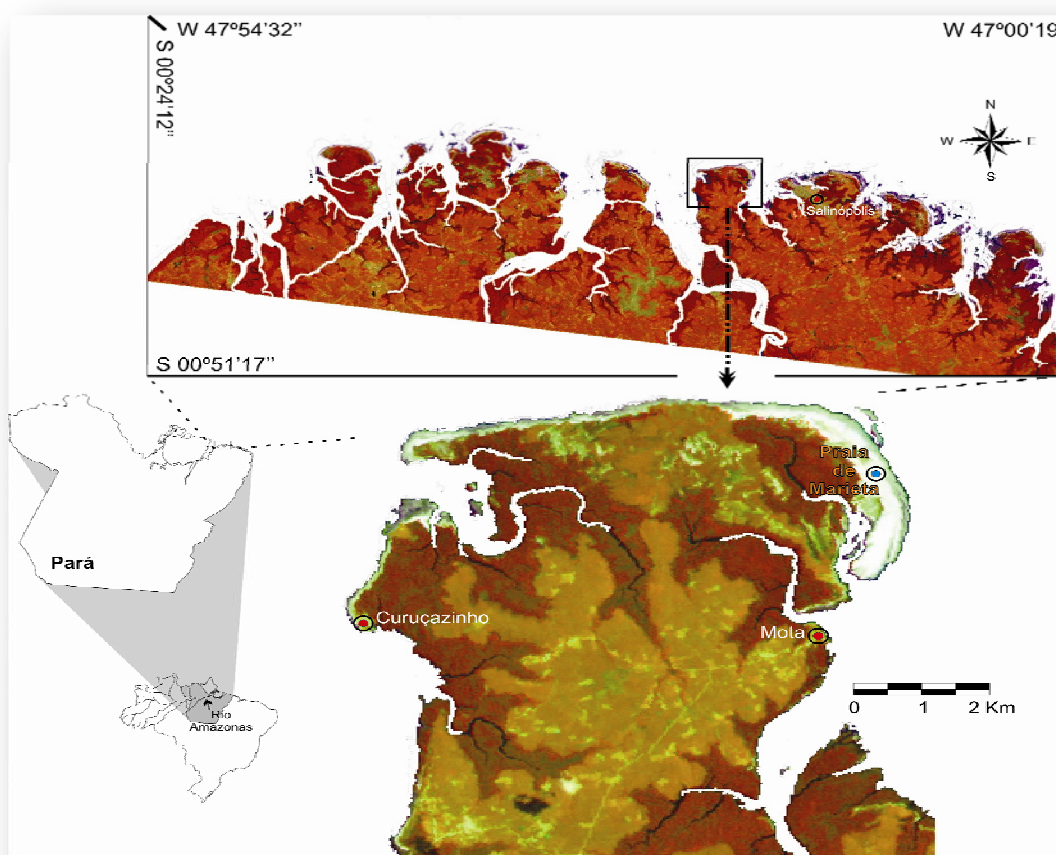


Figura 6- Situação da praia da Marieta (quadro) no contexto do litoral NE do Pará.

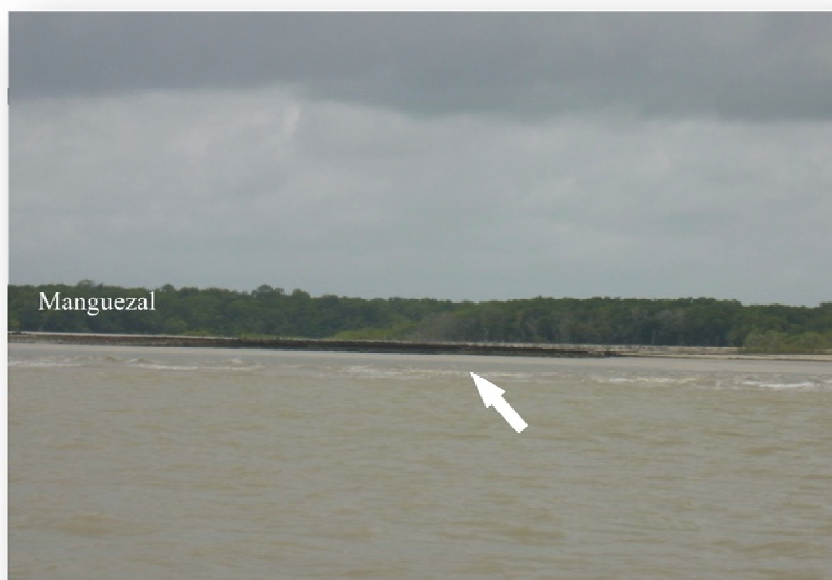
## 4.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS E ESTRATIGRÁFICOS

Na praia da Marieta as unidades litoestratigráficas que sustentam os sedimentos holocênicos são a Formação Pirabas, Grupo Barreiras (Terciário inferior), os Depósitos Pós-Barreiras e os sedimentos Recentes.

### 4.2.1 Formação Pirabas

A Formação Pirabas aflora, principalmente, na região litorânea do nordeste do estado do Pará e é constituída, por rochas carbonáticas depositadas durante o Mioceno Inferior (Maury, 1925), apresenta um alto conteúdo fossilífero, e possui uma seqüência predominantemente carbonática, onde variam de calcário fossilífero e arenito calcífero a marga (Leite *et al.*, 1992).

Os afloramentos de que são encontrados em altitudes correspondentes ao nível máximo de maré baixa, na área estudada encontra-se na ponta do Marco (Figura 7). Sua disposição mostra a direção preferencial N35-40E e está situada imediatamente abaixo da maior falésia situada à margem direita da baía de Maracanã. Leite *et al.* (*op. cit.*), observaram que a base do afloramento é representada por uma argila acinzentada, com laminação plano-paralela, que se torna amarelada ao entrar em contato com o calcário. Sobre a argila ocorre biocalcarenito de coloração amarelada, com concentração de fósseis.



**Figura 7-Afloramento dos sedimentos da Formação Pirabas (seta branca) na ponta do Marco exposta durante a maré baixa (fevereiro de 2006). Observar ao fundo os manguezais.**

#### 4.4.2 Grupo Barreiras

O Grupo Barreiras está exposto em forma de falésias ativas (Figura 8), e é constituído por materiais terrígenos (areias, silte e argila) sempre recoberto por sedimentos areno-argilosos do Pós-Barreiras.

Leite *et al.* (1992) observaram ao longo das falésias das margens da baía de Maracanã, a partir da análise estrutural, textural e granulométrica dos sedimentos, cinco fácies de sedimentação: (1) argilosa (laminada ou maciça); (2) areno-argilosa com estruturas “wavy” e “linsen”; (3) arenosa com estratificação cruzada sigmoidal; (4) arenosa com estratificação cruzada acanalada e (5) arenosa sem estruturação aparente.



**Figura 8-Falésia ativa esculpida no Grupo Barreiras formando a plataforma de abrasão de blocos lateríticos no Mota (março 2007)- Planalto costeiro.**

#### 4.4.3 Depósitos Pós-Barreiras

Os depósitos do Pós-Barreiras estão sobrepostos aos sedimentos do Grupo Barreiras e são separados por um contato erosivo (Sá, 1969). Estes são constituídos por sedimentos areno-argilosos, de coloração amarelada, com sua mineralogia contendo basicamente grãos de quartzo com pequenas frações de silte e alguma argilização (Leite *et al.*, 1992).

Estes sedimentos foram interpretados como sendo de idade holocênica e depositados a partir da atuação de movimentos gravitacionais (Rossetti, 1989).

Os afloramentos localizados na praia da Marieta mostram características distintas, onde são observados sedimentos de coloração escura (preto) com granulometria fina a média e com abundantes restos vegetais, indicando condições de fluxo de alta energia, depositados em uma superfície de discordância composta por um conglomerado laterítico e mostrando um suave mergulho em direção ao continente, esta superfície possui uma forma irregular e o desenvolvimento de “marmitas” (Leite *et al.*, *op. cit.*; Rodrigues, 2003).

Rodrigues, (2003) sugeriu que estes sedimentos sejam incluídos na Formação Pirabas, pois estes arenitos compõem naturalmente ambientes transicionais do tipo ilha-barreira formada por fácies de plataforma continental rasa, lagunares, de manguezais e leques de transbordamento e aos ambientes de delta de maré alta/*washover* (Figura 9).



**Figura 9 - Afloramento do Grupo Barreiras exposto na porção mais exposta da praia da Marieta mostrando os sedimentos arenosos escuros sobrepondo-se os blocos lateríticos, sendo cobertos pelos sedimentos recentes. Notar que acima destes sedimentos localizam-se as paleodunas.**

#### 4.4.4 Sedimentos Recentes

Os sedimentos recentes na praia da Marieta são predominantemente arenosos e lamosos. Sua distribuição é controlada pelas condições hidrodinâmicas em função das oscilações da maré, correntes e ventos.

Faria Jr. *et al.* (1987), afirmaram que a origem destes sedimentos ao longo do litoral paraense seria de extensos campos de dunas litorâneas que submergiram no último levantamento do mar durante a transgressão máxima do Holoceno. Estes campos de dunas teriam sido formados durante o Pleistoceno, por ocasião da última regressão deste período, a partir do retrabalhamento dos sedimentos do Grupo Barreiras de origem fluvial. Portanto devido a última transgressão, os sedimentos dos campos de dunas, agora submersas, passaram a ser deslocados pelas correntes, marés e ondas.

#### 4.5 ASPECTOS ESTRUTURAIIS

A atividade geotectônica do nordeste do estado do Pará é controlada por falhas transcorrentes de E-W ligadas à falhas normais de NW-SE. Tais descontinuidades seccionam e deslocam os sedimentos da Formação Pirabas e do Grupo Barreiras e são interpretadas como produto de uma tectônica cenozóica, com registros de movimentações dextrais no interior da Placa Sul-Americana (Costa *et al.*, 1991).

A ilha do Marco onde a praia da Marieta está localizada possui um lineamento WNW-ESSE que caracteriza a retilinearidade da praia mais ao norte da ilha (Leite *et al.*, 1992).

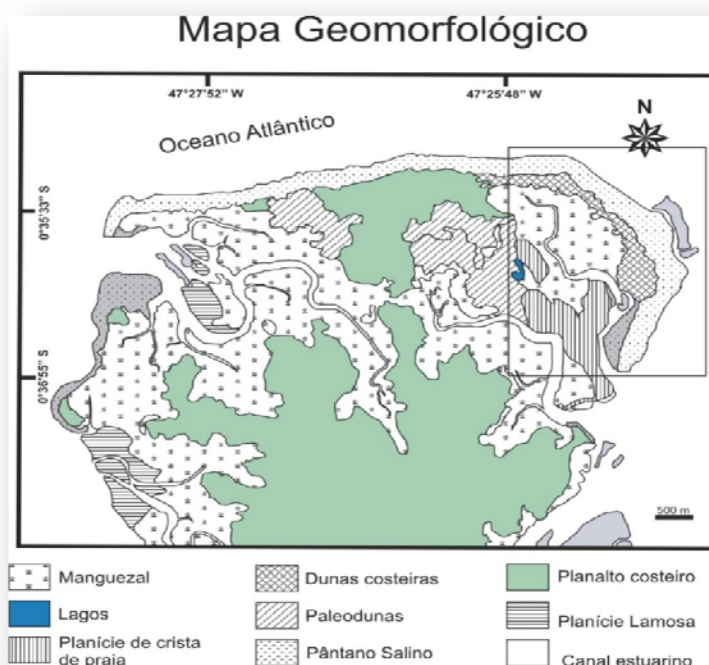
#### 4.6 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

As principais características geomorfológicas foram relacionadas aos movimentos tectônicos, oscilações do nível do mar e dinâmica erosiva e deposicional associado à ondas, marés, correntes costeiras e ventos, formando assim as baías, estuários, campo de dunas, planícies de maré, falésias e manguezais.

Na ilha do Marco, onde está localizada a praia de Marieta, Guerreiro, (2005) reconheceu com base na integração dos resultados da interpretação visual da imagem landsat ETM+, do mapa geomorfológico e das fotografias, três feições morfológicas principais: *Planalto costeiro* construído durante o pleistoceno foi retrabalhada durante na última transgressão Holocênica, formando as falésias ativas, com aproximadamente 20 m de altura,

em contato com a linha de costa, sendo diretamente influenciada por ondas, formando as plataformas de abrasão; *Planície de maré*, representada pela cobertura arenosa de supramaré, (Planície arenosa) e cobertura lamosa de manguezal e campos salinos (planície lamosa) e as planícies litorâneas, representadas pelo contínuo suprimento de sedimentos, carregados pelas ondas, marés e correntes de marés. Estes processos costeiros juntamente com o suprimento sedimentar, proveniente de depósitos arenosos da plataforma continental, são responsáveis pela formação de extensas praias barreiras do tipo *barrier spit*, com apenas uma das extremidades ligadas ao continente, dunas costeiras atuais, *chenier* (cristas de praia), que resultaram da progradação da linha de costa em direção ao continente, através do processo de acumulação de sedimentos pela ação das ondas, campo de dunas, onde o seu desenvolvimento está relacionado aos períodos de progradação costeira com ampla disponibilidade de sedimentos, e esporão arenoso, desenvolvido pela deriva litorânea atuante na porção leste da praia da Marieta.

Assim, a praia de Marieta corresponde a uma faixa de sedimentos holocênicos, associados a uma série de ilhas, baías e canais, que acompanham a linha de costa de direção NW-SE. Localmente representada pela planície litorânea e estuarina, apresentando praias, mangues, dunas, restingas e falésias.



**Figura 10- Contexto geomorfológico da ilha do Marco, evidenciando a praia da Marieta. O quadro indica o local do trecho da praia estudado. Fonte: Carvalho, (2006).**

#### 4.4.1 Plataforma Continental Interna

A plataforma continental interna do Pará é compartimentada entre a linha de costa e a isóbata de 20 m, possuindo um relevo suave com pequenas irregularidades devido à presença de acumulações arenosas alongadas perpendiculares a linha de costa (Guerreiro & El-Robrini, 2004). Devido à costa paraense ser recortada por vários estuários, é comum encontrar bancos de areia (*tidal currents ridges*) móveis e alongados segundo a direção geral da foz dos rios e que coincidem com a direção das correntes de marés. Esses bancos de areia são numerosos e pouco espaçados junto à costa.

#### 4.4.2 Planalto Costeiro

O planalto costeiro é representado por uma superfície suavemente ondulada modelada nos sedimentos do Grupo Barreiras e Pós-Barreiras que corresponde ao embasamento da planície costeira. Esta unidade se destaca pelo contato abrupto com a planície costeira, formando falésias ativas ao longo da linha de costa e da margem do estuário de Urindeua (Figura 8).

#### 4.4.3 Planície Costeira

As planícies costeiras são superfícies relativamente planas, baixas, localizadas junto ao mar, e cuja formação resultou da deposição de sedimentos marinhos e fluviais (Muehe, 1998). As variações do nível do mar durante o Quaternário, ao longo da praia da Marieta, desempenharam um importante papel no desenvolvimento da planície costeira.

A planície costeira ocupa a maior área da praia da Marieta onde corresponde aos depósitos arenosos e lamosos holocênicos. Está limitada pelo planalto costeiro, pela escarpa dos depósitos sedimentares do Grupo Barreiras e pelo oceano Atlântico. É recortada por canais estuarinos e pela baía de Urindeua. Sua largura máxima é de 7 km. Suas subfeições morfológicas são caracterizadas por planícies de maré, manguezais e bordejadas por extensos cordões de praias-barreiras. Na planície costeira estão inseridos os sub-ambientes de manguezal, *chenier*, cordões praia-duna, canais de maré, canal estuarino, esporão arenoso e barras (Figura 10 e 11) (Guerreiro 2006).

#### 4.4.3.1 Planície de maré

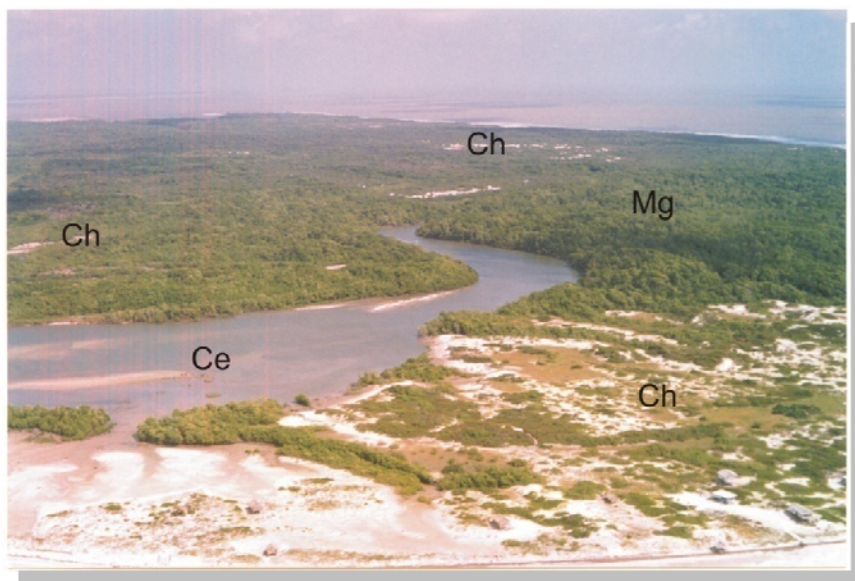
Os processos costeiros atuantes na planície de maré dão a esta unidade características morfológicas distintas. Na região de maior energia (*sand flat*) a intensa atuação direta das ondas e marés provoca uma atuação erosiva nesta área, proporcionando o desenvolvimento de feições retrogradacionais, representadas por terraços erosivos (Silva Júnior, 2003). Enquanto que em zonas de menor energia ocorre a deposição de sedimentos finos. Em áreas mais protegidas, dominam os processos deposicionais, sendo responsáveis pela formação manguezais. Ocorrem desde o nível médio de maré alta de sizígia, até as porções mais inferiores, que ficam sob a água (Alves, 2001).

Os manguezais limitam a praia da Marieta na porção interna, junto às cristas de praia e ao campo de dunas que bordejam o canal estuarino.

#### 4.4.3.2 Canais estuarinos

Os canais estuarinos são margeados pela planície de maré e pela foz do estuário de Urindeua. Na praia da Marieta, a forma destes canais está enquadrada na morfologia dos estuários do norte da Austrália, típico de um estuário com um regime de macromarés, onde corresponderia a um funil estuarino, segundo a classificação adotada por Souza Filho (1995) na planície costeira Bragantina, por Silva, (1996) na planície costeira de Salinópolis e por Santos (1996) na planície costeira de Algodual.

O leito do canal é exposto durante a maré baixa assim como barras arenosas de maré, que ocorrem com mais frequência na foz do canal, estas barras seguem a direção preferencial da direção das correntes de maré (Figura 11).

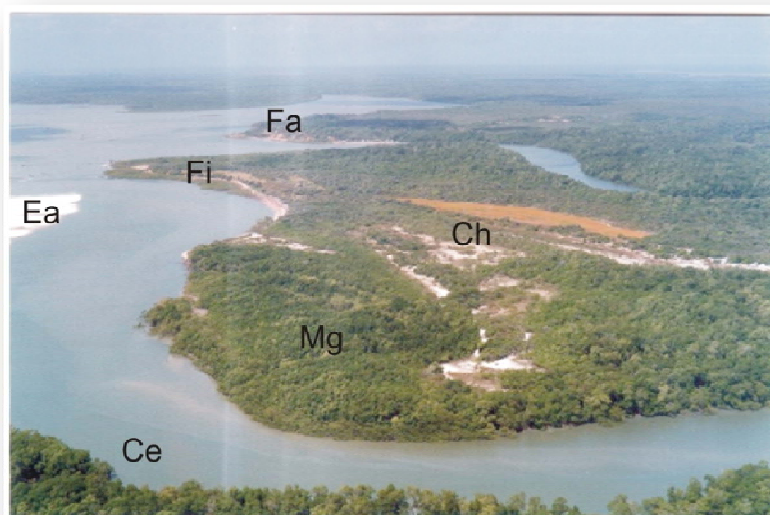


**Figura 11-**Canal estuarino (Ce) recortando os manguezais (Mg) e os *Cheniers* (Ch) (Março 2005) na praia da Marieta.

#### 4.4.3.2 *Chenier*

Os cheniers são corpos arenosos (cristas de praia) que ocorrem no interior da planície costeira a partir do contato com a planície de maré. Estes cordões são encontrados na porção leste da praia da Marieta (Figura 12 e 13).

Os *cheniers* resultam da progradação da linha de costa em direção ao continente, através do processo de acumulação de sedimentos por ondas, onde cada crista de praia representa um depósito individualizado, associado a uma linha de praia ativa (Dominguez, 1992). Na praia da Marieta estes cordões representam cristas de praias antigas, que estão alinhados na direção SE-NW, de acordo com a direção de incidência de ondas. O cordão litorâneo atual está sendo recoberto por sedimentos provenientes da ação eólica e por vegetação arbustiva de pequeno porte.



**Figura 12**–Chenier (Ch), canal estuarino (Ce) ponta do esporão arenoso (Ea), Falésia inativa (Fi) com a formação de mangue jovem na sua base na praia da Marieta e falésia ativa (Fa) na localidade de Mota- (Julho 2005). Fonte: Guerreiro, (2005).



**Figura 13** – Chenier (Ch) manguezal (Mg), dunas costeiras e limite da linha de costa na praia da Marieta (Julho 2005). Fonte: Guerreiro, (2005).

#### 4.4.3.3 Barras

Na praia da Marieta ocorrem barras arenosas, causadas pelo transporte de sedimentos que progridem de *offshore* por ondas e correntes de marés. Estas barras são depositadas seguindo a direção preferencial das correntes de maré.

A energia e a conseqüente distribuição dos sedimentos estão associadas com a topografia das barras. Estas barras provocam intensa refração e difração dos trens de onda, fato este responsável pelo alargamento da face praial deste setor, em decorrência da diminuição de energia (Figura 14).



**Figura 14 -Barras arenosas (setas brancas) localizadas frente a praia da Marieta, propiciando a refração e a diminuição da velocidade das ondas incidentes (setas) e deposição dos sedimentos (Julho 2005) Fonte: Guerreiro, (2005).**

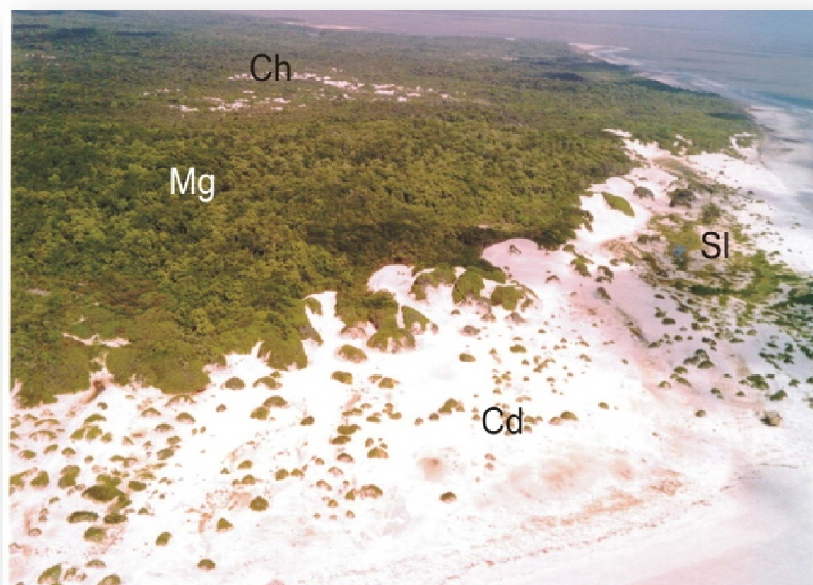
#### 4.4.3.4 Dunas

As correntes litorâneas transportam grandes quantidades de areia depositando parte destes grãos na zona de intermaré e supramaré pelas marés altas. Esta areia acumulada é remobilizada durante a maré baixa pelos ventos alísios dominantes de NE e SE para áreas mais elevadas da praia.

