

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE LIMNOLOGIA E OCEANOGRAFIA

BRUNNO JANSEN FRANCO

**CARACTERIZAÇÃO MORFODINÂMICA DAS PRAIAS OCEÂNICAS DA
ILHA DO MARANHÃO**

São Luís
Julho, 2018

BRUNNO JANSEN FRANCO

**CARACTERIZAÇÃO MORFODINÂMICA DAS PRAIAS OCEÂNICAS DA
ILHA DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Gonçalves de Lima

São Luís
Julho, 2018

Jansen Franco, Brunno.

CARACTERIZAÇÃO MORFODINÂMICA DAS PRAIAS OCEÂNICAS DA
ILHA DO MARANHÃO / Brunno Jansen Franco. - 2018.

58 f.

Orientador(a): Leonardo Gonçalves de Lima. Monografia
(Graduação) - Curso de Oceanografia,
Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2018.

1. Balanço sedimentar. 2. Estágios morfodinâmicos. 3.
Morfodinâmica de praias. I. Gonçalves de Lima, Leonardo.
II. Título.

BRUNNO JANSEN FRANCO

**CARACTERIZAÇÃO MORFODIÂMICA DAS PRAIAS OCEÂNICAS DA ILHA
DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Oceanografia da Universidade
Federal do Maranhão como requisito para
obtenção do Grau de Bacharel em
Oceanografia

Aprovada em ____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

Dr. Leonardo Gonçalves de Lima (Orientador)

Dr^a. Claudia Klose Parise (UFMA)

Dr. Pedro de Souza Pereira (UFSC)

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha família.

AGRADECIMENTOS

Inicio agradecendo aos meus pais Raimunda Jansen e Altemir Franco, meu irmão, Brenno Franco por sempre me proporcionarem as melhores experiências enquanto profissional, filho, irmão e ser humano. A minha Prima “Nana” pelos cuidados, apoio, compreensão paciência amor e carinho durante todos esses anos de minha vida. Além dos demais membros da minha família.

Ao meu professor e orientador Dr. Leonardo Gonçalves de Lima pelo conhecimento, oportunidade e tempo dedicado a mim ao longo desses 4 anos de convivência, ao senhor muito obrigado.

A minha namorada Poena Silva, pelo companheirismo, amizade, cumplicidade e forças em todos os momentos difíceis, obrigado por sempre estar ao meu lado durante toda essa jornada.

Ao meus amigos e companheiros que estiveram comigo durante a graduação, Kassandra Borges, Matheus Seguins, Daniel Pereira, Saulo Albuquerque, Priscila Carvalho, Valléria Vieira, Thalita Borba, Juliana Aguiar, Gabriel Santos, Ana Paula Chaves, Elienai Menezes, Jordan Silas, Willmara Guimarães, Gabriel Cerveira, Thais Melo e Larissa Sitowski, Kainara Franco e Luciana Amorim.

Em especial a Kassandra Borges, Matheus Seguins e Daniel Pereira que contribuíram grandiosamente com a elaboração deste trabalho e com o meu desenvolvimento pessoal.

Aos meus amigos da Marisma Empresa Junior, pelos momentos de aprendizado empenho e descontração que passamos juntos.

Aos meus amigos Edgar Melo, Carlos Neves, Mara Oliveira e Marina Jansen que apesar da distância nunca deixaram de estar comigo.

Aos Professores Rosalva Reis e Angelo Mendonça pela primeira mão estendida e por serem a minha porta de entrada para o mundo da ciência.

A todos que de certa forma tiveram parcela na minha formação nesses anos.

Por fim agradeço o departamento de oceanografia e limnologia- UFMA, ao PIBIC e ao Laboratório de Estudos em Oceanografia Geológica- LEOG.

Obrigado!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização das praias estudadas na área de estudo. Sendo, (1) Praias da Ponta d'areia, (2) Calhau, (3) Caolho, (4) Araçagi e (5) Panaquatira.	4
Figura 2. Equipamentos utilizados para coletas de dados topográficos.	6
Figura 3. Perfil geral das zonas de pós-praia, intermaré e inframaré, adaptado de Wright <i>et al.</i> (1982).....	7
Figura 4. Quadro de relação entre o parâmetro Ω e o RTR proposto por Masselink e Short (1993).....	8
Figura 5. Coleta observacional de altura de onda.....	9
Figura 6. Modelo explicativo do cálculo de volume gerado pela rotina de programação empregada.....	9
Figura 7. Coleta e sedimento na região do estirâncio.....	10
Figura 8. Método utilizado para o peneiramento das amostras e conjunto de peneiras granulométricas utilizadas.	11
Figura 9 Observações da resposta morfológica a eventos erosão causado pela descarga do rio pimenta (a) e barramento do transporte eólico pelas concreções lateríticas (b).	13
Figura 10 Barramento do transporte eólico com palhas na duna frontal monitorada, Praia do Calhau.....	14
Figura 11. Presença de cúspides na face praial da Praia de Panaquatira.	14
Figura 12. Mapa de localização dos perfis topográficos nas cinco praias monitoradas.	15
Figura 13 Valores de precipitação mensal e valores de normal climatológica (1981 – 2010), para os monitoramentos realizados. Sendo: a o monitoramento de duração anual e b o monitoramento de duração semestral. Fonte: (INMET, 2018).....	17
Figura 14 Valores de velocidade média dos ventos para os monitoramentos realizados, Sendo: a o monitoramento de duração anual e b o monitoramento de duração semestral. Fonte: (INMET, 2018).....	18
Figura 15. Monitoramento do perfil topográfico da Praia da Ponta da areia no período de abril de 2015 a março de 2016.....	20
Figura 16. Perfil comparativo dos valores máximos, mínimos e médios de altura do perfil da Praia da Ponta d'areia.	21
Figura 17. Monitoramento do perfil topográfico da Praia do Caolho no período de abril de 2015 a março de 2016.....	22
Figura 18 Perfil comparativo dos valores máximos, mínimos e médios de altura do perfil da Praia do Caolho.....	22
Figura 19. Monitoramento do perfil topográfico da Praia do Araçagi no período de outubro de 2016 a março de 2017.	23
Figura 20 Perfil comparativo dos valores máximos, mínimos e médios de altura do perfil da Praia do Araçagi.....	24
Figura 21 Monitoramento do perfil topográfico da Praia do Calhau no período de outubro de 2016 a março de 2017.....	25
Figura 22 Perfil comparativo dos valores máximos, mínimos e médios de altura do perfil da Praia do Calhau.....	26