As dunas estão distribuídas em toda a linha de costa e separa a praia dos manguezais. As dunas vegetadas formam os “campos de dunas”. A vegetação arbustiva nativa desempenha importante papel na formação e fixação das dunas. Ocupam uma grande área da parte da praia da Marieta, com altura máxima de 20 m (Figura 15).

As dunas embrionárias desenvolvem-se junto à pós-praia e caracteriza-se por pequenos montes de areia com até 1 m de altura com vegetação rasteira.

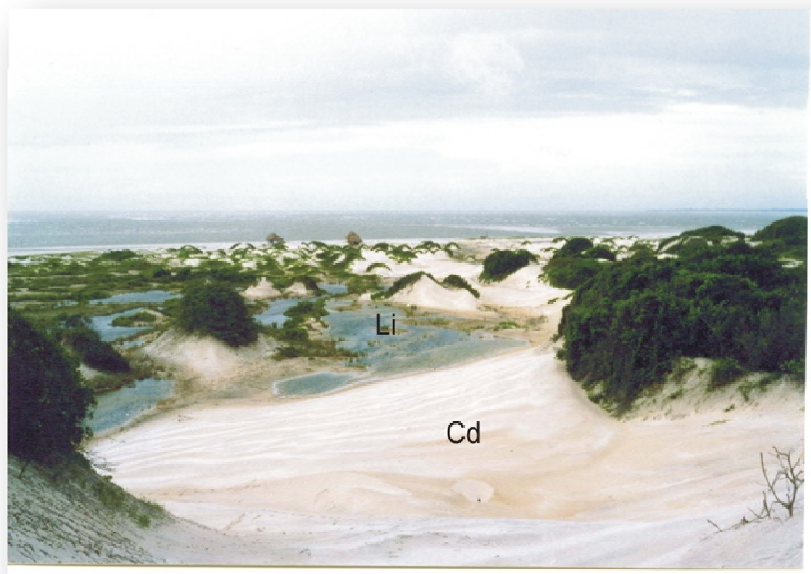
Durante o período chuvoso a base das dunas foi erodida formando escarpas devido a atividade das ondas, da amplitude de maré e das tempestades. Já no período menos chuvoso há uma formação de dunas embrionárias, devido estes processos serem mais fracos.



**Figura 15-Campo de dunas (Cd) o Sistema de lagos interdunais, notar o contato com o manguezal (Mg) e o *chenier* –(Ch)**



**Figura 16-Dunas frontais com aproximadamente 3 m de altura. Foto do autor (março 2007).**



**Figura 17- Campo de dunas (Cd), notar lagos interdunais (Li), (março 2005 )**

#### 4.4.3.5 Esporões

O esporão arenoso está localizado perpendicularmente a foz da Baía de Urindeua na extremidade leste da Praia da Marieta e é resultante da acumulação de sedimentos, em transito na deriva litorânea. Estes sedimentos são carregados pelas frentes de ondas e sistema de ventos dominantes vindos de NE-SE. Na sua retaguarda ocorre um ambiente estuarino protegido das ondas onde desenvolve manguezal jovem. (Figura 18).



**Figura 18-Esporão arenoso localizado na porção leste da praia da Marieta, presença de um canal estuarino, Chenier (Ch), Falésia inativa (Fi) e Manguezal (Mg) ( Julho de 2005).**

#### 4.4.3.6 Cristas e calhas

Na praia da Marieta ocorrem múltiplas cristas e calhas (Figura 19) resultantes da abundância de sedimento da zona de intermaré durante o período chuvoso e menos chuvoso. No período chuvoso elas são formadas devido à erosão das dunas e assim eles migram em direção ao mar, já no período menos chuvoso, período de baixa energia, o sistema de crista e calha migra em direção ao continente pelas correntes geradas pelas ondas. O sistema de crista e calha causa a quebra das ondas, portanto em praias dissipativas como a praia da Marieta, a zona de surfê migra com a translação da maré, onde os seus pontos de quebra serão as cristas.



**Figura 19-Sistema de crista e calha na praia da Marieta (novembro, 2007).**

### 4.5 ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS E METEOROLÓGICOS COSTEIROS

#### 4.5.1 Ondas

Na praia da Marieta as ondas possuíram diferentes direções de acordo com a posição da linha de costa. Seguiram o mesmo padrão de direção dos ventos na costa com variações sazonais de NE e SE devido ao deslocamento dos ventos alísios. Segundo Hoefel (1998), as ondas estão intimamente ligadas com a morfologia do fundo, onde os raios de onda são redirecionados pela batimetria, modificando as ondas incidentes, este processo é chamado de refração.

O fundo predominantemente arenoso da plataforma continental do Pará apresenta-se com uma topografia ondulada, característica de “*sand wave*” (ondas de areia), muito móveis, sendo alinhada à linha de costa atual e se estendem por várias milhas e refratam as ondas incidentes de *offshore*.

No setor frontal à praia de Marieta ocorrem duas barras arenosas submersas. As frentes de ondas ao encontrarem estas barras submersas terão seu movimento retardado pelo atrito do fundo, ocasionando assim, por esta diminuição da velocidade, a deposição de sedimentos arenosos na costa. Assim, na porção do esporão arenoso, a direção das ondas permaneceu N-S devido a refração das ondas (Figura 14).

A maneira em que as ondas arrebentam depende do gradiente do fundo marinho e da geometria da onda (Muehe, 1994). Na praia da Marieta, as ondas quebram no tipo deslizante, onde ocorre em fundos com menos de  $2^0$  de inclinação, de baixa declividade.

A altura significativa da arrebentação na praia da Marieta mostrou que durante a estação chuvosa, as ondas apresentaram uma altura média de 1,3 m, sendo maior durante a preamar, devido que neste período a velocidade dos ventos serem moderados. Já na estação menos chuvosa observou-se que o período das ondas não foi tão diferente da estação chuvosa apresentando altura média de 1,2 m (Figura 20). O período das ondas (T) correspondeu a 8 s nos dois períodos estudados. Este resultado é esperado devido ao retardamento das ondas por causa dos bancos arenosos submersos frente à praia da Marieta. Na porção do esporão arenoso o clima de ondas é praticamente inexistente, pois as ondas não possuem altura significativa.



**Figura 20-Incidência de ondas na praia da Marieta (NW). Em função da suave inclinação da praia, as ondas deslizam no perfil praiial, durante a maré baixa de março de 2005. Fonte: Guerreiro, (2005).**

#### 4.5.2 MARÉS

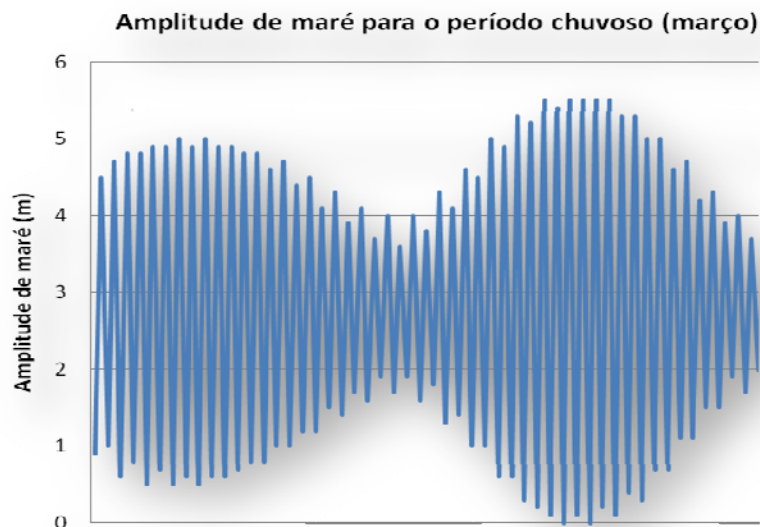
O processo mais importante que controla a morfologia e a hidrodinâmica do ambiente praiial está associado com a dissipação das ondas incidentes. Em segundo plano ficam as grandes amplitudes de maré (Masselink & Turner, 1999).

Enquanto as marés irão sempre estar em segundo plano em relação às ondas na morfodinâmica praiial, aumentando a amplitude de maré, terá um impacto nas atividades de empinamento, quebra e espraçamento das ondas (Cowell, 1999).

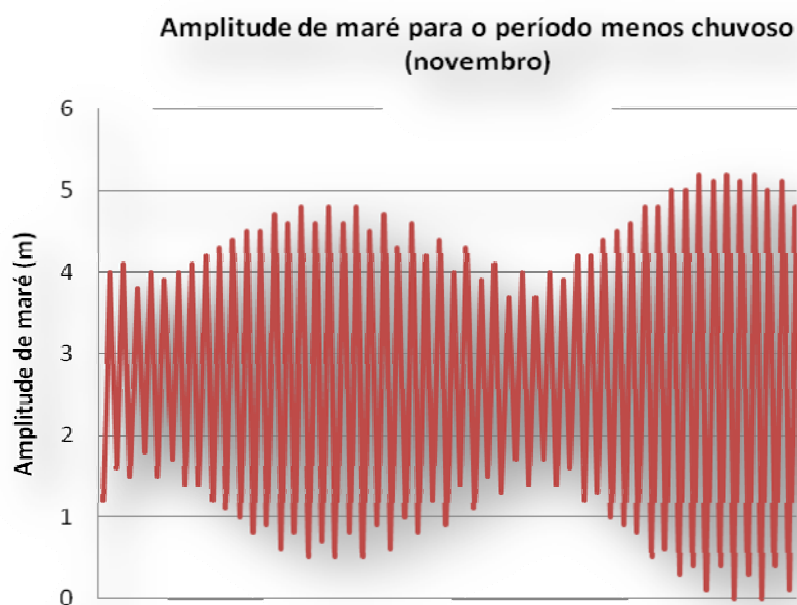
As marés não afetam diretamente os processos hidrodinâmicos, por estarem associados a uma escala de tempo que são muito diferentes (horas expostas a segundos). Portanto, os estágios da maré determinam onde os processos hidrodinâmicos irão atuar e a translação da maré prescreve por quanto tempo estes processos podem agir no fundo e afetar a morfologia da praia. Assim, a maré representa um nível adicional de complexidade para a dinâmica praiial introduzindo variações nos processos morfodinâmicos (temporais) no ciclo de maré e das fases da lua e também espaciais no perfil (Masselink, 2007).

Em março de 2007, a amplitude máxima de maré foi de 5.5 m, com amplitudes mais notáveis durante as marés de sizígia (DHN, 2007) (Figura 21). Na praia da Marieta as

amplitudes de maré caracterizam-se como do tipo de macro-marés, por serem superiores a 4 m e de natureza semidiurna (Davies, 1974).



**Figura 21-Amplitude de maré para o mês de março. Notar que a amplitude máxima atingida foi de 5,5 m e a mínima de 0,1 m. Fonte: DHN, (2007)**



**Figura 22-Amplitude de maré para o mês de março. Notar que a maior amplitude foi de 5,2 m e a mínima de 0,3 m. Fonte: DHN, (2007)**

#### 4.5.3 CORRENTES LITORÂNEAS

As principais correntes atuantes na praia da Marieta são as correntes de maré, correntes litorâneas. As correntes de maré são responsáveis pelo transporte de grande quantidade de sedimentos da plataforma continental, que são colocados em movimento pelas ondas, até serem depositados no litoral.

As correntes de maré atuam tipicamente na zona de surfe em profundidades consideráveis. No entanto, assim que a amplitude de maré aumenta, e os processos costeiros são introduzidos na zona de intermaré, as correntes de maré podem atuar na zona de intermaré inferior e na zona rasa de inframaré (Masselink & Turner 1999).

As correntes de marés atuam na praia da Marieta durante o ano inteiro, quando atingem sua máxima velocidade direcionam-se para E-NE na vazante, enquanto que na enchente direcionam-se para W-SW. Estas correntes são responsáveis pela formação de bancos arenosos (“*tidal current ridges*”) perpendiculares à linha de costa (El-Robrini, 1993).

No estuário do rio Maracanã, Barbosa, (2008) mostrou que a velocidade das correntes de maré medidas em campo foi na estofa de preamar de sizígia  $0,7 \text{ m s}^{-1}$ , na estofa de baixa mar de sizígia  $0,13 \text{ m s}^{-1}$ , na meia maré enchente de sizígia  $1,93 \text{ m s}^{-1}$  e na meia maré vazante de sizígia  $2,58 \text{ m s}^{-1}$ .

Segundo Komar (1976), existem duas correntes litorâneas induzidas pelas ondas na zona costeira que dominam os movimentos de água além dos movimentos de fluxo e refluxo produzidos diretamente pelas ondas.

As correntes longitudinais que são formadas pela incidência de ondas sobre a praia e pela variação longitudinal da altura da arrebentação e as correntes transversais são caracterizadas por fluxos estreitos, posicionados normal ou oblíquas em relação á costa, que atravessam a zona de surfe em direção ao mar (Hoefel, 1998).

Na praia da Marieta a deriva litorânea corresponde à direção da deposição dos sedimentos do esporão arenoso. Estas correntes possuem direção NE-SW em resposta ao ângulo de incidência das ondas geradas pelos ventos alísios que chegam ao litoral de direção ENE.

## 4.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS

O regime climático do NE do Pará, incluindo a Praia da Marieta é influenciado por um clima do tipo AW1 da classificação de KÖPPEN, caracterizado por ser quente-úmido (Martorano, 1992).

Segundo Rocha *et al.* (2002), o NE do Pará tem como principais características climáticas, temperaturas oscilando entre a máxima de 30°C e mínima de 22°C. A temperatura da superfície do mar varia de 27°C no verão a 24°C no inverno. As épocas de chuvas concentram-se entre fevereiro e abril, com um máximo de 216 dias de sol ao ano e mínimo de 200 dias de insolação. Os totais pluviométricos mensais variam de 7,7mm em um mês seco e de 631,7 mm no mês chuvoso para o ano de 2007.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 1992), a temperatura do ar no Estado do Pará apresenta pequena variação sazonal, com temperaturas médias acima de 25°C em todos os meses do ano.

As menores temperaturas médias do ar ocorrem em fevereiro, um mês típico da estação chuvosa com elevada nebulosidade. As temperaturas médias do ar mais elevadas ocorreram em outubro, que representa a transição entre o fim do período menos chuvoso e o início do período mais chuvoso. A temperatura máxima do ar aumenta continuamente de fevereiro a outubro, decrescendo em novembro devido ao aumento da nebulosidade e início da estação chuvosa propriamente dita. A umidade relativa é elevada, com valores acima de 80% em todos os meses do ano. Os valores mais elevados de umidade relativa ocorrem no trimestre mais chuvoso, aproximadamente 89%, em consequência das temperaturas menores nesse período. A duração média de horas de brilho solar apresenta uma variação sazonal bem definida, com valores máximos em julho (menos nebulosidade) e valores mínimos em fevereiro (maior nebulosidade). A duração média de brilho solar variou de 3,8 h em fevereiro a 7,5 h em julho (Moraes *et al.*, 2005).

### 4.6.1 Precipitação

O regime meteorológico na praia da Marieta e região oceânica adjacente são regidos e influenciados por uma manifestação local de um padrão de anomalias de grande-escala abrangendo o Atlântico Equatorial inteiro e Região Amazônica.

O padrão dipolo de anomalias de chuvas no atlântico tropical é a consequência do deslocamento meridional da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Os padrões dipolo

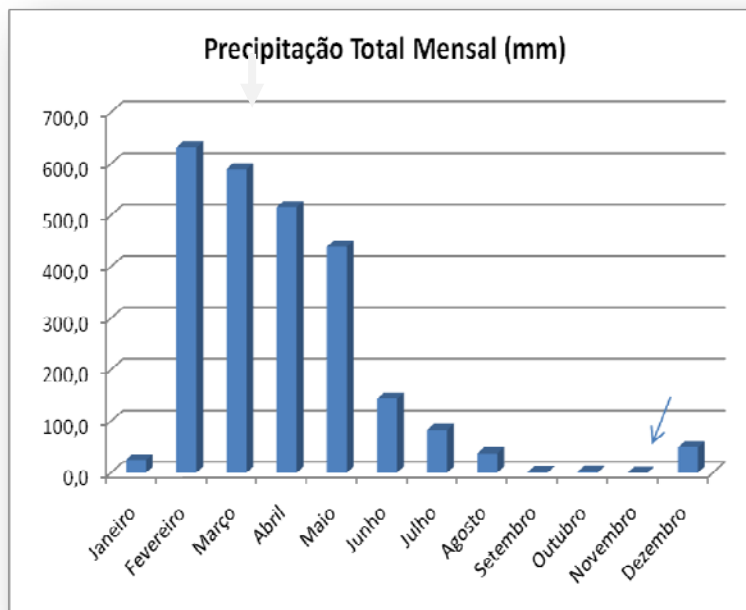
da temperatura da superfície do mar (TSM) e de ventos são os modos mais dominantes na variabilidade interanual. Ventos alísios fracos são associados com TSM mais quentes; e ventos alísios fortes com TSM mais fria (Nobre, 1993). A posição da ZCIT corresponde a zona de maior TSM.

A presença da ZCIT na região causa aglomerados de cumulonimbus (Cb) propiciando a formação de linhas de instabilidade convectiva (LI) que se propagam do litoral para o interior do continente, sendo responsáveis por 45% das chuvas (Cohen, 1989; Cohen *et al.*, (1995).

Durante o horário da manhã, o máximo de precipitação contorna a costa sobre o oceano, enquanto que no horário da tarde, esse máximo intensifica-se e se desloca para o interior do continente até aproximadamente 250 km da linha de costa (Negri *et al.*, 1994 *apud* Ferreira, 2001)

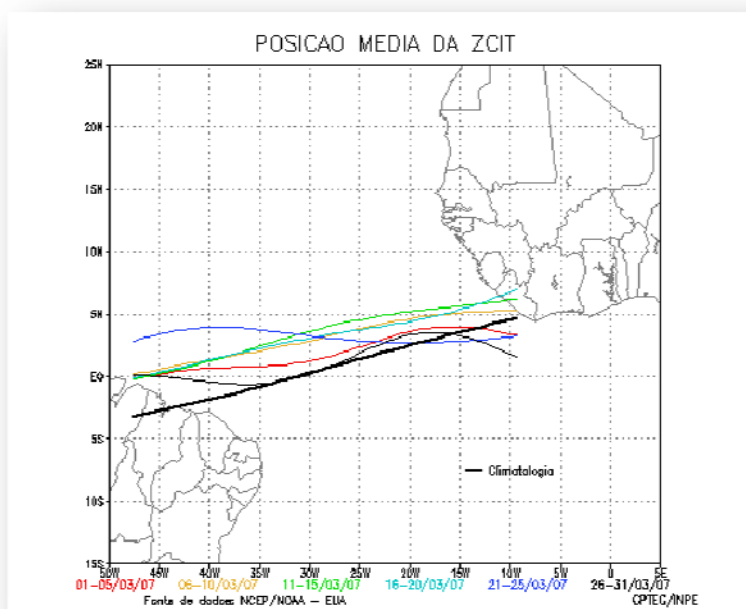
A ZCIT é caracterizada nos oceanos pela confluência dos alísios e máximas TSM. O movimento sazonal norte-sul da ZCIT está associado ao deslocamento sazonal da região de máxima TSM sobre os oceanos tropicais, atingindo a posição mais ao norte em torno de 12°N e mais ao sul em torno do Equador e cuja posição média anual é aproximadamente 5°N (Souza, 2000).

Um dos mecanismos que pode causar alterações da precipitação no litoral N-NE brasileiro foram discutidos por Moura e Shukla (1981) *apud* Souza *et al.* (2000), quando a TSM está acima da média no Atlântico norte e abaixo da média no Atlântico sul e a ZCIT encontra-se ao norte de sua posição climatológica. Nesta configuração, o ramo descendente da célula de Walker intensifica-se, causando forte subsidência nesta região, reduzindo a precipitação na área. Também as anomalias de TSM no Pacífico Tropical, associadas ao fenômeno *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS), causam impactos de grande escala nas chuvas do norte do Brasil. Eventos de *El Niño* (*La Niña*) estão associados à secas (chuvas abundantes) no leste da Amazônia (SOUZA *op. cit.*, 2000).

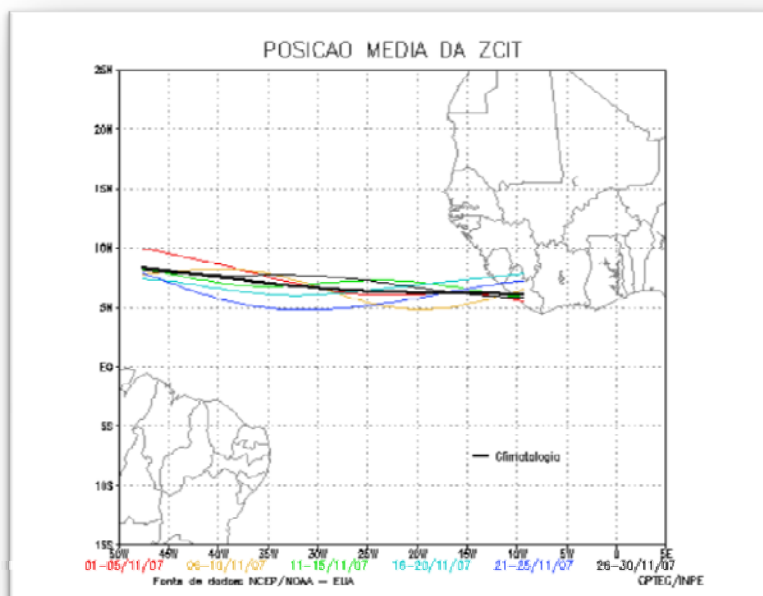


**Figura 23-**Precipitação mensal para o ano de 2007 para a estação meteorológica de Salinópolis.

Ao longo do ano, observam-se no litoral amazônico períodos chuvosos e menos chuvosos. Estes eventos estão altamente associados às anomalias nos padrões atmosféricos oceânicos no oceano Atlântico tropical, relacionados com o padrão dipolo de TSM (SOUZA *et al.*, 2000).



**Figura 24-**Posição média da ZCIT para o mês de março de 2007. Notar que a sua posição situa-se próximo ao litoral paraense na linha do Equador. Fonte: CPTEC, (2007).



**Figura 25-Posição média da ZCIT para o mês de novembro de 2007. Notar que a sua posição situa-se distante ao litoral paraense cerca de 10 N. Fonte: CPTEC, (2007).**

Em novembro, a ZCIT atuou próxima à sua posição climatológica, posicionando-se entre as latitudes 5°N e 10°N (Figura 25). Em praticamente todas as pântadas, pode-se notar a influência da borda dos vórtices ciclônicos no posicionamento mais ao norte da ZCIT a oeste de 30°W. Ressalta-se que a fraca atividade convectiva associada à ZCIT próximo à costa norte da América do Sul continuou consistente com a baixa frequência de Linhas de Instabilidade (LI's), como notado em meses anteriores.

#### **4.6.2 *El Niño /La Niña***

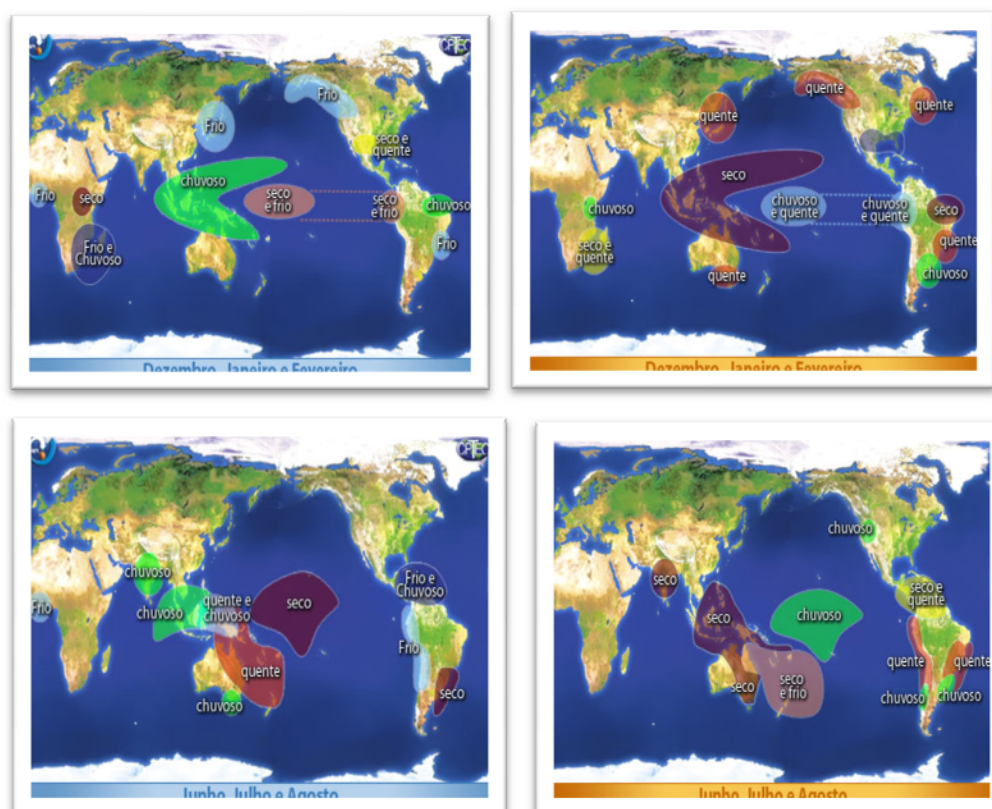
O *El Niño* é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico tropical, e que pode afetar o clima regional e global, mudando os padrões de vento a nível mundial, e afetando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias. Como consequência na região norte do Brasil há uma diminuição da precipitação e secas (Figura 26) (CPTEC/INPE, 2007).

Já a *La Niña* também representa um fenômeno oceânico-atmosférico com características opostas ao *El Niño*, e que se caracteriza por um esfriamento anormal nas águas superficiais do oceano Pacífico tropical (Figura 26). Alguns dos impactos de *La Niña* tendem a serem opostos aos de *El Niño*, mas nem sempre uma região afetada pelo *El Niño* apresenta impactos significativos no tempo e clima devido à *La Niña*. Na região norte do

Brasil, *La Niña* provoca um aumento da precipitação e vazões dos rios nos meses de novembro a junho (CPTEC/INPE, *op. cit.*).

Este fenômeno, que se apresenta normalmente em intervalos de dois a sete anos, caracteriza-se com a TSM e a atmosfera sobre ele apresentando uma condição anormal durante um período de 12 a 18 meses. Nos anos em que *El Niño* está presente, a evolução típica do fenômeno inicia no começo do ano, atingindo sua máxima intensidade durante dezembro do mesmo ano, enfraquecendo-se (Nogueira *et al.*, 2003).

Em março foi observado um episódio frio do fenômeno *El Niño*, ou seja, expansão da área de anomalias negativas de TSM na faixa equatorial do Pacífico leste e intensificação do sistema de alta pressão subtropical do Pacífico sudeste, indicando uma possível transição para *La Niña* nos próximos meses (CPTEC/INPE *op. cit.*).



**Figura 26- La Nina (azul), e El Niño (laranja). Fonte: CPTEC, (2007).**

### 4.6.3 Condições aerodinâmicas

Na praia da Marieta predominam ventos alísios com variações NE-SE, que são originados por dois anticiclones subtropicais: O Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) e o Anticiclone Tropical Atlântico Norte (ATAN) (Alves, 2001).

Já na escala diurna, durante a brisa marítima, observou-se à mudança da direção do vento, sendo de ESE. No horário da brisa terrestre, sobre o continente, o vento predominante foi de SE nos manguezais de Bragança (Ferreira, 2001).

O mesmo comportamento foi observado na praia da Marieta onde os ventos no período menos chuvoso mostraram a direção variando entre ESE e SE, já no período chuvoso os ventos mostraram direção preferencial de ENE-NE com algumas variações durante a manhã, na brisa marítima, para SE. A velocidade dos ventos foi mais fraca atingindo em média  $6 \text{ m s}^{-1}$  durante a manhã e no período da tarde os ventos foram mais intensos, atingindo  $10 \text{ m s}^{-1}$  durante o período chuvoso. Já no período menos chuvoso, os ventos foram intensos durante o dia e fracos durante a noite atingindo uma velocidade máxima de  $18 \text{ m s}^{-1}$  durante o dia e  $4 \text{ m s}^{-1}$  durante a noite.

O vento, próximo à superfície, é relativamente mais fraco durante a brisa terrestre e sua direção é aproximadamente paralela à linha costa, enquanto que na brisa marítima o vento é mais intenso e perpendicular à linha da costa (Ferreira, *op. cit.*). Essa variação espacial e temporal da direção dos ventos na costa paraense é associada principalmente à circulação de brisas terrestre e marítima.

Cohen *et al.* (1995) mostram a formação de atividade convectiva dos ventos na linha da costa, estando sobre o oceano durante a manhã (brisa terrestre) e no interior do continente à tarde (brisa marítima).

**Tabela 2- Velocidade média e a direção predominante do vento no período chuvoso (março de 2007)**

(continua)

Dados dos ventos para o período chuvoso (março)		
Data e hora	Velocidade em nós	Direção real dos ventos
16/03/2007 03:00:00	6	10
16/03/2007 06:00:00	2	150
16/03/2007 09:00:00	2	300

(conclui)

Data e hora	Velocidade em nós	Direção real dos ventos
16/03/2007 15:00:00	4	350
16/03/2007 18:00:00	2	300
16/03/2007 21:00:00	6	320
17/03/2007 03:00:00	6	330
17/03/2007 06:00:00	4	20
17/03/2007 09:00:00	6	20
17/03/2007 12:00:00	4	10
17/03/2007 15:00:00	5	40
17/03/2007 18:00:00	10	10
17/03/2007 21:00:00	8	20
18/03/2007 03:00:00	6	10
18/03/2007 06:00:00	4	20
18/03/2007 09:00:00	6	10
18/03/2007 12:00:00	8	360
18/03/2007 15:00:00	10	360
18/03/2007 18:00:00	8	20
18/03/2007 21:00:00	6	20

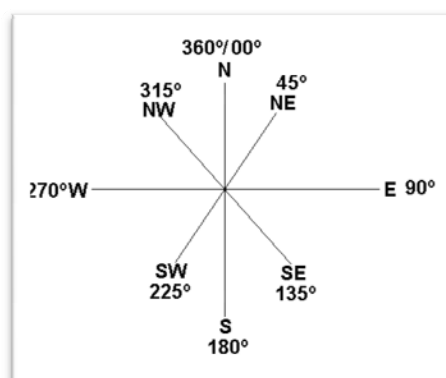
**Tabela 3--Velocidade média e a direção predominante do vento na estação menos chuvosa (novembro) de 2007.**

(continua)

Dados dos ventos para o período menos chuvoso (novembro)		
Data e hora	Velocidade em nós	Direção real dos ventos
02/11/2007 03:00:00	10	40
02/11/2007 06:00:00	10	30
02/11/2007 09:00:00	10	30
02/11/2007 12:00:00	10	50
02/11/2007 15:00:00	8	30
02/11/2007 18:00:00	8	40
02/11/2007 21:00:00	4	30

(conclui) |

Data e hora	Velocidade em nós	Direção real dos ventos
03/11/2007 03:00:00	4	20
03/11/2007 06:00:00	10	20
03/11/2007 09:00:00	10	20
03/11/2007 12:00:00	12	20
03/11/2007 15:00:00	10	30
03/11/2007 18:00:00	12	60
03/11/2007 21:00:00	10	40
04/11/2007 03:00:00	10	40
04/11/2007 06:00:00	8	40
04/11/2007 09:00:00	8	40
04/11/2007 12:00:00	18	30
04/11/2007 15:00:00	10	30
04/11/2007 18:00:00	18	30
04/11/2007 21:00:00	7	30



**Figura 27-Rosa dos ventos. Notar que durante o período chuvoso, a direção dos ventos foram de noroeste e nordeste. Já durante o período menos chuvoso a direção foi preferencial de nordeste.**

A velocidade dos ventos foi medida em nós por hora no mês de março (período chuvoso) e novembro (período menos chuvoso) (Tabelas 2 e 3 respectivamente). No período chuvoso no horário de 12:00 h do dia 6 a velocidade do vento chegou a 12 nós, sendo a maior velocidade atingida em março, durante o período da manhã a velocidade dos ventos é

menor do que no período da tarde, explicando a mudança de direção do ventos (NE-SE) pelos processos de brisa marítima e terrestre.

No período menos chuvoso, a velocidade do vento em novembro atingiu no horário de 21:00 h do dia 17 uma velocidade de 22 nós, sendo a maior velocidade atingida. Quanto à direção dos ventos eles foram uniformes com direção SE.

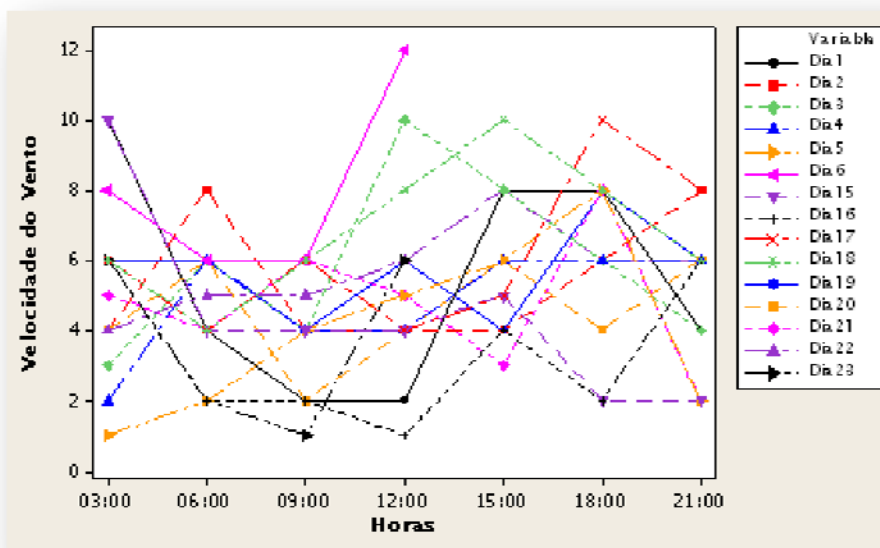


Figura 28- Velocidade do vento (nós) pela hora para o mês de março (período chuvoso) de 2007.

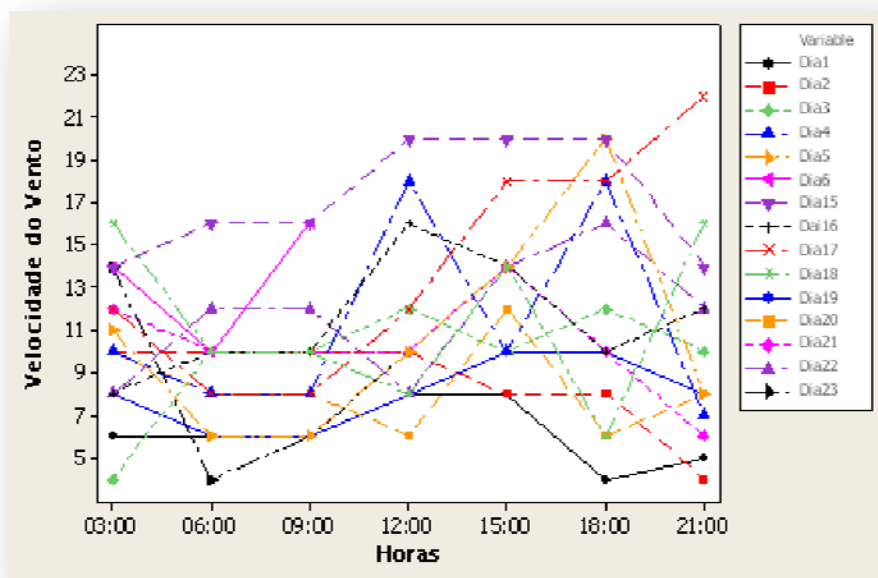


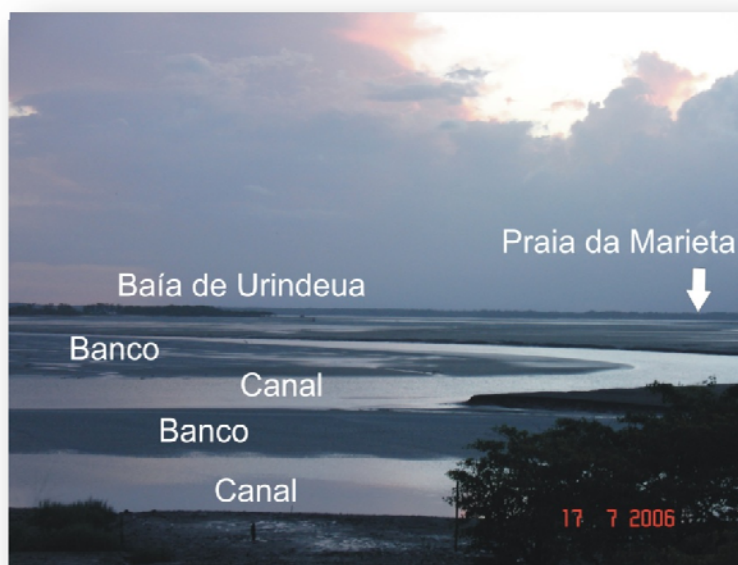
Figura 29- Velocidade do vento (nós) pela hora para o mês de novembro (período menos chuvoso) de 2007.

#### 4.7 ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

O litoral paraense é recortado por diversas baías, onde segundo Faria Jr. *et al.* (1992) se individualizam como sendo foz dos rios, as quais sofrem assoreamento quase que completo por depósitos arenosos.

A ilha do Marco, onde a praia da Marieta está localizada, fica situada entre as baías de Maracanã e de Urindeua. Além dos rios e baías estão os furos e canais de maré que também são a principal via de acesso para os habitantes da área. A ilha do Marco/Marieta é na verdade um istmo, onde os canais da parte leste (Urindeua) e oeste (Maracanã) encontram-se nas marés cheias. A baía de Urindeua é pouco profunda, onde na baixa-mar, expõe diversos bancos de areia tornando a navegação difícil (Figura 30).

Segundo Costa *et al.* (1991), a drenagem atual reflete os movimentos tectônicos, onde possuem orientação 30N-40W.



**Figura 30-Baía de Urindeua, observar a presença de bancos arenosos e canais expostos durante a maré baixa, o qual é navegável.**

## 5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE AMBIENTE PRAIAL

As praias podem ser definidas de várias formas, portanto dois ingredientes importantes são essenciais, as ondas e os sedimentos. A definição mais simples de uma praia é uma acumulação de sedimentos depositados por ondas, por apresentar mobilidade, se ajustam facilmente às condições de ondas e de marés, onde os sedimentos são depositados pelas ondas acima do nível do mar, como também são influenciados e modificados por outros processos, particularmente maré e vento, e por parâmetros como tamanho e tipo de sedimento, biota, temperatura do ar e água, e química da água (Short *et al.*, 1999).

Segundo Komar, (1976) as praias são as acumulações de sedimentos inconsolidados, que se estendem em direção à costa da linha média de maré baixa até alguma mudança da feição como falésia e dunas, ou algum ponto onde a vegetação permanente é estabilizada.

Short, (2005) definiu uma praia de forma simples como sendo uma acumulação de sedimentos por ondas entre a base da onda e até acima do limite de espraiamento, onde a base de onda é a profundidade máxima em que as ondas podem transportar sedimento praial em direção ao mar e o limite de espraiamento sendo o limite sub-aéreo, da ação das ondas e do transporte de sedimento em direção ao continente.

Mudanças na morfologia praial podem ocorrer em diferentes frequências e podem envolver mudanças no volume, estado praial ou os dois (Wright *et al.*, 1985).

Os cinco parâmetros primários que controlam as características básicas das praias são a altura e período das ondas, tamanho do sedimento, amplitude de maré e gradiente da praia, assim como o comprimento da praia e seu embasamento que irá determinar a influência desses parâmetros primários, e finalmente o clima regional que irá influenciar nas características da praia (Short, 1999). Portanto são dependentes da altura e período de onda, da amplitude de maré e da granulometria de sedimento.

Mudanças volumétricas (erosão e acreção) são expressas na variabilidade do perfil. Estas mudanças podem ocorrer em várias escalas de tempo, sendo válidos para períodos intermediários (sazonais), onde a costa avança e se retrai, para curtos períodos (diários ou semanais), onde a flutuação da energia das ondas incidentes é igual ou excedem as flutuações sazonais.

As praias variam no tempo com a mudança das condições de ondas e variam espacialmente dependendo das condições ambientais, envolvendo não só mudanças na sua morfologia, mas também no seu comportamento hidrodinâmico.

Wright & Short (1984) descreveram modelos praias envolvendo seis “estados” ou “estágios” morfodinâmicos. Cada um desses estágios possui processos morfodinâmicos particulares, sendo caracterizados por diferentes “contribuições” das ondas incidentes e circulação na zona de surfe.

Existem dois estágios extremos (e opostos): dissipativo e o reflectivo. Entre estes dois extremos existem quatro estágios intermediários, que apresentam características dissipativas e reflectivas. O estágio dissipativo é equivalente ao estado do perfil de tempestade ou de inverno, sendo caracterizado por uma extensa zona de surfe, uma praia subaérea de baixo gradiente e por uma baixa sedimentação (na frequência das ondas incidentes) e alta energia (Wright & Short, *op. cit.*). Prevalendo ondas altas e íngremes e areias muito finas. No outro extremo, praias reflectivas são análogas (na forma) ao chamado perfil de verão da literatura clássica. Não possuem, uma zona de surfe e o estoque de sedimento é confinado na porção mais íngreme do perfil praias e no berma da praia subaérea. As ondas são freqüentemente bem desenvolvidas causando cúspides na zona de espraiamento. Dinamicamente, os dois extremos podem ser distinguidos com base no parâmetro de escala de surfe.

Wright & Short (*op. cit.*) estabeleceram que  $\Omega < 1$  resulta em um estado morfodinâmico reflectivo, com quebra de ondas do tipo ascendente ou mergulhante, como sendo uma praia de alta declividade e com granulometria comumente grossa;  $\Omega > 6$  em um estado morfodinâmico dissipativo, com zona de surfe bem desenvolvida em decorrência da incidência das ondas de alta energia do tipo mergulhante e de granulometria fina, e valores de  $\Omega$  entre 1 e 6 definem as praias de estado morfodinâmico intermediários, sendo caracterizado por envolver processos reflectivos e dissipativos, sendo pouco estáveis e mais complexos, por causa da variabilidade das ondas incidentes e com sedimentos variando entre areia média a grossa, exibindo barras bem desenvolvidas e uma topografia rítmica.

A praia é segmentada em quatro subambientes dinâmicos em que as ondas expendem sua energia pelo processo de espraiamento e de quebra, assim, transferindo energia para trabalhar os sedimentos e modelar o sistema praias.

## 5.1 SUBAMBIENTES PRAIAS

### 5.1.1 Zonação da maré no perfil praial

Cada uma destas zonas é distinguida por diferentes características morfológicas e sedimentológicas, frequências de inundação e dinâmica de regimes. Diversos autores têm utilizado terminologias diferentes para estas zonas (Figura 31) O ambiente praial, de definição mais ampla, pode ser dividido em diferentes zonas, distinguido pelos processos hidrodinâmicos e características morfológicas (Short, 1999)

-A zona de supramaré é a zona que se estende do nível de maré alta de sizígia até a base de uma falésia, duna, terraço marinho ou linha de vegetação permanente. Em praias dissipativas e intermediárias é comum o retrabalhamento eólico e o desenvolvimento de dunas embrionárias na sua porção superior. Esta zona é esporadicamente atingida pelas ondas de tempestade que podem ali desenvolver uma berma de tempestade, atingindo o seu limite superior ou até ultrapassá-lo (Souza *et al.*, 2005).

-A zona de intermaré fica situada entre o nível de maré alta de sizígia e o nível de maré baixa de sizígia. Em regimes de macro-marés, essa zona pode ser subdividida em:

- A zona de intermaré superior estende-se a partir da linha de maré alta de sizígia até a linha de maré alta de quadratura, possuindo um perfil íngreme. A morfodinâmica da zona de intermaré superior é primariamente governada pelo processo de espraiamento e em uma pequena extensão por processos eólicos. Condições relativamente estacionárias são experimentadas na zona de intermaré superior durante a maré alta.

-A zona de intermaré média é centralizada na posição do nível médio do mar, entre as linhas de maré alta e baixa de quadratura e é dominada pela mistura dos processos das zonas de *swash* e de surfe a maior taxa de translação de maré.

-Zona de intermaré inferior sendo limitada pelas linhas de maré baixa de quadratura e maré baixa de sizígia.

-Zona de inframaré representa a porção inferior do perfil praial, localizada a partir da linha de maré baixa de sizígia estendendo-se em direção ao mar. Segundo Souza *et al.* (*op.cit.*) esta zona compreende-se entre o nível de maré baixa de sizígia e o nível base de ação de ondas de tempo bom.

### 5.1.2 Zonação Morfológica

A praia pode ser distinguida em três zonas segundo Short, (1999):

-Pós-praia (*backshore*) - zona que se estende do limite superior do empraimento até o início das dunas fixadas por vegetação ou de qualquer outra mudança fisiográfica brusca. Zona episodicamente atingida por ondas e que sofre a ação direta dos ventos.

-Estirâncio (*beachface*) - situa-se entre o nível médio de maré baixa e o nível médio da maré alta. Também conhecido como face praial, é a porção do perfil onde ocorrem os processos de espraimento. Podem apresentar feições como cúspides (*beach cusps*) e degraus (*beach steps*).

-Antepraia (*shoreface*) - porção do perfil dominada por processos da zona de arrebenção e de surfe é caracterizada por uma parte do perfil submerso, entre o nível de maré baixa até os bancos de areia.



**Figura 31- Classificação das principais zonas do perfil praial do ponto de vista morfológico, onde LMSA é a linha de maré alta de sizígia, LMAQ a linha de maré alta de quadratura, LMBQ a linha de maré baixa de quadratura e LMBS linha baixa de maré de sizígia.**

### 5.1.3 Zonação hidrodinâmica

De acordo com a hidrodinâmica da praia foi possível estabelecer três diferentes zonas: (Short, 1999)

-Zona de arrebenção (*breaking zone*): porção do perfil praial onde a onda quebra. Esse fenômeno ocorre ao se aproximarem às ondas de águas rasas. Aí sofrem o processo de empinamento e finalmente quebram, dissipando sua energia sobre a praia.