Figura 23. Monitoramento do perfil topográfico da Praia de Panaquatira no período de outubro de 2016 a março de 2017.	27
Figura 24. Canais transversais ao levantamento topográfico e ripples na face praial da Praia de Panaquatira.	27
Figura 25. Perfil comparativo dos valores máximos, mínimos e médios de altura do perfil da Praia de Panaquatira.....	28
Figura 26. Variação de sedimento entres os meses de monitoramento em todas as praias estudadas (a, b, c, d, e) e variação de areia total das praias levando em consideração os perfis máximos acrescivos e erosivos (f).....	30
Figura 27. Curva de frequência granulométrica das praias estudadas.....	32
Figura 28. Classificação morfodinâmicas das praias estudadas, levando em consideração a relação entre o parâmetro adimensional ω e RTR.....	34
Figura 29. Localização dos enrocamentos naturais entre as praias da Ponta d'areia e Araçagi e linha de costa rítmica (A). E esquema demonstrativo de processo de formação dos enrocamentos naturais por meio da erosão das falésias (B).....	35
Figura 30. Calha paralela formada pelo deságue do Rio pimenta na face praial da Praia do Caolho, sendo A no período chuvoso e B no período de estiagem.	37
Figura 31. Mapa demonstrativo de feições de bancos e calhas transversais a linha de costa e localização do enrocamento de rochas lateríticas na face praial da praia de Panaquatira (A); Enrocamento de rochas lateríticas (B); e feições morfológicas da face praial (C). 40	
Figura 32. Existência (a) e ausência (b) do sistema de bancos e calhas na face praial, referente aos meses de julho e setembro na praia do Caolho.	42

RESUMO

A interação entre a morfologia e hidrodinâmica em praias arenosas, representa um dos mais complexos tópicos que regem a evolução costeira. Os padrões desta interação geralmente resultam de respostas espaço-temporais únicas, o que possibilita que as praias arenosas permaneçam como tema de ampla discussão pela comunidade científica. A Ilha do Maranhão é dominada por um regime macro-marés com altura de onda de até 1,20 m e apresenta diferentes feições ao longo do seu litoral. Estas praias enquadrando-se num contexto amplo de barreiras costeiras estando inseridas na classificação de barreiras de praias anexadas e esporões arenosos. O presente estudo tem o objetivo de realizar a classificação morfodinâmica de 5 praias do litoral da Ilha do Maranhão. O método utilizado foi a avaliação morfodinâmica realizada nas praias da Ponta d'areia, Caolho, Araçagi, Calhau e Panaquatira, sendo as duas primeiras monitoradas mensalmente entre abril de 2015 e março de 2016 e as três últimas monitoradas mensalmente entre outubro de 2016 e março de 2017, totalizando 42 perfis topográficos. Na Ilha do Maranhão os parâmetros meteorológicos apresentam uma diferenciação nítida com um período dominado pela precipitação (período chuvoso) e um segundo dominado pela ação dos ventos (período de estiagem). A morfologia praial apresenta uma tendência de alterações de forma ao longo do ano em virtude das forças ambientais atuantes nela como ondas, maré, pluviosidade e vento. As principais variações morfológicas observadas foram as migrações espaciais do sistema de banco e calha, que ocorreram de forma correlata a deposição ou remoção de sedimentos, ou seja, eventos deposicionais na face praial refletem na migração em direção à costa e à medida que ocorrem eventos erosivos há ocorre migração costa à fora. Com exceção da Praia do Calhau que apresentou comportamento inverso, provavelmente associado a presença de uma duna frontal que funciona como estoque sedimentar para eventos de alta energia. Foi possível obter o volume de areia movimentado, a partir dos perfis máximos acrescivo e erosivo, o qual variou entre 637,33 a 216,73 m³/m de areia, correspondentes as praias do Calhau e Caolho, respectivamente. Quanto a granulometria destas praias há um predomínio de areia fina, com exceção da praia de Panaquatira que apresentou uma granulometria de areia muito fina. A estágio morfodinâmico das praias permitiu enquadrá-las em três principais tipos: terraço de baixa mar - banco e cava, dissipativo sem banco e ultra-dissipativo, com a Praia da Ponta d'areia, Caolho e Araçagi variando entres os dois primeiros e as praias do Calhau e Panaquatira sendo enquadradas no segundo e terceiro estágio respectivamente.