-Zona de surfe (*surf zone*): zona compreendida entre a zona de arrebentação e a zona de espraçamento, ou seja, é o percurso que a onda faz após a sua quebra até atingir a linha de praia. Durante esse processo ocorre a formação das correntes de deriva litorânea (*longshore currents*) e correntes de retorno (*rip currents*).

-Zona de espraçamento (*swash zone*): porção do perfil praiial definida pelos limites máximo e mínimo do espraçamento das ondas. O limite máximo do espraçamento (*run-up*) determina o nível máximo de atuação dos agentes hidrodinâmicos do surfe sobre a praia.

## 5.2 COMPONENTES E CONDICIONANTES PRAIAIS

Segundo Nordström (1993), como as praias são sistemas altamente dinâmicos, necessita-se de condições limites e de *inputs* externos para a sua formação. Enquanto as ondas e os sedimentos são essenciais para a formação da praia, é necessária uma base para sustentar a praia. Durante e subsequente a sua formação, as praias também dependem do suprimento de sedimento, clima de ondas (esbeltez, altura e período de onda) e regime de marés. Portanto existem variáveis envolvidas na determinação da morfologia praiial. Os principais fatores que determinam o tipo, a configuração e a distribuição das praias estuarinas são:

- Escoamento dos rios e canais, que influenciam no tipo de sedimento e nos padrões de transporte de sedimento no estuário;
- O fluxo das marés, muito importante na foz do estuário (regime de maré);
- Exposição as ondas (altura e período das ondas);
- Clima regional;
- Gradiente praiial;
- Regime de ventos.

### 5.2.1 Sedimentação praiial

A distribuição dos sedimentos modernos nas praias é resultado da complexa interação entre a fonte do sedimento, do nível de energia das ondas e do declive *offshore* em que a praia foi construída (Komar, 1998). Os sedimentos tendem a serem classificados de acordo com o nível de energia em que a praia está exposta, assim praias expostas a um alto nível de energia das ondas são esperadas para ter sedimentos mais grossos (Siegle & Calliari, 2008).

O tamanho dos sedimentos praias em conjunção com as ondas determinam a sua contribuição na dinâmica praias. Areias finas produzem uma zona de estiramento com um baixo gradiente ( $1$  a  $3^0$ ), uma extensa zona de surfe e alta mobilidade das areias. Em praias com sedimentos médios os mais grossos, ocorrem um gradiente mais abrupto ( $5$  a  $10^0$ ), uma zona de surfe mais estreita e sedimentos menos móveis.

Existem três fatores principais que controlam o tamanho médio dos grãos dos sedimentos praias: (1) fonte do sedimento; (2) nível de energia das ondas, e (3) gradiente do embasamento onde a praia irá ser construída. A importância da fonte é óbvia. O ambiente praias irá selecionar o tamanho dos grãos apropriados a sua condição particular. Assim existe uma completa relação entre o nível de energia dos processos locais na praia, o gradiente praias e o tamanho do grão depositado na praia. (Komar, 1998).

Correntes de maré são constantes no ambiente ultradissipativo das planícies de maré, mas hidrodinamicamente os efeitos deles são mais severos quando combinados as correntes de ondas e marés. A complexa interação destas duas forças tem sido examinada por diversos autores, sendo aceito, que as forças de maré têm uma pequena influência na morfodinâmica praias (Masselink & Turner, 1999). Estes autores explicam que assim como a amplitude de maré aumenta o escoamento de maré e a união da maré com a ação das ondas, afetam diretamente o componente direcional do transporte de sedimento.

A distribuição dos sedimentos ao longo de praias é resultado da complexa interação entre a fonte de sedimento e o nível de energia das ondas (Komar, 1976).

Estudos têm sugerido que a morfologia costeira, orientação da linha de costa, o impacto de tempestades sucessivas, o escoamento médio, as correntes induzidas por ventos e a espessura dos sedimentos, tem uma importante resposta aos eventos de tempestade na face praias.

O movimento dos sedimentos, preferencialmente os arenosos, chega paralelamente à linha de costa. Quando as ondas se aproximam da costa, elas quebram na zona de surfe. Elas carregam sedimento para costa em uma pluma branca frontal e veloz chamada de espraiamento (*swash*) e que volta em direção ao mar, chamada de *backwash*, conhecido como bate e volta.

Quando o *swash* se aproxima da costa em certo ângulo, ele transporta/carrega sedimentos ao longo da praia, mas o *backwash*, agindo pela gravidade, irá sempre transportar e depositar o sedimento seguindo a linha do maior declive, produzindo um movimento de *zig-zag* dos sedimentos.

O maior tamanho do grão do sedimento praiial é encontrado onde o processo inicia *updrift*, (direção oposta do movimento prevalescente dos sedimentos) e o menor tamanho, facilmente transportado, no *downdrift* (direção em que o material está sendo locomovido pela deriva litorânea).

A areia é retirada da praia e armazenada nas dunas litorâneas e depósitos de “*washover*” de tempestade, assim como em canais de maré e deltas de maré. Parte da areia erodida da praia e face praiial durante as tempestades é transferida para a plataforma continental interior onde é depositada em águas profundas que as ondas de tempo bom não podem devolver esta areia à praia. Sob estas condições, a plataforma continental é um sumidouro permanente de areia. Estuários atlânticos são sumidouros grandes para areia transportada em direção ao continente da plataforma continental e praias adjacentes (Meade, 1969).

Segundo Komar (1976) existem três fatores principais que controlam o tamanho médio dos sedimentos praiiais: (1) a fonte do sedimento, (2) energia das ondas, e (3) a declividade da praia. O ambiente praiial irá selecionar o tamanho dos grãos que são apropriados a uma particular condição. Assumindo que a fonte dá o tamanho apropriado dos grãos, assim ainda existe uma complexa relação entre o nível de energia dos processos na praia e o gradiente praiial e o tamanho resultante dos grãos. Há uma tendência para as praias de alta energia, como a praia da Marieta com altas ondas, a terem sedimentos mais finos, discordando do autor acima.

### **5.2.2 Regime de ondas**

As ondas possuem uma grande importância na dinâmica costeira, sendo responsáveis por mudanças de curto prazo da linha de costa. Por causa da grande mobilidade de sedimentos trazidos pelas ondas, juntamente com o regime de macro-marés e correntes associadas para os ambientes praiiais, propiciando os processos de erosão e sedimentação sazonal.

Constituem um dos processos marinhos mais efetivos no selecionamento e redistribuição dos sedimentos depositados em região costeira e plataforma continental interna (Silva *et al.*, 2004).

As ondas modais (de gravidade) determinam o equilíbrio do gradiente praiial. A altura da onda influencia na profundidade em que as ondas empinam e quebram. Desse modo, influenciam na extensão das zonas de arrebenção e espraiamento e no tipo de praia.

Ondas de infragravidade, que são produtos do clima de ondas e do gradiente praiial, irão juntos com o gradiente praiial, determinar a dinâmica bi e tri dimendional e a morfologia das zonas de espraimento e de surfe (Short, 1999)

Os seguintes fatores determinam o tamanho das ondas:

-Velocidade do vento - A altura da onda irá aumentar exponencialmente com o aumento da velocidade do vento;

-Duração do vento – Quanto maior o tempo em que o vento sopra com uma velocidade e direção constante, maior se tornarão às ondas até que seu tamanho máximo para certa velocidade e direção for atingido;

A altura e período das ondas estão diretamente relacionados à velocidade e duração do vento. Quando a frente de ondas entra em águas rasas, elas diminuem de velocidade assim que a profundidade diminui e sofrem uma transformação quando suas cristas atingem um ponto máximo e aumentam de altura até que elas se tornam instáveis e quebram na praia (Komar, 1976).

### 5.2.3 Ventos

Os ventos são os grandes responsáveis pela dinâmica costeira, tendo um papel importante na sedimentação costeira, e na formação das ondas, contribuindo, também, para a geração das correntes litorâneas e pelo transporte subaéreo de sedimentos, propiciando a formação das dunas.

Os ventos locais possuem um impacto potencial nas praias, sendo essenciais para a formação das ondas. A direção do vento, particularmente os ventos de *longshore*, contribui para a formação das correntes costeiras e assim, no transporte de sedimentos. A velocidade do vento irá intensificar estes impactos e até as brisas marítimas e terrestres contribuem para o transporte de sedimentos subaquosos. Enquanto que os ventos de *onshore* contribuem para o transporte eólico dos sedimentos, combinado com outros fatores, como o tamanho do grão e da vegetação costeira podem levar a perda da areia da praia para as dunas costeiras.

## 5.3 PARÂMETROS MORFODINÂMICOS

A caracterização do estado morfodinâmico da praia da Marieta foi obtida segundo os modelos de Dean (1973),  $\Omega = H_b/W_sT$ , onde Wright & Short (1984) relacionaram as variáveis envolvidas no condicionamento morfodinâmico,  $H_b$  é a altura da onda de

arrebenção,  $W_s$  é a velocidade de queda das partículas e  $T$  corresponde ao período da onda incidente. Assim os diferentes valores de  $\Omega$  caracterizam as praias (Figura 32).

Masselink & Short (1993) desenvolveram um modelo para simular a migração de processos hidrodinâmicos induzidos pelas marés no perfil praiial. O RTR (amplitude relativa das marés) quantifica o efeito das marés, com a equação  $RTR = MSR / H$  onde MSR é a amplitude média das marés de sizígia e  $H$  é a altura da onda. Onde o efeito das marés na hidrodinâmica e morfodinâmica é diretamente o resultado da variação vertical do nível do mar.

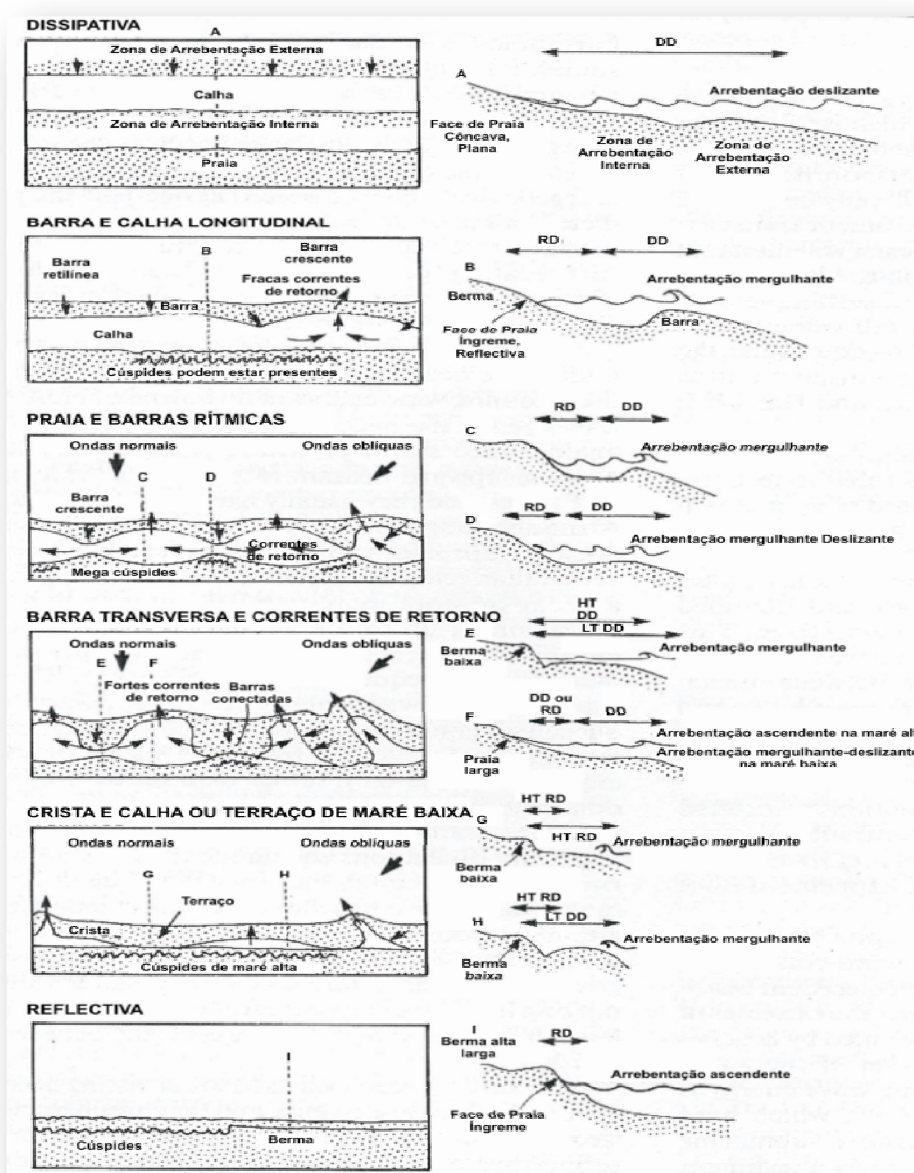


Figura 32-Modelos de praias. Fonte: Wright & Short (1984).

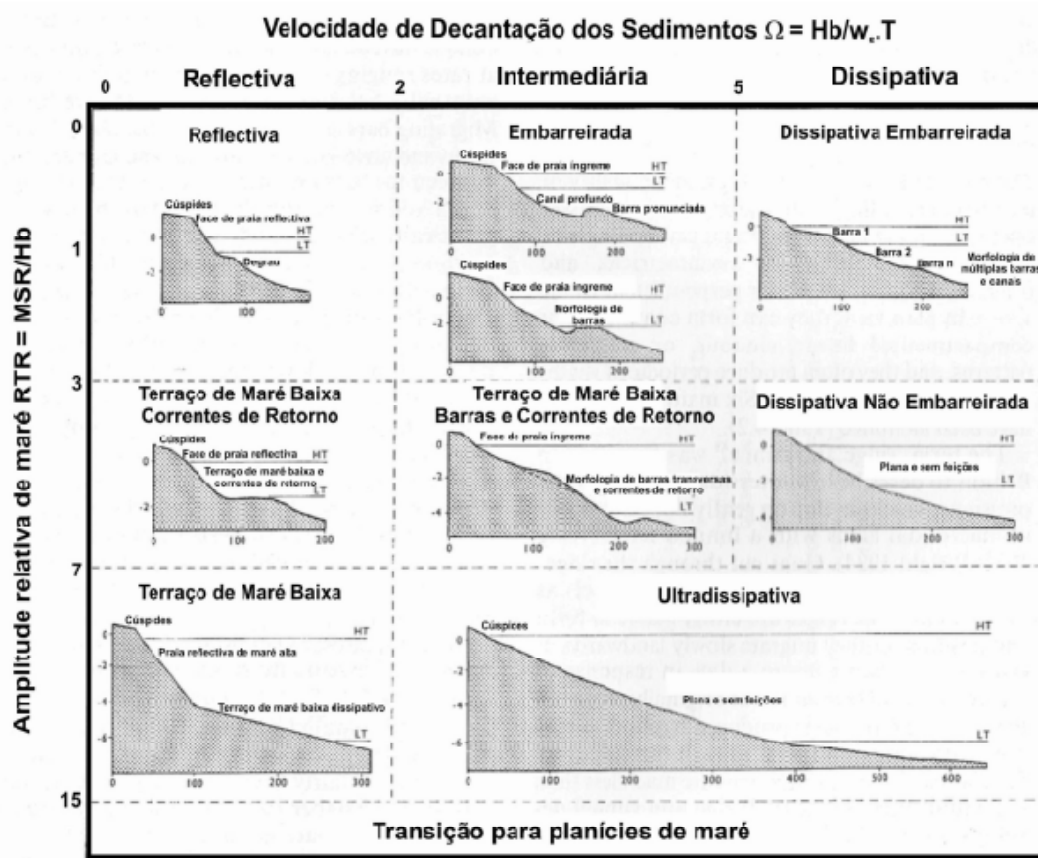


Figura 33-Modelo morfodinâmico. Fonte: Masselink & Short (1993).

Podem ser distinguidos também pelo parâmetro do surfe  $\varepsilon [(a\omega^2/g \tan^2 \beta)]$ , (Guza & Inman, 1975), onde  $a$  é a amplitude da onda de arrebentação,  $\omega$  é a frequência radiana da onda incidente,  $g$  é a aceleração da gravidade e  $\beta$  corresponde ao gradiente da zona de praia/surfe. Os estudos de Guza & Inman *op cit*, indicaram praia extremamente refletiva quando  $\varepsilon < 1$ , valores entre 1 e 2,5, indicam uma forte reflexão com alguma dissipação, enquanto que a dissipação completa ocorre para valores de  $\varepsilon > 30$ . A morfodinâmica da praia da Marieta está altamente associada a variações sazonais relacionadas aos períodos chuvoso e menos chuvoso comumente aceitas para as praias de macromarés da região do Salgado Paraense. A variação sazonal da morfodinâmica praias mostra que as praias podem perder areia para o transporte em direção ao mar 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. O resultado final é uma mudança sazonal da areia para as zonas distantes da praia neste caso, para a plataforma continental interna, orientada paralelamente a linha de costa. Durante o período menos chuvoso, a massa de

água na zona de espraiamento, possui menor quantidade de energia turbulenta, sendo que as areias removidas para trás da zona de arrebentação tendem a migrar novamente, agora em direção a zona de espraiamento. Wright *et al.* (1982) complementam que se o transporte em direção ao mar predominar, o perfil da face da praia tornar-se-á mais plano, e se o transporte em direção à costa predominar, o perfil tornará mais íngreme.

Assim, várias equações são capazes de caracterizar a maioria dos padrões litorâneos em ambientes praias refletivos a dissipativos onde se comportam de uma maneira premeditável (se o ambiente for natural e o suprimento sedimentar estável). Assim, no extremo das classificações morfodinâmicas, as praias ultradissipativas, as planícies de maré, não são muito estudadas por causa da complexa investigação dos parâmetros de ondas em um ambiente muito extenso, e de morfologia plana.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 DINÂMICA SAZONAL MORFOSEDIMENTAR

As tempestades são um dos mais importantes controles no ciclo de erosão e acreção nas praias. O processo das tempestades é muito complexo e também são responsáveis pelo retrabalhamento de sedimento na praia e pela sua reconstrução (Hill *et al.*, 2004).

As praias respondem rapidamente a essas mudanças nas condições dos regimes de tempestades, ondas e marés através da redistribuição de seus sedimentos pelas correntes oscilatórias, resultando em um padrão de erosão (divergência dos sedimentos) e de aferição (convergência dos sedimentos). Com o tempo, estas mudanças no “*bed level*” modificam a forma da praia com a formação, destruição e/ou migração de feições morfológicas secundárias como o sistema de crista e calha (Masselink *et al.*, 2007).

A praia da Marieta é sustentada pelos sedimentos do Grupo Barreiras, Pós-Barreiras e pelos sedimentos arenosos recentes que derivam principalmente dos depósitos retrabalhados dos bancos localizados na desembocadura do estuário de Urindeua, da plataforma continental e da falésia a leste da ilha. Morfológicamente a praia da Marieta foi então dividida em três setores distintos: O setor do Esporão arenoso na desembocadura do estuário de Urindeua com estado reflectivo e os setor mais exposto da praia com estado dissipativo de acordo com a classificação de Wright & Short, (1984) e ambos os setores são modificados por maré de acordo com a classificação de Masselink & Short, (1993).

Várias pesquisas foram realizadas sobre os mecanismos responsáveis pela gênese destes eventos e os resultados revelaram que estes eventos estão altamente associados às anomalias nos padrões atmosféricos e oceânicos no oceano Atlântico tropical (Souza *et al.*, 1997). O padrão dipolo de anomalias de chuvas no Atlântico tropical e na praia da Marieta em fevereiro, março e abril, onde é a estação chuvosa, é a consequência do deslocamento sul da ZCIT. Simultaneamente a anomalia dipolo da precipitação, há outro padrão de larga escala de anomalias de TSM e de ventos no Oceano Atlântico Tropical que também mostram uma estrutura dipolo proeminente. Os padrões dipolo de TSM e de ventos são os modos mais dominantes na variabilidade interanual. Ventos alísios fracos são associados com TSM mais quentes; e ventos alísios fortes com TSM mais fria (Nobre, 1993). Assim a posição da ZCIT corresponde à zona de maior TSM.

A relação entre o processo de tempestade e o transporte de sedimento e deposição na face praias é pobremente entendido. Com o aumento do desenvolvimento costeiro e com o

aumento do nível do mar, será necessário determinar o papel em que as tempestades atuam na evolução costeira e seu impacto local no orçamento de sedimento. Na tentativa de promover um melhor entendimento e definir a resposta da morfologia das praias a mudanças nas condições oceanográficas, este trabalho une o levantamento topográfico, sedimentológico, coleta de dados oceanográficos e meteorológicos, tais como período e altura de ondas e velocidade e direção dos ventos.

## 7.2 ASPECTOS MORFODINÂMICOS

A morfodinâmica praial é controlada pelas variações sazonais da precipitação, clima de ondas, da amplitude de maré e pelas características dos sedimentos.

Em função dos diferentes níveis de energia na praia da Marieta foi dividida em três setores: setor sudeste (esporão arenoso), com os perfis 1 e 2, setor central com os perfis 3 e 4 e o setor noroeste com os perfis 5 e 6.

As observações realizadas nestes 6 perfis durante o período chuvoso e menos chuvoso mostraram um gradiente que incluíram uma variabilidade na altura das marés e energia de ondas. Cada perfil foi visualmente classificado dentro dos vários estágios morfodinâmicos descritos na literatura, com base nas observações de campo. Para cada perfil foi calculado o parâmetro de Dean, (1973) e o RTR para cada período e usado para obter o estágio praial. Os estados ou estágios observados e obtidos forma comparados.

Masselink e Short (1993) sugeriram que para o estudo de praia a amplitude relativa de maré é melhor que absoluta. Apontando que a morfologia da praia é a resposta da interação da altura de onda com a amplitude de maré “*Relative Tidal Range*”  $RTR=Tr/H$ , o qual corresponde a razão entre a amplitude de maré (TR) e a altura da onda na arrebentação (Hb). De acordo com esse índice todos os ambientes de praia podem ser classificados como dominados por ondas ( $RTR < 3$ ) ou modificados por maré ( $3 < RTR < 15$ ). Por outro lado, quando  $RTR > 15$  as praias tornam-se dominadas por maré e sucessivamente começam a evoluir para ambientes de planície de maré propriamente dita.

A caracterização do estado morfodinâmico da praia da Marieta foi obtida segundo os modelos de Dean, (1973),  $\Omega = Hb/WsT$ , onde Wright e Short (1984) relacionam as variáveis envolvidas no condicionamento morfodinâmico, **Hb** é a altura da onda de arrebentação, **Ws** é a velocidade de queda das partículas e **T** corresponde ao período da onda incidente. Assim os diferentes valores de  $\Omega$  caracterizam as praias.

Para a praia da Marieta foi observado:

**Tabela 4-Valores obtidos segundo os modelos para o período chuvoso e menos chuvoso.**

Modelo	Período chuvoso (março)	Período menos chuvoso (novembro)	Classificação
Wright & Short (1984)	8,57	7,14	Dissipativas
Masselink & Short (1993) RTR	4	3,6	Dominadas por marés/ Dissipativa embarreirada

Fonte: Wright & Short, (1984) e Masselink & Short, (1993)

Guza & Inman (1975) introduziram o parâmetro de escala de surfe (*Surf scalling parameter*),  $\epsilon = \frac{a \omega^2}{g \tan^2 \beta}$  para representar as condições da zona de surfe e estabelecer as relações existentes entre as diversas condicionantes da morfologia praiial, envolve parâmetro  $\epsilon$  onde  $a$  é altura da onda incidente,  $\omega$  é o radiano de frequência angular ( $2\pi/T$ , onde  $T$  é o período da onda),  $g$  é a constante gravitacional e  $\tan \beta$  é o gradiente topográfico praiial.

Onde,

**Tabela 5-Parâmetro dimensionador do surfe (Surf scalling parameter).**

$\epsilon < 2,5$	Refletivo
$2,5 < \epsilon < 30$	Refletivo com alguma dissipação
$\epsilon > 30$	Dissipativo

Fonte: Guza & Inman, (1975).

Na praia da Marieta este parâmetro de escala de surfe teve valores diferentes de acordo com a inclinação da praia. Os perfis 1,2 3 apresentaram valores entre 5 e 12 nos dois períodos, caracterizado como um estado de Barra Longitudinal e Calha. Já os perfis 4, 5 e 6 apresentaram valores entre 32 e 50 em ambos os períodos, sendo caracterizados como estado Dissipativo.

**Tabela 6- Classificação dos perfis segundo o parâmetro dimensionador de surfe.**

Parâmetro dimensionador de surfe $\varepsilon$			
Perfil	Período chuvoso	Período seco	Classificação
1	22	12	Barra e calha longitudinal
2	16	2	Barra e calha longitudinal
3	12	5	Barra e calha longitudinal
4	12	32	Barra e calha longitudinal/dissipativo
5	36	51	Dissipativo
6	45	90	Dissipativo

### 6.3 ASPECTOS MORFOLÓGICOS

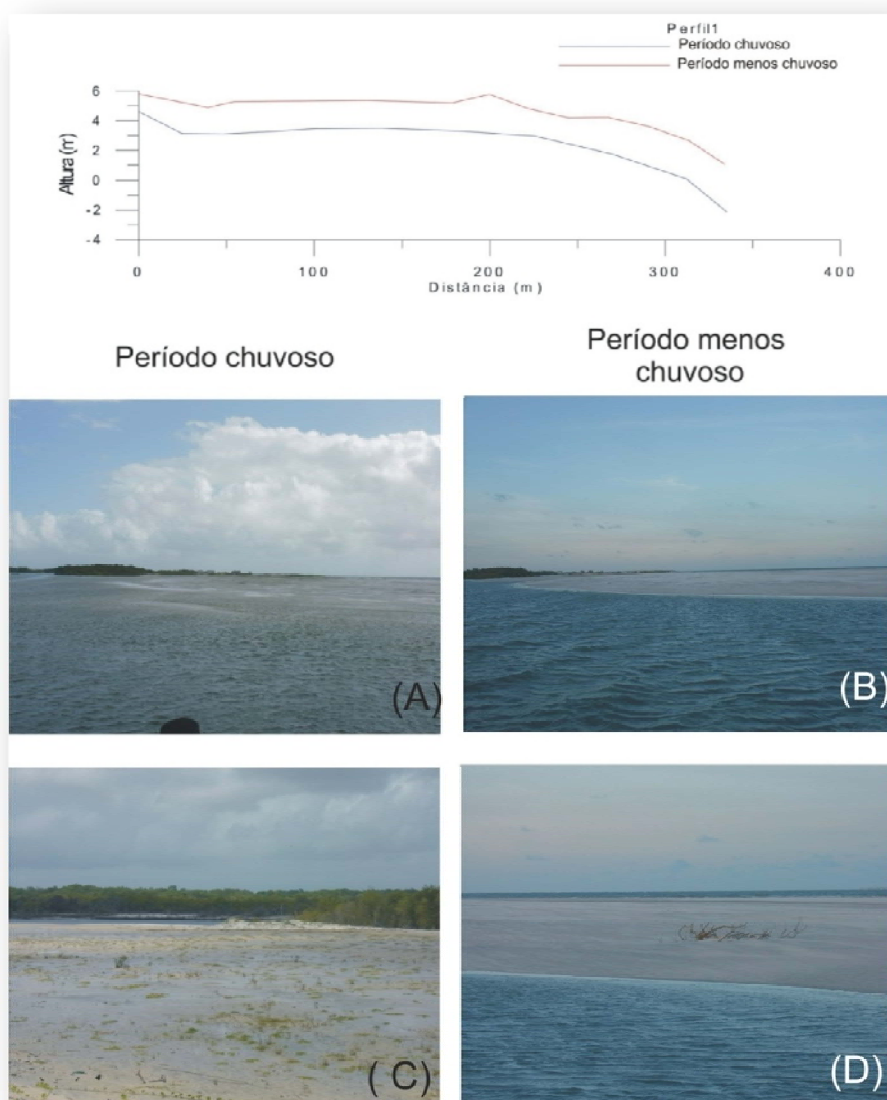
A declividade média de um perfil é um importante parâmetro na caracterização morfológica de uma praia juntamente com a granulometria dos sedimentos e com o nível de energia (Alves, 2001). Com o levantamento topográfico dos 6 perfis praias realizados na praia da Marieta foi possível observar que a praia é caracterizada por apresentar uma baixa declividade em toda a sua extensão com valores entre  $\text{tg}\beta$  0,017 a 0,004 no período chuvoso e  $\text{tg}\beta$  0,043 e 0,007 no período menos chuvoso.

A praia da Marieta apresenta um traçado curvilíneo, orientado segundo a direção NW-SE em uma da sua extremidade um esporão arenoso. Ao longo deste segmento praiar que possui 3 km de extensão, a largura média no esporão arenoso é de 332,91 m e no setor noroeste mais exposto desta praia a largura média é de 936,24 m onde as únicas irregularidades apresentadas foram o sistema de crista e calha.

Para o período estudado, o padrão de variabilidade sazonal da morfologia praiar típico de praias dissipativas, que mostra a formação de berma e barra arenosa com sistema de crista e calha, como observado também na praia de Ajuruteua (Alves, *op. cit.*).

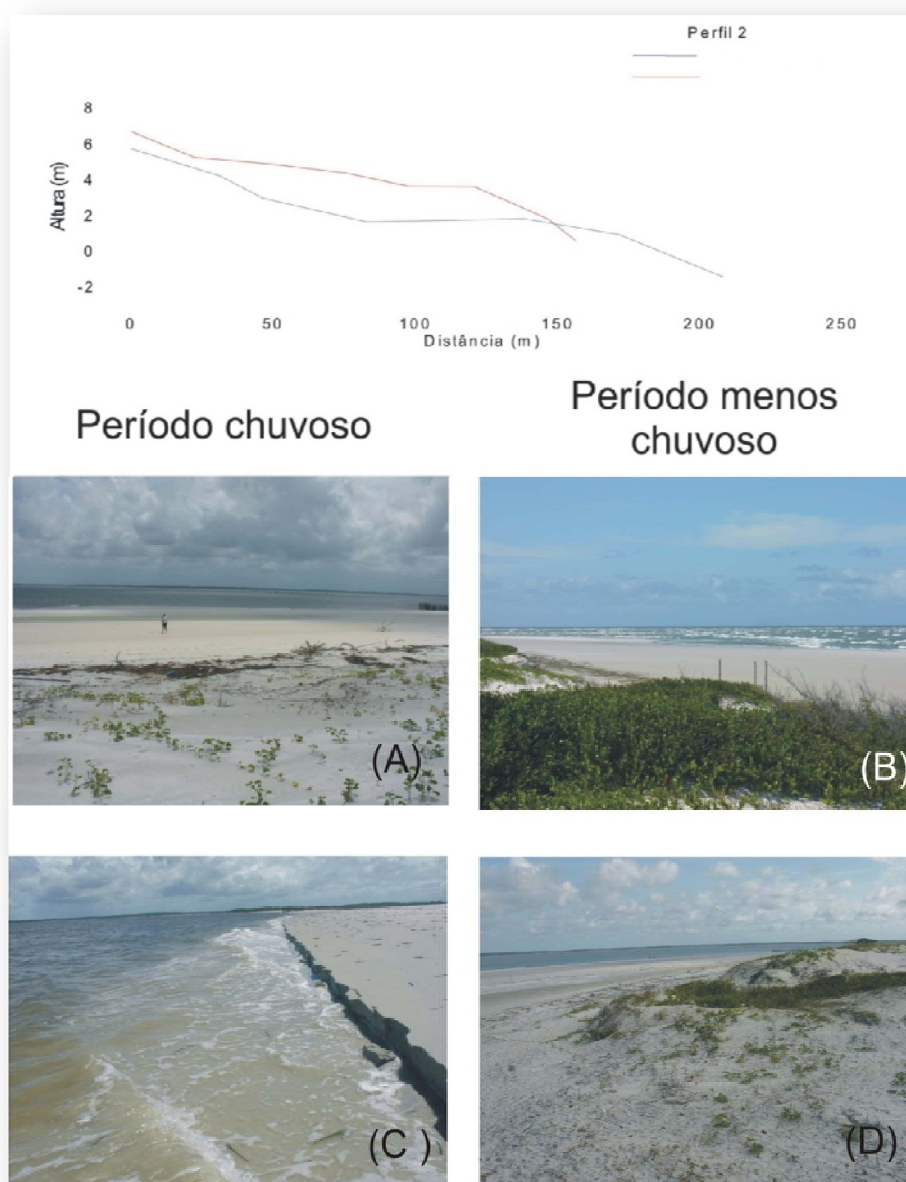
**Tabela 7-Gradiente Topográfico dos perfil praias durante o período chuvoso e menos chuvoso.**

Gradiente topográfico tgβ		
Perfis	Chuvoso	Menos chuvoso
1	0,013	0,017
2	0,015	0,043
3	0,017	0,025
4	0,01	0,011
5	0,015	0,009
6	0,004	0,007



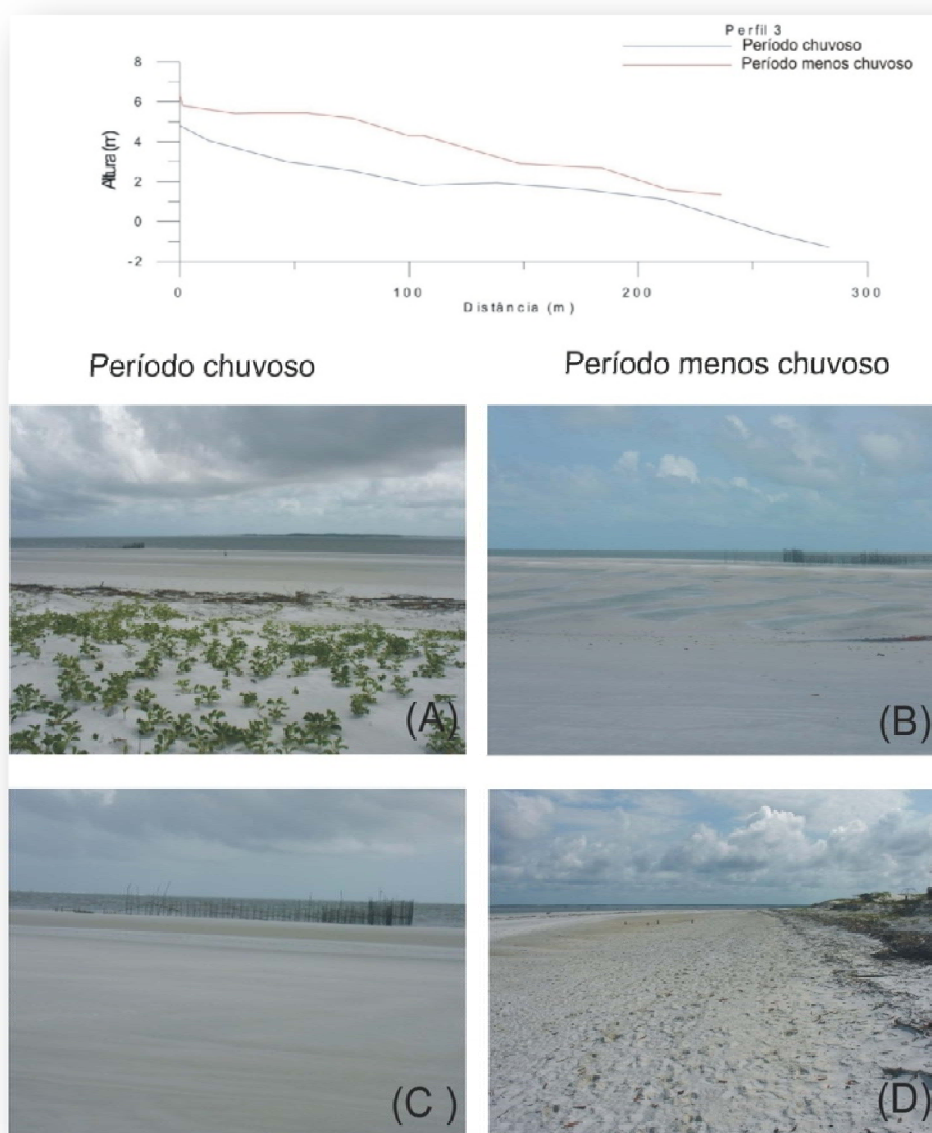
**Figura 34- Perfil 1 localizado no esporão arenoso. Observar nas figuras (A) e (C) que o esporão arenoso é recoberto pelas marés de sizígia no período chuvoso enquanto que as figuras (B) e (D) a ação dos ventos prevalece. Notar que a altura das ondas é insignificante.**

O perfil 1 está localizado no esporão arenoso SW da praia da Marieta sendo marcado durante o período chuvoso por dunas frontais de pequeno porte, coberto por vegetação rasteira. Possui uma largura média de 340 m com inclinação de  $\text{tg}\beta$  0,013 para o período chuvoso  $\text{tg}\beta$  0,017 para o período menos chuvoso, uma zona de intermaré ampla e de leve mergulho. A base da face praiar é tipicamente marcada pela “*plunge step*”, uma pequena quebra topográfica que é tipicamente o lugar onde os sedimentos mais grosseiros estão localizados. A ação das ondas é inexistente, prevalecendo a ação dos ventos durante o período menos chuvoso e durante o período chuvoso é fica quase coberto pela ação das marés.



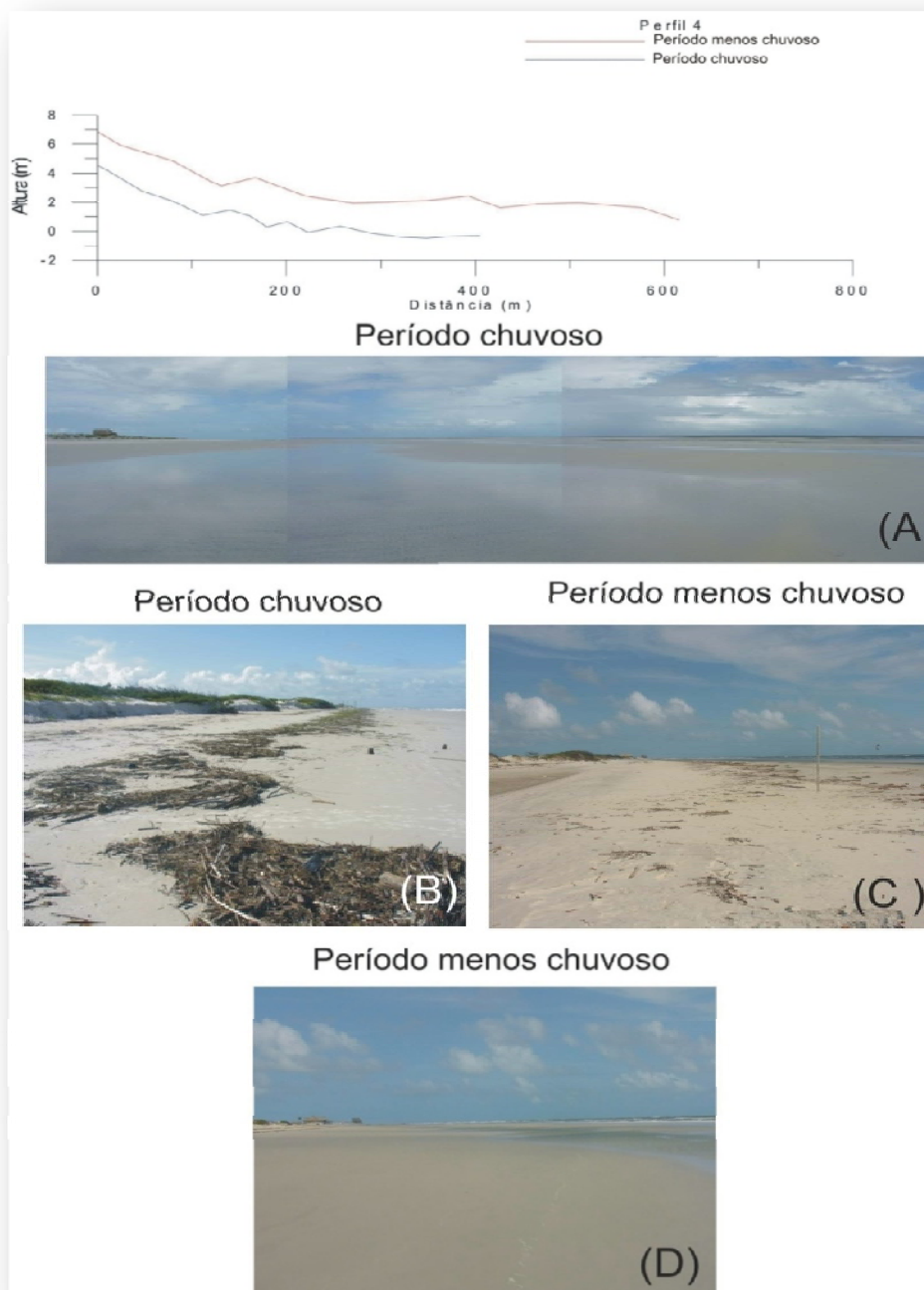
**Figura 35- No perfil 2 observar na figura (A) no período chuvoso a escarpa das dunas e a praia embarreirada, já na figura (B) no período menos chuvoso o perfil mais plano, sem escarpas. Na figura (C) no período chuvoso notar a forte energia das ondas e marés aliadas removendo os sedimentos da zona de intermaré na figura (D) no período menos chuvoso o perfil mais plano.**

Os perfis 2 e 3 mostraram uma morfologia diferente dos demais perfis por apresentarem um perfil mais íngreme em ambos os períodos, possuem uma menor largura, em torno de 150 a 200 m, sendo limitada por dunas frontais de até 3 m de altura. Durante o período chuvoso houve um recuo da linha de costa devido a intensa pluviosidade aliada com as marés altas de sizígia. Seu gradiente médio é de  $\text{tg}\beta$  0,015 no período chuvoso e de  $\text{tg}\beta$  0,043 no período seco. Em ambos os períodos foram observadas cristas e calhas.



**Figura 36- No perfil 3 observa-se na figura (A) as dunas frontais com uma escarpa no período chuvoso, na figura (D) no período menos chuvoso observa-se que no lugar da escarpa dunar há a formação de uma canal de maré alta, pois a linha de maré alta recuou. Já na figura (B) no período menos chuvoso a formação de um sistema de crista e calha, na figura (C) no período chuvoso, este sistema migrou em direção ao mar.**

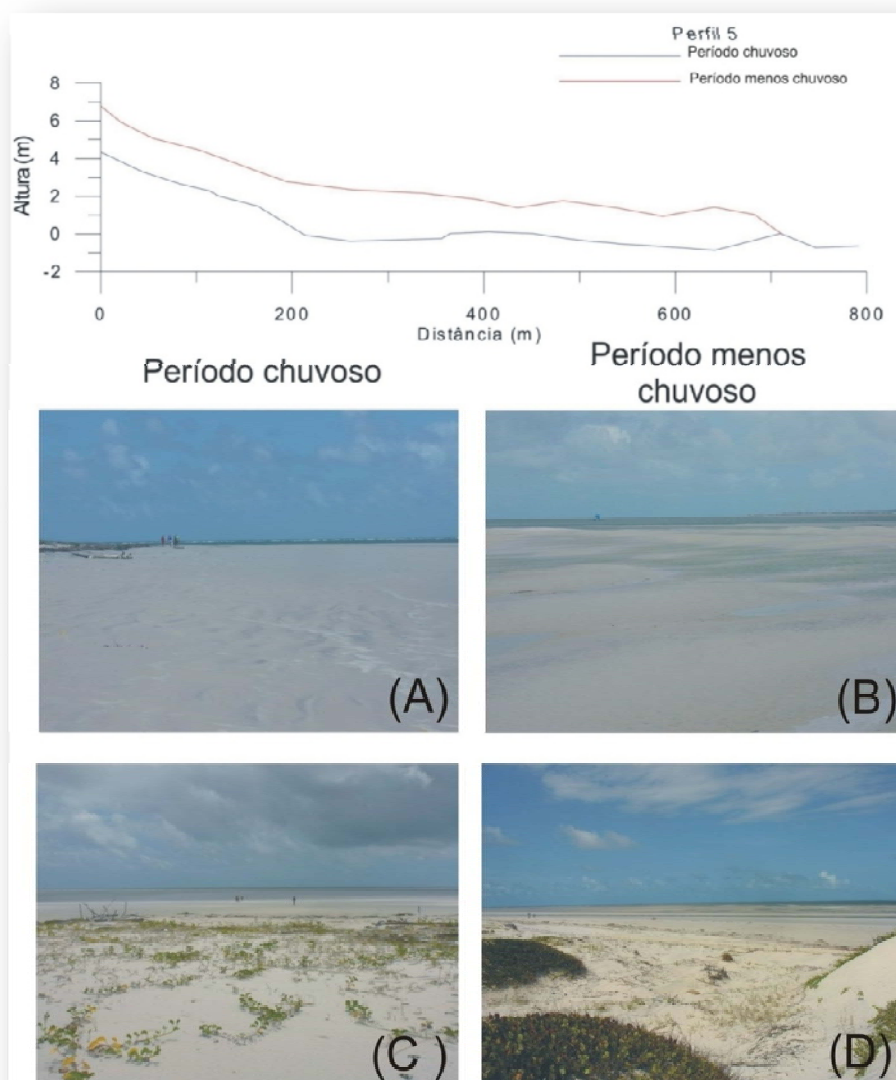
O perfil 3 apresenta uma largura de 250 a 300 m sendo limitada pelas dunas frontais. O período chuvoso apresenta a erosão das dunas e o período menos chuvoso o recuo da linha de maré alta. Ocorre na zona de supramaré, durante o período menos chuvoso um canal. Nos dois períodos se desenvolve a presença do sistema de crista e calha. Apresenta um gradiente de  $\text{tg}\beta$  0,017 no período chuvoso e de  $\text{tg}\beta$  0,025 no período menos chuvoso.