Palavras-Chaves: Morfodinâmica de praias, Estágios morfodinâmicos, Balanço sedimentar.

ABSTRACT

The interaction between morphology and hydrodynamics on sandy beaches represents one of the most complex topics that dominate coastal evolution. The patterns of this interaction usually result from unique spatiotemporal responses, which allow the sandy beaches to remain a wide discussion by the scientific community. The island of Maranhão is dominated by a macro-tidal regime with wave height of up to 1.20 m and presents different features along its coast. These beaches are framed in a wide context of coastal barriers being inserted in the classification of mainland beach barriers and spit sand. Thus, the present study aims to carry out the morphodynamic classification of 5 beaches of the coast of Maranhão Island. The method used was the morphodynamic evaluation performed on the beaches of Ponta da Areia, Caolho, Araçagi, Calhau and Panaquatira, the first two being monitored between April 2015 and March 2016 and the last three monitored between October 2016 and March 2017, totaling 42 topographic profiles. In Maranhão, the meteorological parameters are clearly differentiated with a period dominated by precipitation (rainy season) and a second dominated by the action of the winds (drought period). The beach morphology shows a trend of semi-annual changes due to the environmental forces acting on it such as wave, tide, rainfall and wind. The main morphological variations observed were the spatial migrations of the bar and trough system, which occurred in a correlative way to the deposition or removal of sediments, that is, with depositional events on the land side there is migration onshore and, as erosive events occur an offshore migration takes place. With the exception of the beach of Calhau that presented an inverse behavior, probably associated with the presence of a frontal dune that acts as a sedimentary stock for high energy events. With this we have the volume of sand moved, from the maximum profiles and addition and erosive, ranging from 637.33 to 216.73 m³ / m of sand, corresponding to the beaches of Calhau and Caolho, respectively. As for the granulometry of these beaches, there is a predominance of fine sand, with the exception of the Panaquatira beach that presented a very fine sand granulometry. The morphodynamic classification of the beaches could be classified into three main types: low tide – bar/rip, non-barred dissipative and ultra-dissipative, with Ponta d'Ara beach, Caolho and Araçagi varying between the first two and the beaches of the Calhau and Panaquatira being framed in the second and third stage respectively.

Keywords: Morphodynamics of beaches, Morphodynamic stages, Sedimentary balance.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
3.1 ÁREA DE ESTUDO	3
3.2 ANÁLISES MORFODINÂMICAS	5
3.2.1 Parâmetros pluviométricos e de vento.....	5
3.2.2 Parâmetros morfológicos	5
3.2.3 Parâmetros Ω e RTR.....	7
3.2.4 Variação do volume de areia (m^3/m).....	9
3.3. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	10
4. RESULTADOS.....	12
4.1. MONITORAMENTO PRAIAL	12
4.1.1. Caracterização das Praias	12
4.1.2. Dados Meteorológicos.....	16
4.2. MORFOLOGIA DAS PRAIAS	19
4.2.1. Perfil da Praia da Ponta d'areia	19
4.2.2. Perfil da Praia do Caolho.....	21
4.2.3. Perfil da Praia do Araçagi.....	23
4.2.4. Perfil da Praia do Calhau	24
4.2.5. Perfil da Praia de Panaquatira.....	26
4.3. BALANÇO SEDIMENTAR (m^3/m).....	28
4.4. GRANULOMETRIA	31
4.6. PARÂMETROS MORFODINÂMICOS	33
5. DISCUSSÃO	34
5.1. EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA.....	34
5.2. DINÂMICA DA MORFOLOGIA PRAIAL.....	36
5.3. ESTÁGIOS MORFODINÂMICOS	41
6. CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS.....	45

1. INTRODUÇÃO

A evolução costeira é uma resultante espaço-temporal da interação de componentes topográficos e hidrodinâmicos envolvendo transporte sedimentar, os quais promovem ajuste mútuo (Wright e Thom, 1977). Segundo Cowell e Thom (1994) as modificações da topografia das praias e antepraias alteram as condições de contorno para a dinâmica dos fluidos, que evoluem para produzir maiores mudanças nos padrões de transporte de sedimentos e seus produtos deposicionais. Segundo Wright e Short (1984) as zonas de surfe e a morfologia das praias variam no tempo em função das condições das ondas e condições modais, variando também espacialmente com as condições ambientais. Portanto, a morfologia e hidrodinâmica evoluem conjuntamente (Calliari, *et al.* 2003), gerando diferentes características morfodinâmicas ao longo do tempo.