**Figura 37-O perfil 4 apresenta várias irregularidades associadas a presença do sistema de crista e calha e de canais de maré durante os dois períodos (A) chuvoso e (D) menos chuvoso. Observar na figura (B) durante o período chuvoso, escarpa dunais causadas pela acumulo de matéria orgânica, na figura (C) durante o período menos chuvoso que a linha de maré alta não chega na base das dunas e assim formando um canal de maré.**

O perfil 4 apresenta uma largura de 400 e 440 m de distância. Durante o período chuvoso a linha de maré alta ou linha de “deixa” (escarpas dunais) atingiu a base das dunas removendo a vegetação rasteira na zona de supramaré. Durante o período menos chuvoso, a linha de maré alta ficou muito abaixo da base das dunas e como no perfil 3 ocorreu a

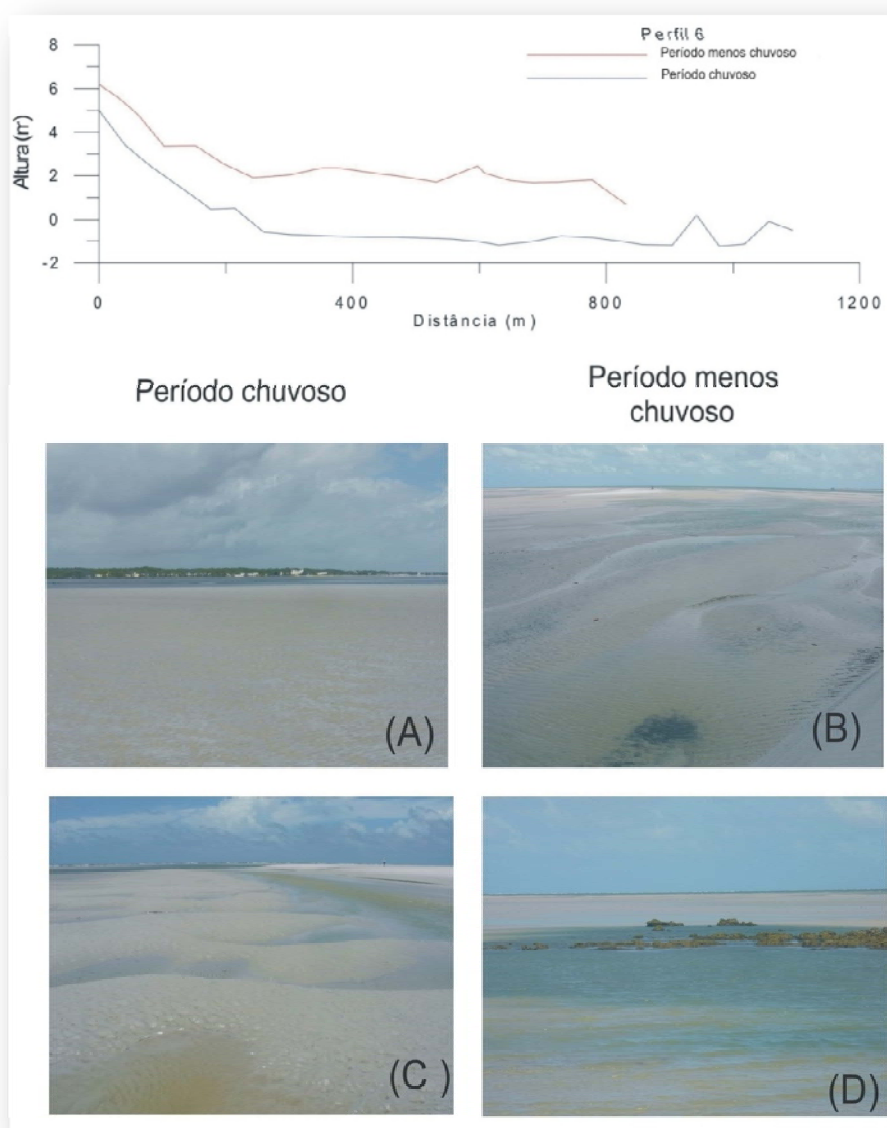
formação de um canal de maré alta. No período chuvoso o gradiente praiial foi  $\text{tg}\beta$  0,010 e durante o período menos chuvosos foi  $\text{tg}\beta$  0,011.



**Figura 38- O perfil 5 é muito extenso com aproximadamente 880 m, nos dois períodos foram observadas algumas irregularidades associadas a presença do sistema de crista e calha.**

Os perfis praiiais 3, 4, 5 e 6 são parecidos morfologicamente devido ao seu extenso comprimento, pois apresentam aproximadamente entre 400 e 800 m de distância devido a confluência das duas barras arenosas diminuir a energia das ondas incidentes e favorecerem a deposição dos sedimentos arenosos, formando assim uma extensa planície de maré. Possuem diversos sistemas de crista e calha. Foi observado que durante o período chuvoso o perfil praiial foi mais íngreme com  $\text{tg}\beta$  0,015 e durante o período menos chuvoso

foi de  $\text{tg}\beta$  0,009. Sendo classificados com ultradissipativos com a presença de vários sistemas de crista e calha.



**Figura 39-O perfil 6 é o mais extenso de todos devido a acumulação de sedimentos causado pelas barras arenosas, possui mais de 1 km de extensão, perfil típica de planície de maré. Na figura (A) observa-se a longa extensão, nas Figuras (B) e (C) a presença de cristas e calhas e na figura (D) Afloramentos rochosos. Todas estas feições aparecem nos dois períodos estudados, onde a única mudança observada foi a migração do sistema de crista e calha.**

O perfil 6 foi o mais longo de todos os perfis devido a confluência das barras arenosas na plataforma continental interna, o que ocasionou a formação de uma extensa planície de maré com 1 km de extensão, durante o período chuvoso ele apresentou uma declividade de  $\text{tg}\beta$  0,004 e durante o período menos chuvoso  $\text{tg}\beta$  0,007. Sendo classificados com ultradissipativos. Ao longo do perfil foram observados vários sistemas de crista e calha.

**Tabela 8- Tabela indicando as coordenadas geográficas de cada ponto e suas respectivas cotas em metros de cada perfil praial para o mês de março (período chuvoso).**

(continua)

Perfil 1	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M1P1A	2382144345	99305500730	6.718
M1P1B	2383547662	99310944489	4.618
M1P1C	2383304731	99310972602	3.138
M1P1D	2383071042	99311012141	3.119
M1P1E	2382783137	99311037718	3.297
M1P1F	2382540383	99311055114	3.473
M1P1G	2382163753	99311036681	3.507
M1P1H	2381726353	99311073816	3.332
M1P1I	2381295925	99311037791	2.991
M1P1J	2380852190	99311028467	1.770
M1P1L	2380426820	99310984379	0.102
Perfil 2	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M1P2A	2382378840	99307618317	3.649
M1P2B	2382074139	99307435833	3.334
M1P2C	2381788435	99307306747	5.663
M1P2D	2381737928	99307282508	4.072
M1P2E	2381430087	99307244067	3.196
M1P2F	2381054412	99307216828	2.426
M1P2G	2380740785	99307236407	1.026
M1P2H	2380364407	99307257243	1.091
M1P2I	2380064668	99307294043	-1.348
Perfil 3	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M1P3A	2382005218	99304799034	2.995
M1P3B	2381752289	99304667977	2.549
M1P3C	2381470865	99304552818	1.820
M1P3D	2381176180	99304399542	1.930
M1P3E	2380881218	99304166774	1.692
M1P3F	2380615350	99303899361	1.118
M1P3G	2380288183	99303543261	-0.586
M1P3H	2380132296	99303331778	-1.278
Perfil 4	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M1P5A	2384703277	99300761373	4.564
M1P5B	2384292317	99300530740	2.757
M1P5C	2383999468	99300369364	2.049
M1P5D	2383731851	99300225667	1.437
M1P5E	2383467142	99300097079	1.160
M1P5F	2383289070	99299982422	0.288
M1P5G	2383136807	99299898691	0.632
M1P5H	2382920355	99299825561	-0.068
M1P5I	2382726704	99299725486	0.333
M1P5J	2382405676	99299604681	-0.144
M1P5L	2382135114	99299421845	-0.394
M1P5M	2381900603	99299219992	-0.479
M1P5N	2381693418	99299013988	-0.487

(conclui)

Perfil 5	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M1P6A	2388691650	99297109837	4.334
M1P6B	2388538591	99296706346	3.307
M1P6C	2388389152	99296340530	2.642
M1P6D	2388065403	99295594654	1.464
M1P6E	2387891489	99295137199	-0.057
M1P6F	2387745721	99294689664	-0.377
M1P6G	2387510953	99294269982	-0.325
M1P6H	2387241940	99293854739	-0.241
M1P6I	2386972243	99293453621	0.120
M1P6J	2386730138	99293057543	0.119
M1P6L	2386438221	99292670863	0.017
M1P6M	2386136176	99292321237	-0.328
M1P6N	2385949667	99291835055	-0.522
M1P6O	2385788228	99291389850	-0.707
Perfil 6	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M1P7A	2392826238	99295418396	4998,00
M1P7B	2392793437	99295020967	3429,00
M1P7D	2392739473	99294593960	2392,00
M1P7E	2392661461	99294150154	1484,00
M1P7F	2392568079	99293717858	0.473
M1P7G	2392436245	99293322933	-0.587
M1P7H	2392272506	99292879333	-0.693
M1P7I	2392116767	99292485931	-0.737
M1P7L	2392050795	99292079896	-0.791
M1P7M	2391919713	99291668150	-0.802
M1P7N	2391831239	99291263532	-0.825
M1P7O	2391728740	99290856946	-0.860
M1P7P	2391632962	99290424508	-0.904
M1P7Q	2391508249	99290000366	-1025,00
M1P7R	2391411487	99289601728	-1172,00
M1P7T	2391331874	99289284877	-1021,00

**Tabela 9- Tabela indicando as coordenadas geográficas de cada ponto e sua respectiva cota em metros para cada perfil praial para o mês de novembro (período menos chuvoso).**

(continua)

Perfil 1	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M3P1A	2383101158	99312870519	5.803
M3P1B	2382782755	99313099856	4.891
M3P1C	2382617458	99313117606	5.277
M3P1D	2382125869	99313255816	5.334
M3P1E	2381893824	99313361681	5.373
M3P1F	2381656708	99313426013	5.295
M3P1G	2381413635	99313450315	5.193
M3P1H	2381190640	99313450700	5.790
M3P1I	2380955675	99313439616	4.800

(continua)

Perfil 1	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M3P1J	2380715345	99313415597	4.193
M3P1L	2380472770	99313366499	4.220
M3P1M	2380224579	99313294716	3.616
M3P1N	2379982401	99313155233	2.687
M3P1O	2379766543	99313076212	1.069
Perfil 2	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M3P2A	2381556322	99309722771	6.696
M3P2B	2381331672	99309740175	5.243
M3P2C	2381067383	99309702459	4.888
M3P2D	2380797887	99309685870	4.356
M3P2E	2380580979	99309685343	3.651
M3P2F	2380349733	99309668518	3.616
M3P2G	2380090080	99309656473	1.809
M3P2H	2379993336	99309678786	0.622
Perfil 3	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M3P3A	2382432181	99306861705	6.339
M3P3B	2382317563	99306795723	5.810
M3P3C	2382225476	99306738628	5.404
M3P3D	2382140997	99306682559	5.424
M3P3E	2381968147	99306553050	5.454
M3P3F	2381804004	99306448179	5.170
M3P3G	2381582244	99306339987	4.390
M3P3H	2381530197	99306302308	4.299
M3P3I	2381177374	99306070080	4.312
M3P3J	2380868151	99305892205	2.907
M3P3L	2380598525	99305771010	2.681
M3P3M	2380387546	99305679265	1.579
M3P3N	2380331548	99305649752	1.344
Perfil 4	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M3P4A	2383421781	99302033763	6.870
M3P4B	2383187643	99301957895	5.907
M3P4C	2382678753	99301721321	4.816
M3P4D	2382330285	99301552348	3.456
M3P4E	2382227659	99301499596	3.151
M3P4F	2381908369	99301327929	3.702
M3P4G	2381475078	99301002700	2.429
M3P4H	2381010767	99300783757	1.914
M3P4I	2380344809	99300391445	2.108
M3P4J	2379965890	99300167433	2.434
M3P4L	2379618706	99300112127	1.601
M3P4M	2379266524	99299894097	1.870
M3P4N	2378833708	99299809792	1.961
M3P4O	2378204888	99299570190	1.609
M3P4P	2377855857	99299394849	0.772

(conclui)

Perfil 5	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M3P5A	2384406895	99299315905	6,775
M3P5B	2384204135	99299341971	5,942
M3P5C	2383886500	99299156758	5,083
M3P5D	2383465707	99298912879	4,43
M3P5E	2382619706	99298543233	2,764
M3P5F	2382028971	99298176221	2,334
M3P5G	2381362206	99297917486	2,147
M3P5H	2380811344	99297765265	1,84
M3P5I	2380357432	99297710082	1,399
M3P5J	2379875274	99297655741	1,772
M3P5L	2379328973	99297530769	1,382
M3P5M	2378844323	99297441876	0,933
M3P5N	2378334612	99297280977	1,407
M3P5O	2377920343	99297180135	1,025
M3P5P	2377672162	99296999660	-0,032
Perfil 6	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Cota (m)
M3P6A	2388410028	99296220167	6,177
M3P6B	2388218988	99295953104	5,606
M3P6C	2388035479	99295596307	4,777
M3P6D	2388005910	99295554487	3,65
M3P6E	2387743370	99295190939	3,359
M3P6F	2387467005	99294834636	3,38
M3P6G	2387176818	99294483875	2,53
M3P6H	2386725738	99294124988	1,921
M3P6I	2386264679	99293814737	2,023
M3P6J	2385963197	99293602047	2,354
M3P6L	2385736012	99293337363	2,349
M3P6M	2385504263	99292794196	2,163
M3P6N	2385298594	99292262498	1,955
M3P6O	2385144364	99291910326	1,721
M3P6P	2384957209	99291577204	2,452
M3P6Q	2384715064	99291250537	2,128
M3P6R	2384530559	99290953234	1,786
M3P6S	2384341273	99290603329	1,678
M3P6T	2384269267	99290378299	1,71
M3P6U	2384164163	99290051643	1,763
M3P6V	2383723119	99289706836	1,792

## 6.4 ASPECTOS TEXTURAIS

### 6.4.1. Parâmetros Estatísticos

Para o estudo da distribuição granulométrica da praia da Marieta, foram analisadas 141 amostras superficiais de areia que foram coletadas de acordo com a zonação praial. As distribuições granulométricas das amostras de sedimentos foram classificadas de acordo com os parâmetros desenvolvidos por Folk & Ward (1957). Os parâmetros utilizados foram: desvio padrão, assimetria e curtose. Quanto ao tamanho médio (Mz), as amostras foram classificadas como sendo areia fina. Os resultados obtidos mostram variações sazonais na distribuição granulométrica na praia da Marieta.

#### 6.4.1.1. Tamanho médio

O tamanho médio (Mz) é a melhor medida para fornecer a distribuição média dos tamanhos de partículas, pois é obtido de um grupo de tamanhos, e não de um único ponto. Durante os períodos estudados, a variação no tamanho dos grãos na praia da Marieta foi insignificante, com tamanho médio de 2,74  $\phi$  para o período chuvoso (março) e 2,66  $\phi$  para o período menos chuvoso (novembro) sendo classificadas como areia fina.

#### 6.4.1.2 Desvio padrão

O desvio padrão (Dp) empregado na análise sedimentológica, relaciona-se com a competência dos diferentes agentes geológicos, em selecionar com maior ou menor habilidade um determinado tamanho de grão. Um sedimento bem selecionado ou bem classificado significa um sedimento com pequena dispersão dos seus valores granulométricos.

O desvio padrão descreve a dispersão em relação à média. Este parâmetro está intimamente associado ao selecionamento da amostra que nos dá informação a respeito das flutuações do nível energético do agente deposicional, e sua capacidade de classificar os materiais mobilizados (Folk & Ward, 1957).

Os valores relacionados ao desvio padrão de amostras de sedimentos podem indicar a energia na bacia de acumulação, o grau de maturidade textural de um depósito, e a

ocorrência de misturas populacionais. A nomenclatura adotada para valores encontrados por esse parâmetro está descrita na tabela 10.

**Tabela 10-Classificação do desvio padrão.**

Dp	Classificação
< 0,35	Muito bem selecionado
0,35 a 0,50	Bem selecionado
0,50 a 1,00	Moderadamente selecionado
1,00 a 2,00	Mal selecionado
2,00 a 4,00	Muito mal selecionado

Sedimentos que contêm pequenas variações de tamanho de partículas são referidos como bem selecionados. Entretanto, se não houver uma disponibilidade da área fonte, em fornecer diferentes tamanhos de grão ao agente de deposição, as diferenças energéticas do meio não serão retratadas no material acumulado, o que mostra que a distribuição de tamanho dos materiais da área fonte influencia, de certo modo, o grau de seleção dos sedimentos depositados em um dado ambiente (Sahu, 1964 apud Alves, 2001). A distribuição espacial do desvio padrão é mostrada na figura 40.

O comportamento do desvio padrão na praia da Marieta no período chuvoso (março) mostrou-se uniforme com uma pequena variação de bem selecionado a muito bem selecionado. Assim, sedimentos não sofreram alterações sendo classificados como muito bem selecionados com valor médio 0,266  $\phi$  onde somente na zona de intermaré inferior do perfil 6 foi classificado como bem selecionado (Tabela 13)

Na zona de supramaré, os sedimentos foram classificados como sendo muito bem selecionados com valores médios de 0,28  $\phi$  em todos os perfis praias. Na zona de intermaré algumas amostras no perfil praia 6 mostraram ser bem selecionadas com valor médio de 0,31  $\phi$ . Já na zona de inframaré, os sedimentos foram classificados como muito bem selecionados (0,36  $\phi$  média).

Durante o período menos chuvoso (novembro) os sedimentos mostraram um padrão de selecionamento semelhante aos valores do período chuvoso, com valores de desvio padrão muito bem selecionados sendo que a fração de sedimentos bem selecionados ficaram confinados na zona de intermaré do perfil 1 e na zona de inframaré dos perfis 4 e 6 (Figura 40). Nas zonas de supramaré os valores médio foram 0,282  $\phi$ . Nas zonas de intermaré foram 0,311  $\phi$  e nas zonas de inframaré 0,337  $\phi$ . Todos estes a moderadas a alta.

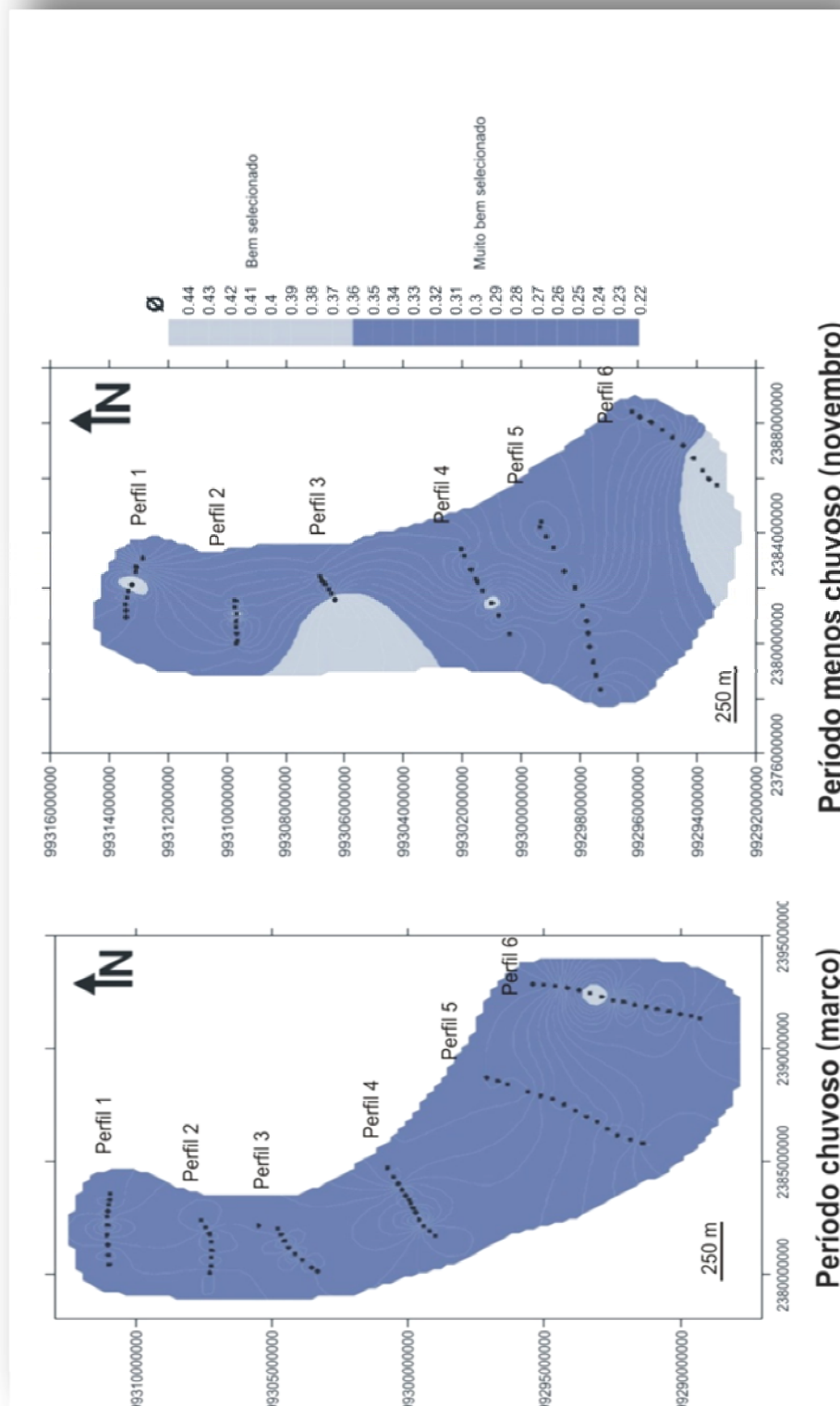


Figura 40- Distribuição do desvio padrão na praia da Marieta.

### 6.4.1.3 Assimetria

Diz-se que uma curva é simétrica quando os valores da moda, média e mediana coincidem, e a curva de frequência simples apresenta-se em forma de sino, ou seja, correspondente a curva normal de Gauss onde a assimetria ( $Sk$ ) é zero. Na prática esse fato é de difícil ocorrência, pois se verifica normalmente um desvio tendente para os grãos grosseiros - assimetria negativa, ou para os grãos finos - assimetria positiva.

A nomenclatura adotada para valores encontrados é a seguinte:

**Tabela 9- Classificação da assimetria**

Valor	Classificação
- 1,00 a - 0,30	Assimetria muito negativa
- 0,30 a - 0,10	Assimetria negativa
- 0,10 a + 0,10	Aproximadamente simétrica
+ 0,10 a + 0,30	Assimetria positiva
+ 0,30 a + 1,00	Assimetria muito positiva

A assimetria negativa significa a abundância de sedimentos mais grossos, significando a adição de sedimentos grossos ou uma subtração de sedimentos finos para a plataforma continental. A assimetria negativa pode ser causada pela remoção dos sedimentos finos pelos processos costeiros. Areias fluviais e dunares tendem a ter assimetria positiva devido a infiltração dos finos.

No período chuvoso (março) na zona de supramaré e intermaré superior predominam sedimentos de assimetria positiva devido aos sedimentos dunares com valores de 0,208. Já na zona de intermaré foram observados sedimentos de assimetria aproximadamente simétrica (0,04). No entanto, foi observado nas zonas de intermaré dos perfis 4 e 6 (Figura 41) sedimentos com assimetria negativa, podendo estar associados as calhas do sistema de crista e calha. Já na zona de inframaré do perfil 1 os sedimentos obtiveram assimetria negativa com valores de  $- 0,005$  e no restante dos perfis com assimetria aproximadamente simétricas.

Já no período menos chuvoso (novembro) foi observado na zona de supramaré sedimentos com assimetrias variando de positivas (0,25) e aproximadamente simétrico ( $- 0,005$ ). Conde nos perfis 2 e 6 mostraram valores de assimetria positiva e no restante dos perfis mostraram assimetrias aproximadamente simétricos. Na zona de intermaré também

mostram um comportamento semelhante ao do período chuvoso com valores variando de assimetrias negativas (-0,16) e aproximadamente simétricas (-0,47). Na zona de inframaré também apresentaram valores de assimetrias negativas (-0,28) e aproximadamente simétricas (-0,07).

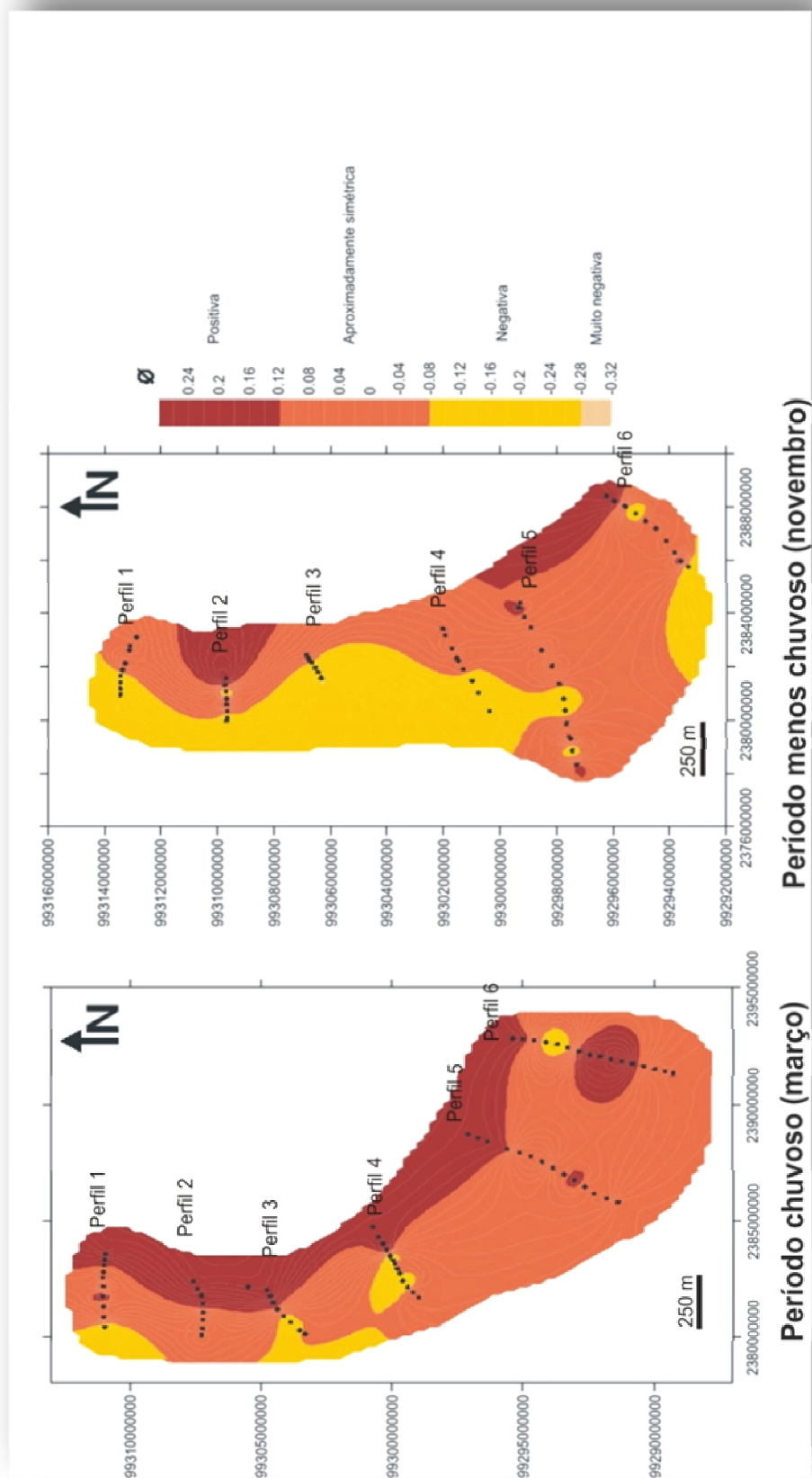


Figura 41- Distribuição da assimetria na praia da Marieta ao longo dos perfis praias.

#### 6.4.1.4 Curtose

A curtose (Kg) ou grau de agudez dos picos representa a discrepância entre a altura de uma classe em relação às outras. Quanto maior a diferença de altura de uma classe em relação às demais, maior será o grau de agudez ou curtose da amostra. Que também pode ser representada pela razão entre o espalhamento na parte central da amostra e o espalhamento nas caudas da distribuição.

A curtose é o parâmetro que designa o grau de afilamento da curva. Ela será leptocúrtica se for bastante afilada, mesocúrtica se tiver distribuição normal e platicúrtica se for achatada.

A classificação para Kg obedece aos seguintes limites:

**Tabela 10- Classificação da curtose.**

Kg	Classificação
< 0,67	Muito platicúrtica
0,67 - 0,90	Platicúrtica
0,90 - 1,11	Mesocúrtica
1,11 - 1,50	Leptocúrtica
1,50 - 3,00	Muito leptocúrtica

A curtose está relacionada com o sucesso do nível de energia das ondas, ou nível de energia do ambiente deposicional, sendo inversamente proporcionais. Os valores altos da curtose indicam uma diminuição no nível de energia das ondas (Alves, 2001).

No período chuvoso, a distribuição da curtose na zona de supramaré e intermaré superior são mesocúrticas com valores médios de 1,10, relacionados a um ambiente de baixa energia, mas a zona de supramaré e de intermaré superior durante o período chuvoso é atingida pela maré alta, portanto durante este período eles deveriam ser de alta energia (Figura 42).

Nas zonas de intermaré e supramaré eles foram classificados quanto à curtose como sendo leptocúrticos, apresentando valores (1,26) referentes a um ambiente de menor baixa energia.

No período menos chuvoso (novembro) a zona de supramaré apresentou valores médios de (1,26) sendo classificados com leptocúrticos. Somente na zona de supramaré do perfil 2 foi classificado como sendo muito leptocúrtico com valores de 1,54.

Na zona de intermaré foi classificado como sendo leptocúrtico com valor médio de (1,21). Nos perfis 2, 3 4 e 5 foram observados pequenas porções de sedimentos mesocúrticos.

As zonas de inframaré foram classificadas em todos os perfis como leptocúrticos com valore médio de 1,03.

O transporte sedimentar na face praial é uma combinação de diferentes escoamentos. Ondas de gravidade superficiais, que agitam o fundo marinho e colocam os sedimentos em movimento; as correntes direcionais, que determinam a rede de direções e de magnitude do transporte sedimentar (Wright *et al.*, 1991).

A face praial é um elemento vital em determinar à resposta costeira as forças externas. Assim, avanços significativos foram feitos na compreensão dos componentes da dinâmica na face praial. Modelos contemporâneos ainda são incapazes de premeditar a complexa interação entre a geologia costeira e os processos marinhos e atmosféricos ao longo do tempo. Estudos empíricos mostraram claramente a influência da herança geológica na morfologia praial, na erosão da linha de costa e em resposta a eventos de tempestade.

O movimento offshore das areias durante as condições de tempestade com retorno lento em direção ao continente em condições de tempo fraco foi bem documentado. Outros estudos têm sugerido que a morfologia costeira, orientação da linha de costa, morfologia pré-tempestade e o impacto cumulativo de tempestades sucessivas, escoamento médio, correntes induzidas por ventos e a espessura dos sedimentos de nearshore, tem uma importante resposta aos eventos de tempestade na face praial.

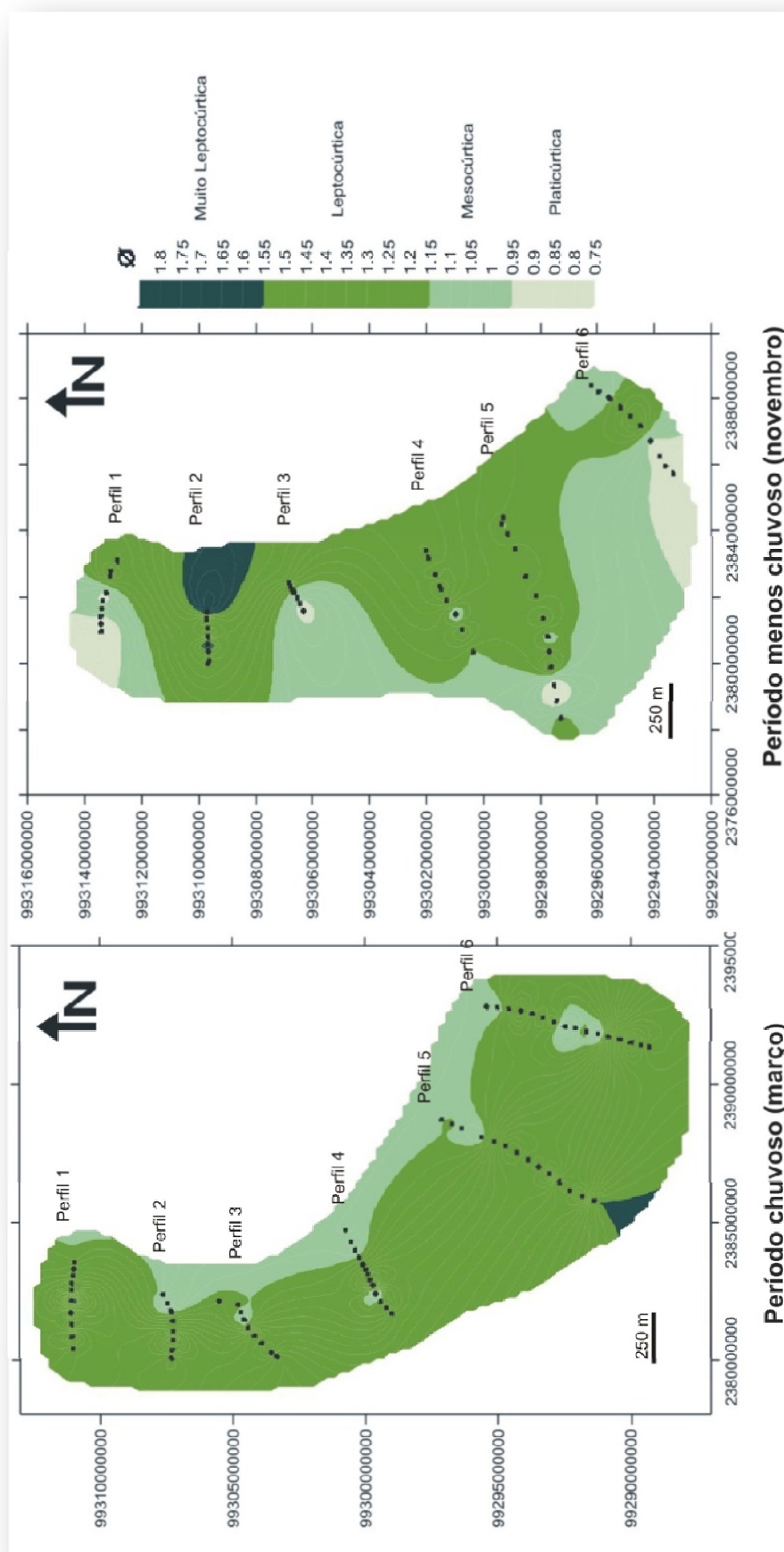


Figura 42- Distribuição da curtose na praia da Marieta.

**Tabela 13- Tabela indicando as coordenadas geográficas dos pontos da coleta de sedimentos com o resultado obtido para o período chuvoso (março).**

(continua)

Amostras - Perfil 1	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
M1P1A	2382144345	99305500730	0,2644	0,2619	1,14
M1P1B	2383547662	99310944489	0,2453	0,2152	1,14
M1P1C	2383304731	99310972602	0,2431	0,07903	1,245
M1P1D	2383071042	99311012141	0,2257	0,1711	1,121
M1P1E	2382783137	99311037718	0,2661	0,02439	1,376
M1P1F	2382540383	99311055114	0,2283	0,1682	1,112
M1P1G	2382163753	99311036681	0,3165	-0,08543	1,708
M1P1H	2381726353	99311073816	0,2689	0,2393	1,088
M1P1I	2381295925	99311037791	0,2544	-0,009321	1,355
M1P1J	2380852190	99311028467	0,2268	0,1569	1,109
M1P1L	2380426820	99310984379	0,2498	-0,2017	1,236
Amostras - Perfil 2	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
M1P2A	2382378840	99307618317	0,2751	0,2667	1,111
M1P2B	2382074139	99307435833	0,2978	0,2628	0,9558
M1P2C	2381788435	99307306747	0,2188	0,1695	1,116
M1P2D	2381737928	99307282508	0,2256	0,1733	1,129
M1P2E	2381430087	99307244067	0,2454	0,2116	1,206
M1P2F	2381054412	99307216828	0,2359	0,04946	1,218
M1P2G	2380740785	99307236407	0,2767	-0,01827	1,459
M1P2H	2380364407	99307257243	0,2629	-0,07099	1,341
M1P2I	2380064668	99307294043	0,2378	0,0597	1,225
Amostras - Perfil 3	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
M1P3A	2382005218	99304799034	0,2606	0,2551	1,133
M1P3B	2381752289	99304667977	0,283	0,272	1,112
M1P3C	2381470865	99304552818	0,2123	0,1537	1,065
M1P3D	2381176180	99304399542	0,232	0,1178	1,161
M1P3E	2380881218	99304166774	0,3209	-0,1211	1,36
M1P3F	2380615350	99303899361	0,2458	-0,111	1,247
M1P3G	2380288183	99303543261	0,2431	-0,09523	1,218
M1P3H	2380132296	99303331778	0,2648	-0,05827	1,344
Amostras - Perfil 4	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
M1P5A	2384703277	99300761373	0,2242	0,1406	1,108
M1P5B	2384292317	99300530740	0,2152	0,1554	1,07
M1P5C	2383999468	99300369364	0,2175	0,1608	1,088
M1P5D	2383731851	99300225667	0,2845	0,2749	1,127
M1P5E	2383467142	99300097079	0,2977	-0,2342	1,182
M1P5F	2383289070	99299982422	0,2565	-0,1801	1,171
M1P5G	2383136807	99299898691	0,2468	-0,000422	1,285
M1P5H	2382920355	99299825561	0,2931	-0,1351	1,279
M1P5I	2382726704	99299725486	0,2879	-0,02102	1,483
M1P5J	2382405676	99299604681	0,3572	-0,2462	0,8641
M1P5L	2382135114	99299421845	0,2517	-0,1223	1,261
M1P5M	2381900603	99299219992	0,2143	0,04415	1,088
M1P5N	2381693418	99299013988	0,2356	-0,003399	1,232

(conclui)

Amostras -Perfil 5	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
M1P6A	2388691650	99297109837	0,2202	0,1704	1,119
M1P6B	2388538591	99296706346	0,2235	0,1722	1,125
M1P6C	2388389152	99296340530	0,2155	0,1658	1,104
M1P6D	2388065403	99295594654	0,2176	0,1341	1,08
M1P6E	2387891489	99295137199	0,2412	-0,05802	1,248
M1P6F	2387745721	99294689664	0,2526	-0,02956	1,324
M1P6G	2387510953	99294269982	0,2553	-0,08297	1,345
M1P6H	2387241940	99293854739	0,2419	0,0994	1,248
M1P6I	2386972243	99293453621	0,2675	0,08133	1,332
M1P6J	2386730138	99293057543	0,2409	0,1801	1,153
M1P6L	2386438221	99292670863	0,2759	0,06763	1,387
M1P6M	2386136176	99292321237	0,2686	0,0497	1,36
M1P6N	2385949667	99291835055	0,2511	0,109	1,245
M1P6O	2385788228	99291389850	0,3009	-0,04737	1,518
Amostras - Perfil 6	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
M1P7A	2392826238	99295418396	0,2177	0,1682	1,112
M1P7B	2392793437	99295020967	0,2139	0,1559	1,072
M1P7D	2392739473	99294593960	0,233	0,05726	1,2
M1P7E	2392661461	99294150154	0,3163	-0,1752	1,299
M1P7F	2392568079	99293717858	0,3509	-0,1735	1,166
M1P7G	2392436245	99293322933	0,3791	-0,1263	1,119
M1P7H	2392272506	99292879333	0,3876	0,1684	1,259
M1P7I	2392116767	99292485931	0,3283	0,289	0,9309
M1P7L	2392050795	99292079896	0,2114	0,1598	1,084
M1P7M	2391919713	99291668150	0,2652	0,2482	1,177
M1P7N	2391831239	99291263532	0,3161	0,2672	0,9148
M1P7O	2391728740	99290856946	0,3272	0,14	1,341
M1P7P	2391632962	99290424508	0,3234	0,1011	1,409
M1P7Q	2391508249	99290000366	0,2961	-0,04047	1,561
M1P7R	2391411487	99289601728	0,2995	0,009646	1,455
M1P7T	2391331874	99289284877	0,2612	-0,005592	1,385

**Tabela 14- Tabela indicando as coordenadas geográficas dos pontos da coleta de sedimentos com o resultado obtido para o período chuvoso (março).**

(continua)

Amostras - Perfil 1	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Assimetria	Curtose	Desvio Padrão
M3P1A	2383101158	99312870519	-0,005329	1,225	0,2346
M3P1B	2382782755	99313099856	-0,06009	1,404	0,3079
M3P1C	2382617458	99313117606	-0,03413	1,371	0,2759
M3P1D	2382125869	99313255816	0,07274	0,9857	0,4849
M3P1E	2381893824	99313361681	-0,04337	0,7398	0,3257
M3P1F	2381656708	99313426013	-0,1037	1,398	0,2897
M3P1G	2381413635	99313450315	-0,2908	0,9047	0,3435
M3P1H	2381190640	99313450700	-0,1199	0,7484	0,3353
M3P1I	2380955675	99313439616	-0,2116	0,8029	0,3382
Amostras - Perfil 2	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Assimetria	Curtose	Desvio Padrão
M3P2A	238155,6322	9930972,2771	0,2596	1,775	0,3121
M3P2B	238133,1672	9930974,0175	0,2371	1,118	0,2615

(conclui)

Amostras - Perfil 2	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Assimetria	Curtose	Desvio Padrão
M3P2C	238106,7383	9930970,2459	-0,3567	1,405	0,4294
M3P2D	238079,7887	9930968,5870	0,1164	1,093	0,218
M3P2E	238058,0979	9930968,5343	0,1561	1,88	0,3244
M3P2F	238034,9733	9930966,8518	-0,02959	1,45	0,2922
M3P2G	238009,0080	9930965,6473	-0,1423	1,341	0,2873
M3P2H	237999,3336	9930967,8786	-0,1382	1,423	0,3405
Amostras - Perfil 3	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Assimetria	Curtose	Desvio Padrão
M3P3A	2382432181	99306861705	-0,01009	1,386	0,288
M3P3B	2382317563	99306795723	-0,02807	0,9666	0,4261
M3P3C	2382225476	99306738628	0,04764	1,332	0,2765
M3P3D	2382140997	99306682559	-0,1823	1,026	0,3098
M3P3E	2381968147	99306553050	-0,1607	1,197	0,2941
M3P3F	2381804004	99306448179	-0,1986	0,8459	0,3125
M3P3G	2381582244	99306339987	-0,2868	0,9124	0,4072
Amostras -Perfil 4	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Assimetria	Curtose	Desvio Padrão
M3P4A	2383421781	99302033763	-0,000172	1,409	0,2967
M3P4B	2383187643	99301957895	-0,001774	1,388	0,2686
M3P4C	2382678753	99301721321	0,0539	1,307	0,2506
M3P4D	2382330285	99301552348	-0,09476	1,491	0,2891
M3P4E	2382227659	99301499596	-0,02961	1,421	0,2845
M3P4F	2381908369	99301327929	-0,0343	1,424	0,2863
M3P4G	2381475078	99301002700	-0,1579	0,9908	0,4076
M3P4H	2381010767	99300783757	-0,07734	1,411	0,2904
M3P4I	2380344809	99300391445	-0,1365	1,14	0,3493
Amostras - Perfil 5	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Assimetria	Curtose	Desvio Padrão
M3P5A	2384406895	99299315905	0,09457	1,197	0,2349
M3P5B	2384204135	99299341971	0,1757	1,137	0,2258
M3P5C	2383886500	99299156758	0,08231	1,163	0,2264
M3P5D	2383465707	99298912879	0,06151	1,215	0,2368
M3P5E	2382619706	99298543233	-0,09228	1,249	0,2551
M3P5F	2382028971	99298176221	0,09323	1,156	0,2279
M3P5G	2381362206	99297917486	-0,06725	1,344	0,3274
M3P5H	2380811344	99297765265	-0,1443	1,095	0,3456
M3P5I	2380357432	99297710082	-0,1409	1,213	0,3189
M3P5J	2379875274	99297655741	0,008736	1,397	0,3037
M3P5L	2379328973	99297530769	0,1729	0,7766	0,3215
M3P5M	2378844323	99297441876	-0,2311	0,847	0,3136
M3P5N	2378334612	99297280977	0,1433	1,199	0,2646
Amostras - Perfil 6	Latitude em UTM	Longitude em UTM	Assimetria	Curtose	Desvio Padrão
M3P6A	2388410028	99296220167	0,2527	1,066	0,2815
M3P6B	2388218988	99295953104	0,229	1,119	0,2476
M3P6C	2388035479	99295596307	-0,001477	0,877	0,3629
M3P6D	2388005910	99295554487	-0,06826	1,319	0,2675
M3P6E	2387743370	99295190939	-0,1947	1,2	0,2938
M3P6F	2387467005	99294834636	0,02711	1,41	0,2791
M3P6G	2387176818	99294483875	0,01348	1,388	0,3445
M3P6H	2386725738	99294124988	-0,01641	0,9202	0,3773
M3P6I	2386264679	99293814737	-0,07307	0,8857	0,396
M3P6J	2385963197	99293602047	0,2669	0,964	0,3726
M3P6L	2385736012	99293337363	-0,2284	0,8316	0,4379

## 7 DISCUSSÃO

Algumas equações são capazes de caracterizar a maioria dos cenários do litoral em praias refletivas a dissipativas, que se comportam de uma maneira premeditável (se o ambiente for natural e o suprimento de sedimento estável). Porém, no mais extremo da classificação morfodinâmica, as praias ultradissipativas, as planícies de maré arenosas são omitidas da literatura das praias devido a uma complexidade de investigações sobre os parâmetros de onda de um ambiente de alta energia e de morfologia plana. Planície arenosa de maré, portanto são dominadas por fatores hidrodinâmicos e cenários morfodinâmicos que os colocam próximos as praias oceânicas, assim, esta semelhança morfodinâmica aparece favorável desde que a entrada de sedimentos induzidos pelas ondas e combinados com as interações das correntes geradas por ondas são expressas em uma distribuição espacial dos sedimentos.