As diferenciações dos padrões morfodinâmicos em praias arenosas foram amplamente estudados e divulgados pela Escola Australiana de Geomorfologia Costeira, a qual introduziu modelos voltados para a classificação de estágios modais de praias com regimes de micro, meso e macro marés (Wright e Short, 1984; Short, 1992 e 1993; Masselink e Short 1993). Estes modelos levam em consideração parâmetros referentes à morfologia, sedimentologia, hidrodinâmica e variação de marés.

Wright e Short (1984) assumiram que, dependendo das condições ambientais locais, sedimentos e condições da onda antecedente, as praias e as zonas de surfe podem ser classificadas em dois extremos, dissipativas e refletivas e pelo menos quatro estados intermediários: banco e calha longitudinal, banco e praia rítmicos, bancos transversais e corrente de retorno e terraço de baixa mar. Os estágios dissipativos apresentam uma topografia plana e rasa, geralmente com elevado estoque sedimentar na região aquosa e os estágios refletivos apresentam uma topografia íngreme e baixo estoque sedimentar. Os estágios intermediários variam entre os extremos. Em condições de ondas construtivas há uma variação do estágio dissipativo para o refletivo evoluindo de banco e calha longitudinal, banco e praias rítmicos, bancos transversais e terraço de baixa mar. Já em condições de ondas erosivas os estados morfodinâmico variam no sentido contrário (Wright e Short, 1984; Calliari, *et al.* 2003).

Estes modelos apresentam boa adequação para praias dominadas pela energia das ondas em regiões de micro maré. No entanto em regiões de meso e macro maré os mesmos não apresentam a mesma eficiência, devido à influência do parâmetro de variação das marés.

As variações de maré foram classificadas por Davies (1964) como micro, meso e macro maré, onde correspondem a variações de < 2 m, entre 2 e 4 m e > 6 m, respectivamente.

Conseqüentemente as praias arenosas também podem ser classificadas como praias de micro, meso e macro marés (Calliari, 2003). Masselink e Short (1993) relacionaram dois parâmetros importantes para as praias arenosas, onde a altura significativa de onda e a variação de maré representam um ponto de partida para os estudos dos estágios morfodinâmicos de praias de macro maré.

As praias arenosas podem também ser classificadas quanto ao ambiente de deposição do sedimento podendo ser oceânicas, estuarinas ou fluviais. O ambiente de deposição influencia diretamente no tipo de sedimento transportado, bem como a intensidade de outros parâmetros como retrabalhamento por processos eólicos, ação de ondas, influência da maré entre outros.

Nos termos do § 3º do art. 10 da Lei nº 7.661/88 do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), “*entende-se por praia a área coberta e descoberta periodicamente pelas águas, acrescida da faixa subsequente de material detrítico, tal como areias, cascalhos, seixos e pedregulhos, até o limite onde se inicie a vegetação natural, ou, em sua ausência, onde comece um outro ecossistema*”. Diante disso, as ações antrópicas constituem uma peça chave na alteração tanto para a delimitação legal da praia quanto para a alteração nas condições naturais de equilíbrio do pacote sedimentar da face praial, pois agem como agente modificadores dos parâmetros determinantes para a variação dos estágios modais das praias.

Portanto, análises da tipologia praial são necessárias para entender como se comporta naturalmente a morfodinâmica das praias da Ilha do Maranhão, servindo como base para previsões de pontos propensos a prejuízos causados pela erosão costeira, bem como subsidiar dados para inferir técnicas de manejo para praias já impactadas.

2. OBJETIVO

Analisar os aspectos morfodinâmicos das praias oceânicas da Ilha do Maranhão para fins de caracterização e identificação de forçantes hidrodinâmicas e morfo-sedimentares atuantes nestes sistemas praias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Ilha do Maranhão, encontra-se localizada o estado do Maranhão, sediando quatro municípios, sendo eles, São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa. Segundo El-Robrini *et al.* (2006) as praias do litoral norte da Ilha do Maranhão apresentam largura média de aproximadamente 250 m, podendo variar em face da grande amplitude de maré. As praias possuem em geral extensão com cerca de até 8 km. O mesmo autor cita ainda a presença de calhas de maré sazonais, incorporadas em um sistema de crista e cava.

Na zona costeira ocorrem falésias (El-Robrini *et al.*, 1993), que contribuem para a ocorrência de concreções lateríticas de forma espaçada constituídos por nódulos ferruginosos em partes das praias do litoral da Ilha do Maranhão.

Este estudo apresenta uma abordagem regional de fatores inerentes à pressão antrópica e a dinâmica de processos naturais utilizados para definir setores da costa que apresentam diferentes necessidades de manejo. Para tal, foram monitoradas as Praias da Ponta d'areia, Caolho, Calhau, Araçagi e Panaquatira. Os aspectos que levaram a estas escolhas foram as diferenças morfológicas dos locais (Figura 1).

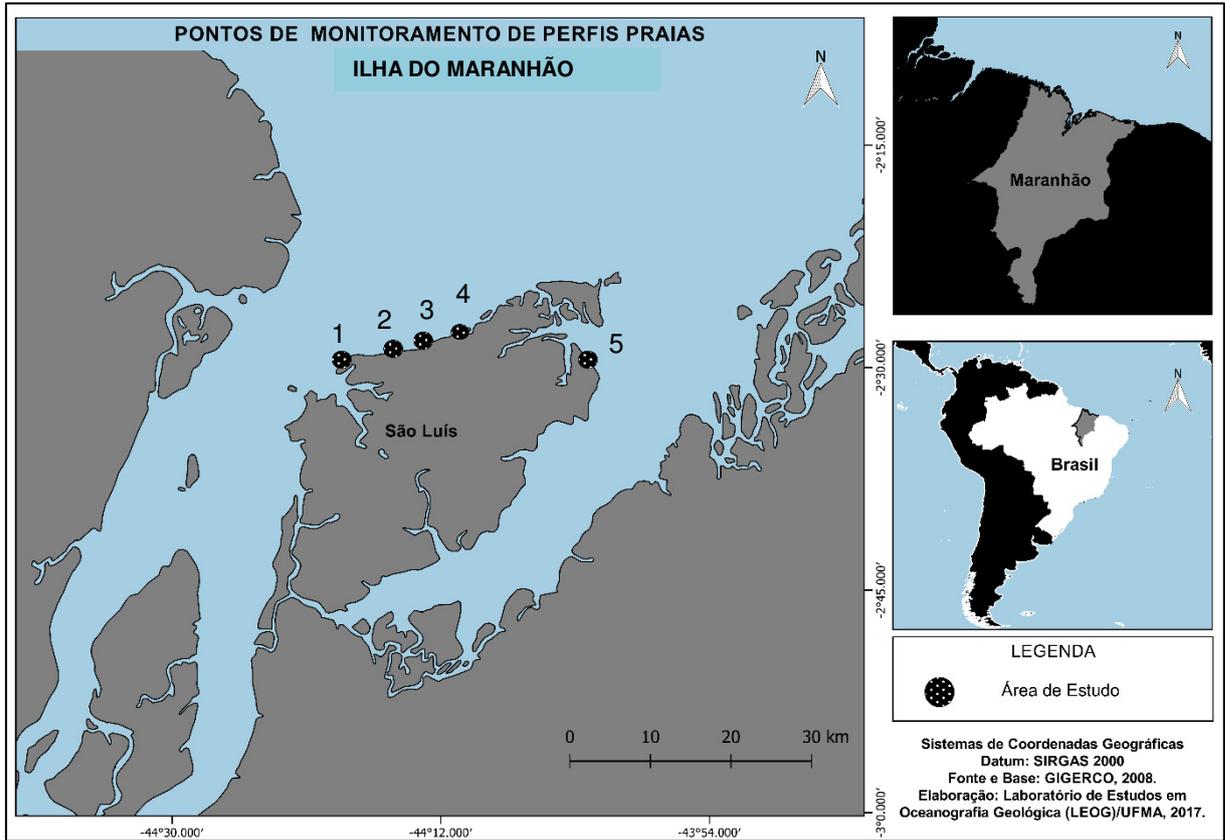


Figura 1: Localização das praias estudadas na área de estudo. Sendo, (1) Praias da Ponta d'areia, (2) Calhau, (3) Caolho, (4) Araçagi e (5) Panaquatira.

As praias monitoradas foram estabelecidas com base em observações de campo e visualização em imagens no Google Earth Pro, onde foi possível obter as coordenadas dos marcos topográficos dos perfis, Tabela 1.

Tabela 1. Coordenadas dos marcos topográficos dos perfis praias realizados nas praias estudadas, datum horizontal: SIRGAS 2000.

Coordenadas		
Perfis	Latitude	Longitude
Praia da Ponta d'areia	2°29'59.48"S	44°18'45.64"W
Praia de Panaquatira	2°30'6.56"S	44° 1'40.32" W
Praia do Araçagi	2°27'56.98"S	44°11'53.88" W
Praia do Calhau	2°29'0.26"S	44°15'34.17" W
Praia do Caolho	2°28'53.69"S	44°14'26.47" W

3.2 ANÁLISES MORFODINÂMICAS

3.2.1 Parâmetros pluviométricos e de vento

A pluviosidade na Ilha do Maranhão apresenta um comportamento semianual bem definidos: chuvoso e de estiagem. O primeiro período é o chuvoso, variante entre janeiro e junho com as máximas pluviométricas entre os meses de março, abril e maio e o período de estiagem varia entre os meses de julho e dezembro, com os meses de setembro, outubro e novembro com as menores médias pluviométricas (Feitosa, 1989). Esta diferenciação ocorre devido a variação do posicionamento ZCIT (Zona de Convergência Intertropical).

Segundo Bittencourt *et al.* (1990), os ventos de E predominam durante o ano todo. A constância de ventos na época de estiagem favorece um maior transporte subaéreo na face praial alterando a morfologia da praia em diferentes pontos

Os dados de pluviosidade e vento ajudam a entender as variações na morfologia da praia. Com isso informações de máxima e mínima foram pesquisados no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

3.2.2 Parâmetros morfológicos

Foram realizadas saídas de campo para o monitoramento de perfis praiais. O método de perfilagem topográfica utilizado foi o proposto por Birkemeier (1981). Este método faz uso de um nível topográfico da marca CST Berger 32X acoplado a um tripé e uma régua de alcance máximo de cinco metros. Com o auxílio de uma trena foi possível determinar a distância entre os pontos de visada (Figura 2).