A praia da Marieta é um ambiente dinâmico tendo sua morfologia altamente relacionada a processos de alta energia principalmente ao regime de macromarés aliados a ação das ondas, ventos e precipitação. Apresenta um traçado curvilíneo devido a uma de suas extremidades ocorrerem um esporão arenoso. Possui aproximadamente 3 km de extensão sendo dividida em três setores com características morfológicas e hidrológicas distintas. Sua largura média no setor sudeste (esporão arenoso) é de 340 m desde as dunas frontais até a zona de inframaré com inclinação de  $\text{tg}\beta$  0,013, No setor central com uma largura de 250 a 300 m e inclinação de  $\text{tg}\beta$  0,017 no período chuvoso e 0,025 no período menos chuvoso e no setor noroeste com largura variando de 700 a 1000 m com inclinação de  $\text{tg}\beta$  0,004 no período chuvoso e  $\text{tg}\beta$  0,007 no período menos chuvoso, as únicas feições secundárias que foram observadas foram o sistema de crista e calha. Estas barras arenosas são construídas durante o período chuvoso onde os sedimentos retirados da base das dunas e da zona de intermaré são transportados em direção a plataforma continental interna propiciando a formação destas barras. Durante o período menos chuvoso, a velocidade do vento é maior e transportam estes sedimentos expostos durante a maré baixa propiciando assim a reconstrução/formação das dunas e sendo depositadas na zona de intermaré, tornando-a mais plana

Assim foi constatado que a praia da Marieta possui uma tendência sazonal das suas características morfológicas, devido a variabilidade dos processos costeiros como ondas, marés e meteorológicos como ventos e precipitação.

Foi possível observar que durante o período chuvoso (março) os perfis praias foram mais íngremes e no período menos chuvoso (novembro) foram mais planos. Esta variação é refletida principalmente pelo fato de que no período chuvoso as ondas de 1,3 m com período de 8 s aliados a amplitude de macromarés com altura de 5, 5 m, da precipitação pluviométrica de 600 mm erodem parte dos sedimentos das dunas e formam escarpas dunares. Estes sedimentos erodidos são transportados e depositados da zona de inframaré e plataforma continental formando as cristas e calhas e barras arenosas, assim o perfil praiial torna-se íngreme.

No período menos chuvoso os sedimentos são removidos durante a maré baixa da zona de inframaré, retornam a face praiial formando as cristas e calhas com um suave relevo.

De acordo com os conceitos morfodinâmicos, verificou-se que de uma forma geral a praia da Marieta comportou-se como uma praia tipicamente dissipativa, porém no setor sudeste mostrou-se intermediário com a presença de banco e calha longitudinal.

De acordo com o parâmetro dimensionador de surfe de Guza e Inman, (1975) os resultados dos perfis 1, 2, 3 e 4 apresentaram características intermediárias com a presença de banco e calha longitudinal, no período chuvoso e menos chuvoso, com valores entre  $\varepsilon=2$  a 22. No perfil 4 os resultados mostram ser intermediário no período chuvoso e dissipativo no período menos chuvoso. Já nos perfis 4 e 5 mostraram ser dissipativos durante os dois períodos com valores de  $\varepsilon=36$  a 90.

O parâmetro de Wright e Short, (1984) mostrou para o período chuvoso 8,57 e menos chuvoso valores de 7,14 classificando a praia com dissipativa nos dois períodos, correspondente ao observado visualmente

Os valores obtidos na praia da Marieta pelo modelo de praias de macromarés de Masselink e Short, (1993) caracterizaram a mesma como sendo dominada por marés, dissipativa com barras, o que também foi o esperado pela observação visual.

A cobertura sedimentar na praia da Marieta é constituída por areias muito finas, sendo homogêneas, não apresentando diferenças consideráveis na granulometria ao longo de suas zonas, apesar de apresentarem mudanças significativas no comportamento do desvio padrão, da assimetria e da curtose.

O comportamento do desvio padrão na praia da Marieta no período chuvoso (março) mostrou-se uniforme com uma pequena variação de bem selecionado a muito bem selecionado. Assim, sedimentos não sofreram alterações sendo classificados como muito

bem selecionados com valor médio 0,266  $\phi$  onde somente na zona de intermaré inferior do perfil 6 foi classificado como bem selecionado.

Na zona de supramaré, os sedimentos foram classificados como sendo muito bem selecionados com valores médios de 0,28  $\phi$  em todos os perfis praias. Na zona de intermaré algumas amostras no perfil praia 6 mostraram ser bem selecionadas com valor médio de 0,31  $\phi$ . Já na zona de inframaré, os sedimentos foram classificados como muito bem selecionados (0,36  $\phi$  média).

Durante o período menos chuvoso (novembro) os sedimentos mostraram um padrão de selecionamento semelhante aos valores do período chuvoso, com valores de desvio padrão muito bem selecionados sendo que a fração de sedimentos bem selecionados ficaram confinados na zona de intermaré do perfil 1 e na zona de inframaré dos perfis 4 e 6. Nas zonas de supramaré os valores médio foram 0,282  $\phi$ . Nas zonas de intermaré foram 0,311  $\phi$  e nas zonas de inframaré 0,337  $\phi$ . Todos estes valores apresentados correspondem a ambientes de energia moderadas a alta.

No período chuvoso (março) na zona de supramaré e intermaré superior predominam sedimentos de assimetria positiva devido aos sedimentos dunares com valores de 0,208. Já na zona de intermaré foram observados sedimentos de assimetria aproximadamente simétrica com valores de 0,04. No entanto, foi observado nas zonas de intermaré dos perfis 4 e 6 sedimentos com assimetria negativa, podendo estar associados as calhas do sistema de crista e calha. Já na zona de inframaré do perfil 1 os sedimentos obtiveram assimetria negativa (-0,005) e no restante dos perfis com assimetria aproximadamente simétricas.

Já no período menos chuvoso (novembro) foram observados na zona de supramaré, sedimentos com assimetria variando de positiva (0,25) e aproximadamente simétrico (-0,005). Os perfis 2 e 6 mostraram valores de assimetria positiva e no restante dos perfis obtiveram assimetrias aproximadamente simétricas. Na zona de intermaré também mostram um comportamento semelhante ao do período chuvoso com valores variando de assimetrias negativas (-0,16) e aproximadamente simétricas (-0,47). Na zona de inframaré também apresentaram valores de assimetrias negativas (-0,28) e aproximadamente simétricas (-0,07).

A curtose está relacionada com o nível de energia das ondas. No período chuvoso, a distribuição da curtose na zona de supramaré e intermaré superior são mesocúrticas com valores médios de 1,10, relacionados a um ambiente de baixa energia, mas a zona de supramaré e de intermaré superior durante o período chuvoso é atingida pela maré alta, portanto durante este período eles deveriam ser de alta energia.

Nas zonas de intermaré e supramaré eles foram classificados quanto à curtose como sendo leptocúrticos, apresentando valores (1,26) referentes a um ambiente de menor baixa energia.

No período menos chuvoso (novembro) a zona de supramaré apresentou valores médios de (1,26) sendo classificados com leptocúrticas. Somente na zona de supramaré do perfil 2 foi classificado como sendo muito leptocúrtico com valores 1,54.

Na zona de intermaré foi classificado como sendo leptocúrtico com valor médio de (1,21). Nos perfis 2, 3 4 e 5 foram observadas pequenas porções de sedimentos mesocúrticos.

As zonas de inframaré foram classificadas em todos os perfis como leptocúrticos com valor médio de 1,03.

Os resultados acima não estão de acordo com Siegle e Calliari, (2003), onde dizem que os sedimentos tendem a ser classificados de acordo com o nível de energia em que a praia está exposta, onde praias expostas a um alto nível de energia das ondas é esperado a ter sedimentos mais grossos, pois como se explicaria a homogeneidade de sedimentos muito finos na praia da Marieta expostos a um alto nível de energia. Ressalta-se as praias da Marieta e do Cassino sofrem respectivamente influencia da macro e micro-maré.

## 8 CONCLUSÃO

A área de estudo está localizada na ilha do Marco no nordeste do estado do Pará na costa atlântica do Salgado Paraense. Este litoral de “rias” é caracterizado por ser uma faixa de sedimentos holocênicos associados a uma série de ilhas, baías e canais.

A praia da Marieta tem baixos níveis de energia do que as praias mais expostas da ilha do Marco, perfazendo uma superfície de “*barrier spit*” de praias barreiras com direção NW-SE com 3 km de extensão, bordejada por manguezais, canais de maré, barras arenosas e possuindo na sua margem um esporão arenoso e barras arenosas submersas.

As condições contemporâneas na praia da Marieta são caracterizadas por uma amplitude de macro-marés (>4m) com marés de sizígia alcançando até 5,5 m.

As ondas se desenvolvem dentro de uma pista ou “*fetch*” e se propagam seguindo a direção dos ventos locais com direções sazonais obedecendo à posição da zona de convergência intertropical. Onde sua posição mais ao norte durante o período chuvoso. O clima de ondas é dominado por estes ventos. A direção dos ventos que afetam o clima de ondas é tipicamente NE-SE.

Mudanças sazonais na morfologia das praias são tradicionalmente descritas pela variação de energia das ondas incidentes com condições calmas durante o período menos chuvoso (novembro) resultando em uma extensa zona de intermaré com a formação de dunas embrionárias e em condições energéticas na estação chuvosa (março) causando a diminuição na extensão da praia com a formação de barras arenosas.

De acordo com as observações de campo, a praia da Marieta apresentou dois estados ou estágios morfológicos, um estado no período chuvoso, devido ao grande poder erosivo durante as fortes chuvas e pelas marés de sizígia e pelas fortes ondas, onde parte dos sedimentos do pós praia e estirâncio foram erodidos. As dunas frontais foram erodidas devido a ação das ondas e marés e formam uma escarpa praial com restos de matéria orgânica e galhos. Parte dos sedimentos foram depositados na zona de inframaré e formam bancos arenosos. Tem um perfil plano e ocorrem cristas e calhas na zona de intermaré. O setor leste da praia da Marieta apresentou uma extensão de aproximadamente 1 Km, devido aos bancos arenosos estarem expostos durante a maré baixa. Já no setor sudeste (esporão arenoso) e na porção central da praia da Marieta apresentou largura de 150 a 350 m.

Os parâmetros oceanográficos são muito importantes na dinâmica costeira. As ondas mostraram quebrar do tipo deslizante com alturas máximas durante o início da maré vazante chegando a até 1,3 m na estação chuvosa e 1,2 m na estação menos chuvosa com período de

8 s nas duas estações. As marés são do tipo macromaré semidiurna, com amplitude de maré >4, com máxima de 5,5 m e mínima de 0,2 m no período chuvoso e de 5,3m no período menos chuvoso. Os ventos alísios atuantes são predominantemente de NE com variação N e E, devido ao deslocamento da ZCIT com velocidade máxima de 20 nós durante o período menos chuvoso (novembro) e mínima de 5 nós durante o período chuvoso (março) a precipitação local foi altamente influenciada pelo fenômeno de La Nina com precipitação acumulada e março de >600 mm e em novembro a acumulação total foi de 0 mm.

A análise granulométrica dos sedimentos mostrou uma predominância de grãos de areia muito finos. Assim, pode-se dizer que a praia da Marieta é composta por areia muito fina, com assimetria negativa nas dunas e moderadamente simétricas nas zonas de intermaré e inframaré, de curtose mesocúrtica na dunas e zona de supramaré durante o período chuvoso, e nas zonas de intermaré inferior e de inframaré no período menos chuvoso e leptocúrtica nas demais zonas praias. Estes resultados mostram um ambiente de alta energia. Através destes parâmetros foi possível observar que as maiores variações do perfil estiveram associadas à interação dos efeitos de ventos, ondas e marés e, mostrando a forte relação entre a forma da praia e a orientação e incidência desses agentes.

Com base nos resultados, pode-se dizer que a morfologia da praia da Marieta é controlada pelos processos oceanográficos e meteorológicos associados.

As feições geomorfológicas estão relacionadas aos movimentos neotectônicos, oscilações do nível do mar e dinâmica erosiva e deposicional associado a ação das ondas, macromarés, correntes costeiras, precipitação e ventos. Propiciando a formação de uma extensa planície de maré.

A orientação das feições geomorfológicas como o esporão arenoso e a direção das barras arenosas indicam a orientação das correntes litorâneas, uma vez que as correntes longitudinais transportam os sedimentos erodidos da praia e formam as barras arenosas.

Assim pode-se concluir que as mudanças ocorridas na praia da Marieta estão altamente associadas ao regime de precipitação. A variação sazonal da morfodinâmica praias mostra que as praias podem perder areia para mar além durante a estação chuvosa, quando os estuários e canais de maré apresentam um maior volume de água onde as ondas tendem a serem mais energéticas aliadas com a amplitude de maré de sizígia do que as da estação menos chuvosa. O resultado final é uma mudança sazonal da areia para as zonas mais distantes da praia, neste caso barras arenosas na plataforma continental interna, paralelas à linha de costa. Durante o período menos chuvoso devido ao menor input de energia gerada pela chuva, há uma menor quantidade de turbulência na zona de espriamento, assim a areia é

removida para trás da zona de espraiamento. Assim pode-se concordar, de acordo com os perfis praias e das feições geomorfológicas observadas para cada período, que se o transporte em direção ao mar prevalecer, o perfil praiial irá ser mais plano, enquanto que se o transporte em direção à costa prevalecer, o perfil praiial irá ser íngreme.

## REFERÊNCIAS

- Alves M.A.M. S & El-Robrini M. 2004. Morphodynamics of a macrotidal beach: Ajuruteua, Bragança – North Brazil. *Journal of Coastal Research.*, Special Issue, 39: in press.
- Alves, M. A. M. S. et al. 2005. Morfodinâmica das praias de meso-macromarés da zona costeira do Estado do Pará. Disponível em : [www.abequa2005.geologia.ufrj.br/nukleo/pdfs/0258\\_paper\\_abequa\\_2005.pdf](http://www.abequa2005.geologia.ufrj.br/nukleo/pdfs/0258_paper_abequa_2005.pdf). Acesso em: 06/07/2006
- Alves, M. A. M. S. 2001. Morfodinâmica e sedimentologia da praia de Ajuruteua – NE do Pará. 2001. Dissertação de Mestrado em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém,:104 p
- Barbosa. L.P.F. 2008 Aplicação da modelagem hidrodinâmica na circulação do estuário do rio maracanã (NE do Pará). Dissertação de Mestrado em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará.123 p.
- Bird, E. C.F., 1993. *Submerging Coasts: The Effects of Rising Sea Level on Coastal Environments*. John Wiley & sons. England. 183p.
- Bittencourt A.C.S.P., Farias F.F. e Vilas Boas G.S. 1990. Influência da deriva litorânea no desenvolvimento do esporão de Caixa-Pregos (Baía de Todos os Santos/BA). *Revista Brasileira de Geociências*,v. **20**: 197-200
- 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. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. 116p
- Cohen, J. C. P.; M. Dias; C. A. Nobre. 1995.Environmental-conditions associated with Amazonian squall lines - a case-study. *Mon. Wea. Rev.*,v **123**: 3163-3174.
- Cooper J.A.G. 2004, Identifying storm impacts on an embayed, high-energy coastline:examples from western Ireland, *Marine Geology* v.**210**: 261–280.
- Costa, J. B. S. et al. 1991<sup>a</sup> Aspectos da tectônica cenozóica na região do Salgado, litoral nordeste do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3, Belém. *Anais*: SBG-Núcleo Norte. 156-165 p.
- CPTEC, 2006. Portal Oceânico. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/>.
- Dean, 1973 R.G. Dean, Heuristic models of sand transport in the surf zone. *Engineering dynamics in the surf zone*, Proc. First Aust. Conf. Coastal Eng., Inst. Eng., Australia 208–214 p.
- DHN. 2007. Tábuas de maré para o Fundeadouro de Salinópolis (Estado do Pará). Disponível em:<http://www.dhn.mar.mil.br>

El-Robrini, M. 1992. Deposição e assoreamento das rias do nordeste e do estado do Pará/Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 37. Boletim de Resumos Expandidos. v.1.:79-80

Emery, K.O. Rapid method of mechanical analysis of sands. Journal of sedimentary Petrology, v 8 (3): 105-111, 1938.

Faria Jr, L. E. C.; Marçal, M. S. & Pinheiro, R. V. L. 1987. A dinâmica sedimentar da praia do Maçarico/Salinópolis e sua importância para a geologia da região costeira do estado do Pará. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, I, Porto Alegre. *Anais Abequa*: p. 343-356.

Ferreira S.A. 2001 Variação sazonal e intra-regional da precipitação pluviométrica junto ao litoral Atlântico da Amazônia. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. 60 p.

Ferreira D.B.S Eventos extremos da zona de convergência intertropical sobre o Atlântico durante o período chuvoso da Amazônia Oriental. Dissertação de mestrado em Ciência Ambiental. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará.65p.

França C.F. 2003. Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da Ilha de Marajó (PA). Tese de doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará:144 p.

Folk, R.L.; Ward, W.C. 1957. Brazos Rives Bar: a study in the significance of grain parameters. Journal of Sedimentary Petrology, v. 27, n.1: 3-26,

Guerreiro, J.S. 2005. Unidades geomorfológicas da Ilha do Marco/Marieta – Maracanã – NE do estado do Pará. Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. 63 p.

Guerreiro, J.S. El-Robrini. M. 2006. Geomorfologia da Ilha do Marco – Maracanã (NE do Estado do Pará). XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar – XII COLACMAR. Florianópolis, 15 a 19 de abril de 2007.

Guza, R. T. & Inman, D. L. 1975. Edge waves and beach cusps. Journal of Geophysical Research, v 80 (21): 2997-3012.

Gregório, A.M.S;. 2004. Caracterização Morfo-sedimentológica da praia do Atalaia, Salinópolis, Pará. Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará, 56 p.

Hoefel, F.G., 1998. *Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: Uma revisão bibliográfica*. Itajaí, Editora da UNIVALI. 92p.

Komar, P. D., 1976. Beach Process and Sedimentation. New Jersey, Prentice-Hall Inc., 429 p.

- Hill *et al* 2004 The effects of storms and storm-generated currents on sand beaches in Southern Maine, USA. *Marine Geology* v 210:149– 168
- Malvarez, G., Cooper, J.A.G., Jackson, D.W.T., Navas, F. 2001 The role of wave action on sedimentation of tidal flats: application of high spatial resolution numerical modelling in Strangford Lough, Northern Ireland. *Journal of Coastal Research*, SI 34, 172-182.
- Malvarez, G.C., Cooper, J.A.G. and Jackson, D.W.T. 2001 Relationship between waves and tidal flat sedimentation. *Journal of Sedimentary Research*, v71 (5):705-712
- Marengo, J. A. 2007 Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Sec. XXI . Série Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente, v.26: 212.
- Marengo, J.A. 2004 Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. *Theor. App. Clim.*, 78, 79-96,.
- Martorano, L. G.; Pereira, L. C.; Cezar. E. G. M.; Pereira, I. C. B. 1993. Estudos climatológicos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thornthwhite, Mather). Belém, SUDAM/EMBRPA, SNLCS, 53 p.
- Masselink G., Turner I.L. 1999. The effects of tides on beach morphodynamics. *In*: Short, A.D. (ed.), *Beach and Shoreface Morphodynamics*. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, 204–229 p.
- Masselink, G. et al, 2005 Suspended sediment transport in the swash zone of a dissipative beach *Marine Geology*, v 216 (3) 169-189
- McLaren. P. 1981. An interpretation of trends in Sedimentary Petrology, v.51: 611-624 .
- Moraes. B.C. et al. 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazônica* v.35 (2)
- Muehe D. 1994. Geomorfologia Costeira. *In*: Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. (orgs.). Geomorfologia. Uma atualização de bases e conceitos. Bertrand, Rio de Janeiro, p. 253-308.
- Muehe, D. 1996. Geomorfologia Costeira. *In*: Cunha, S. B. & Guerra, A. J. T. (orgs.). Geomorfologia. Exercícios, técnicas e aplicações. Bertrand, Rio de Janeiro: 191-238.
- Muehe, D. 1998. Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 46 (2): 157-169.
- Nordström, K. F. & Roman, C. T. 1996. Estuarine shore: evolution, environments and human alterations. John Wiley & Sons. 486p.
- Nordström, K. F. 1977. The use of grain size statistics to distinguish high and moderate energy beach environments. *Journal of Sedimentary Petrology*, v 47: 1287-1294.

Pethick, J. 1984. *An Introduction of Coastal Geomorphology*. [S.I.]: Edward Arnold Limited, 260p.

Rocha, E. J. P.; Ribeiro, J. B. M.; El-Robrini, M. 2002. Caracterização climática da faixa litorânea PA-MA-PI-CE. Notas de aula da disciplina Oceanografia Física. Graduação em Oceanografia. Universidade Federal do Pará. 16 p.

Rodrigues . H.L. 2003. Caracterização faciológica e interpretação paleoambiental do arenito preto das praias do Atalaia e da Marieta, no município de Salinópolis, norte do estado do Pará. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. 60 p..

Rossetti, D. F. 2001. Late cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, Brazil, within the context of sea level changes. *Journal of South American Earth Sciences*, v **14**: 77-89.

Rossetti, D. F.; Trukenbrodt, W.; Góes, A. M. 1989. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. v 1(1): 25-74.

Sá J.H.S. 1969. Contribuição à geologia dos sedimentos terciários e quaternários da região bragantina, estado do Pará. *Bol. Geol.*,v **3**:20-36.

Short A.D. 1999b. Wave dominated beaches. *In*: Short, A.D. (ed.), *Beach and Shoreface Morphodynamics*. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, p 173–203.

Short, A. Beach and Shoreface Morphodynamics. United States: John Wiley & Sons, 1999. 419p.

Short,A.D. 1982. Morphodynamics of a macrotidal beach. *Marine Geology*,v**50**: 97-128p.

Short,A.D. 1985. Rip-current type, spacing and persistence, Narrabeen Beach, Australia. *Marine Geology*., v. **6**: 547-71.

Siegle, E. & Calliari, L.J. 2008. High-Energy events and short-term changes in superficial beach sediments. *Brazilian Journal of Oceanography*,v **56** (2): 149-152.

Silva Júnior, O. G. 1998. Morfoestratigrafia da planície costeira do município de São João de Pirabas (porção NW) – NE do Estado do Pará. Belém: dissertação de mestrado em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. 89p

Silva, C. A. 1998. Análise morfoestratigráfica do estuário do rio Marapanim – NE do Pará. Dissertação de mestrado em Geologia. Instituto de Geociências Universidade Federal do Pará. 133p.

Silva, C. G.; Patchineelam, S. M.; Batista Neto, J. A.; Ponzi, V. R. A. 2004. Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos atuantes na linha de costa.. In: Introdução à Geologia Marinha. Cap.8 Ed. Interciência. Rio de Janeiro 175-218 p.

Silva, M.G.L. 2001. Avaliação multitemporal da dinâmica costeira da Praia do Pescador. Bragança (norte do Brasil). Dissertação de Mestrado em Geologia instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará, 113p.

Souza *et al*, 1998 Anomalias de Precipitação nos Setores Norte e Leste do Nordeste Brasileiro em Associação aos Eventos do Padrão de Dipolo Observados na Bacia Atlantico Tropical, Revista Brasileira de Meteorologia, v.13 (2):45-55.

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 em Geologia. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. 123 p

Souza Filho, P.W.M.; El-Robrini, M.. M. 1996. Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfosedimentares da Planície Costeira Bragantina – Nordeste do Para (Brasil). Geonomos, v.4 (2):1-16.

Wright, L.D. & Short, A.D.1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. Marine Geology, v.56: 93-118.

Wright, L.D., Guza,R.T. & Short,A.D.1982. Dynamics of high energy dissipative surf zone. marine geology, v.45:41-62.

Wright, L.D., Short, A.D.& Green, M.O. 1985. short term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model. marine geology, v.62: 339-344.

Wright.D., Chappell, J., Thom, B.G., Bradshaw, M.P. & Cowell, P.1979. Morphodynamics Of Relative And Dissipative Beach And Inshore Systems: Southeastern Australia. Marine Geology, v.32: 105-140.