Foram realizados cinco transectos, perpendiculares a linha de costa e fixados em marcos topográficos predeterminados, totalizando cinco praias monitoradas (Praia da Ponta d'areia, Caolho, Calhau, Araçagi e Panaquatira) e os dados coletados em campo foram armazenados em planilhas.

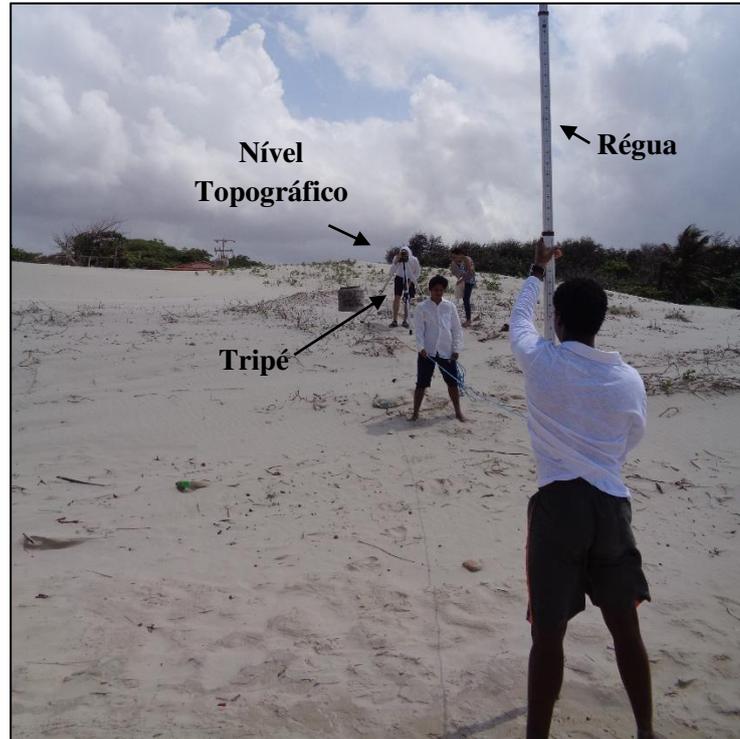


Figura 2. Equipamentos utilizados para coletas de dados topográficos.

O monitoramento topográfico das Praias da Ponta d'areia e Praia do Caolho foram realizados mensalmente entre abril de 2015 e março de 2016. Os dados topográficos das demais praias (Praia do Calhau, Praia do Araçagi e Praia de Panaquatira) tiveram monitoramento mensal entre o período de outubro de 2016 e março de 2017.

A morfologia e hidrodinâmica da face praial pode ser classificada de diferentes formas (Braga 2007). Portanto para setorização da face praial foi adotado subdivisão proposta por Wright *et al.* (1982), que leva em consideração a variação média das marés de sizígia e quadratura. Com isso, foi possível subdividir a face praial em 3 compartimentos.

Zona de supramaré, que consiste na região antecedente a maré alta de sizígia. Zona de intermaré, que é a face praial propriamente dita limitada pelas marés alta e baixa de sizígia com a subdivisão de zona de intermaré superior, média e inferior, limitadas pela maré alta de sizígia e quadratura, maré alta e baixa de quadratura e marés baixas de quadratura e sizígia, respectivamente. E a zona de inframaré é a região inferior a maré baixa de sizígia (Figura 3).

Para a realização desta classificação foram realizadas observações no campo da distância em média do nível da água até o marco topográfico de referência.

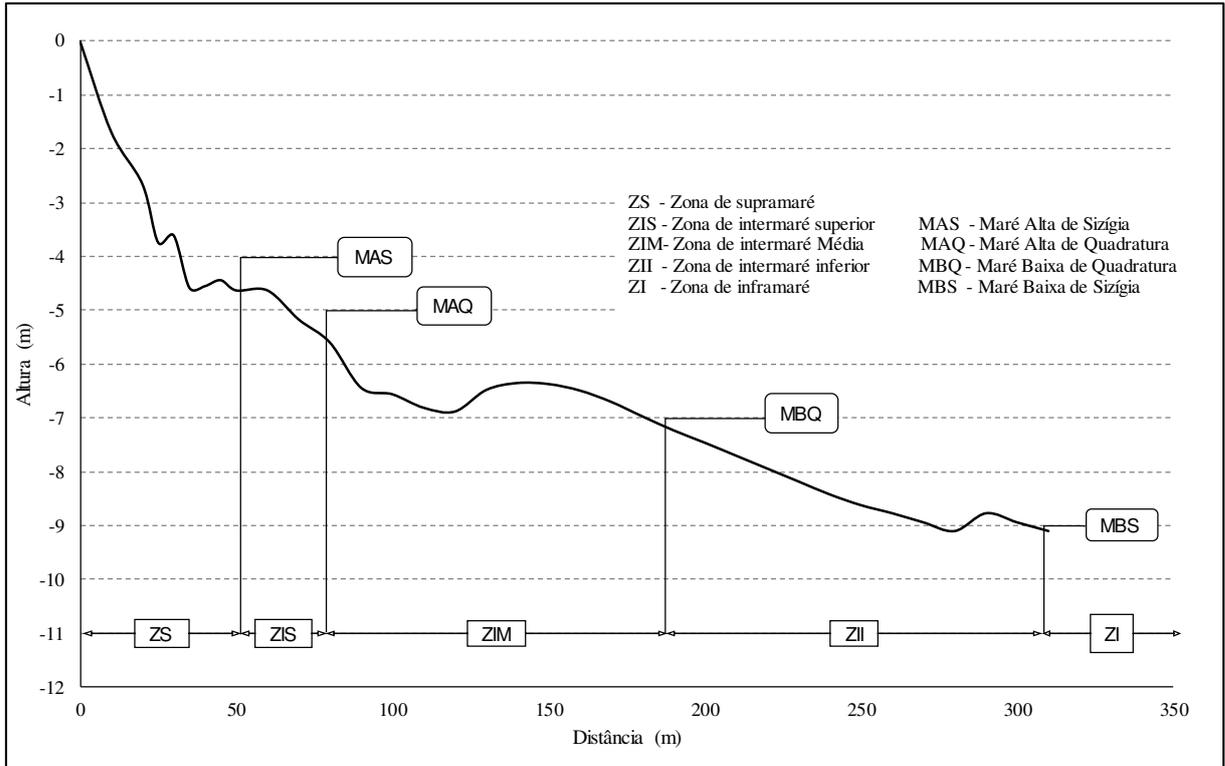


Figura 3. Perfil geral das zonas de pós-praia, intermaré e inframaré, adaptado de Wright *et al.* (1982).

3.2.3 Parâmetros Ω e RTR

A variabilidade do clima de ondas (altura significativa e período) e características de sedimentos são responsáveis por variar os estágios morfodinâmicos. Esta relação entre foi estabelecida por Wright e Short (1984) utilizando o parâmetro adimensional ômega (Ω), equação 1.

$$\Omega = \frac{H_b}{\omega_s T}$$

Equação 1. Parâmetro adimensional Ômega (Ω), para classificação de praias de micro maré.

Onde:

H_b = altura significativa da onda na arrebentação;

ω_s = velocidade média de decantação dos sedimentos da face da praia;

T = período médio das ondas.

O parâmetro $\hat{\Omega}$ se aplica para praias de micro maré, não se adequando bem para classificação de praias de meso e macro maré. Para esse tipo de praia Masselink e Short (1993) sugeriram a utilização do parâmetro RTR (*Relative Tide Range Parameter*) correlacionando com o parâmetro $\hat{\Omega}$ (Equação 2).

$$RTR = \frac{TR}{H_b}$$

Equação 2. Parâmetro adimensional RTR para classificação de praias de macro-maré

Onde:

TR = Variação da maré

Neste trabalho foi adotado a relação entre os parâmetros RTR e o $\hat{\Omega}$ para classificação dos estágios morfodinâmicos das praias, método proposto por Masselink e Short (1993) (Figura 4), bem como a utilização dos perfis praias para auxílio visual na classificação.

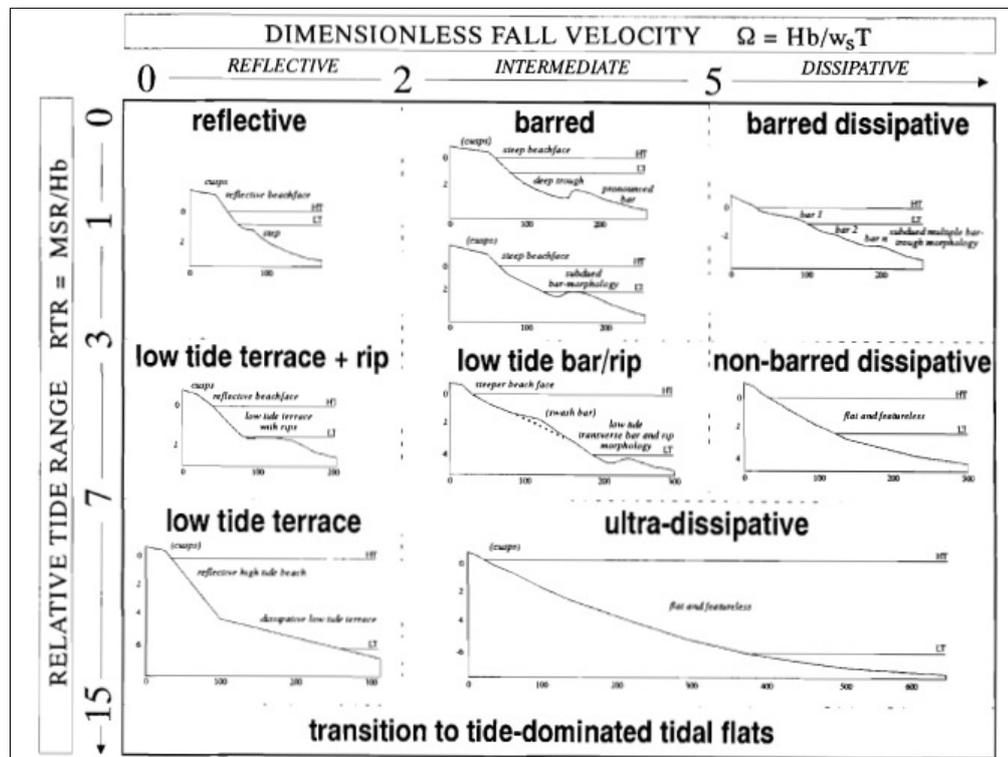


Figura 4. Quadro de relação entre o parâmetro $\hat{\Omega}$ e o RTR proposto por Masselink e Short (1993).

Para cálculos dos parâmetros propostos acima foram coletados dados observacionais de altura significativa de onda na zona de surf e dados de período de onda, com auxílio de uma régua graduada para medição da altura de onda e um cronometro para medição do período de onda (Figura 5).



Figura 5. Coleta observacional de altura de onda.

3.2.4 Variação do volume de areia (m^3/m)

Foi utilizado uma rotina de programação para cálculo dos volumes dos perfis praias, onde integra-se a área do perfil, criando um vetor com o valor total integrado (Figura 6).

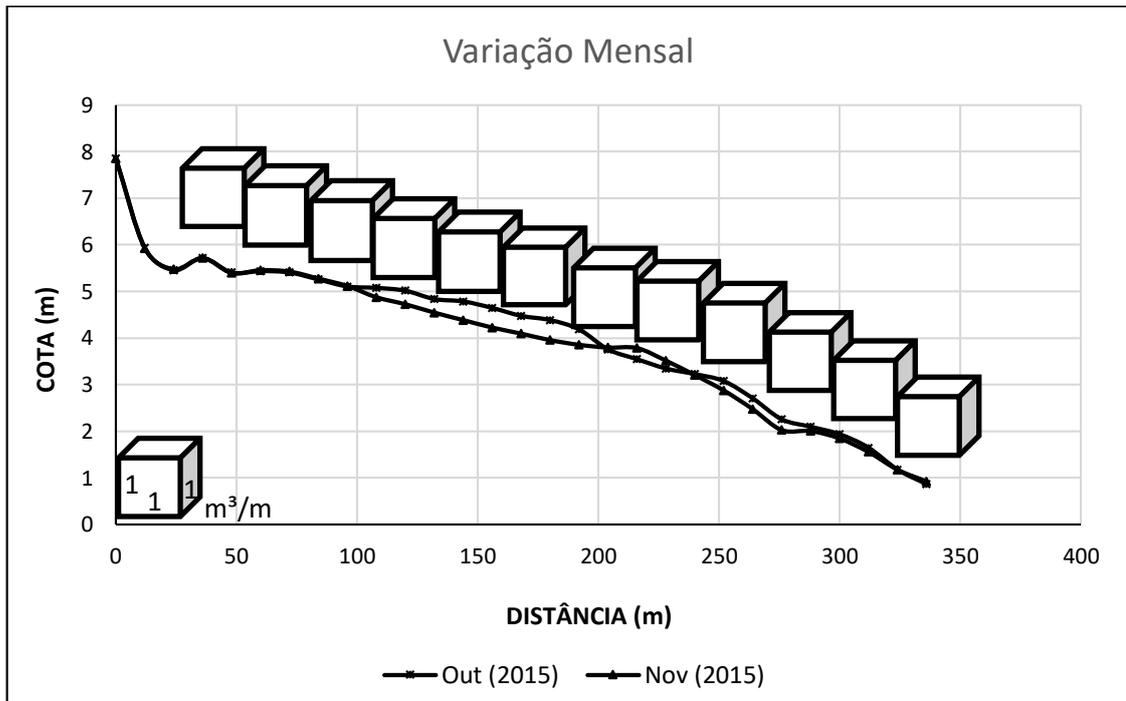


Figura 6. Modelo explicativo do cálculo de volume gerado pela rotina de programação empregada.

3.3. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

De forma complementar aos perfis praias foram realizadas coletas de sedimentos a 1 cm de profundidade e retirado cerca de 150 g de sedimentos para trélicas. Os pontos de coleta localizaram-se na região do estirâncio em cada perfil (Figura 7).



Figura 7. Coleta e sedimento na região do estirâncio.

Em laboratório, foram quarteadas alíquotas de 50 g para diluições com finalidade de retirada de sais e secos em uma estufa com temperatura de 50 °C. Após as amostras secas os grãos finos foram separados por uma peneira de abertura de 0,062 mm, onde os grãos menores que esta malha são colocados em uma proveta para determinação granulométrica segundo o método de pipetagem (Suguio, 1973). As amostras retidas acima da malha de 0,062 mm são processadas em um conjunto de peneiras com intervalos de $\frac{1}{2} \phi$ (2,00; 1,41; 1,00; 0,71; 0,50; 0,351; 0,250; 0,177; 0,125; 0,088 e 0,062 mm), com padrão de agitação manual de 5 minutos (Figura 8). Os dados foram processados no software SYSGRAN 3.0[®] (Camargo, 2006) e analisados segundo os métodos estatísticos descritos por Folk e Ward (1973).

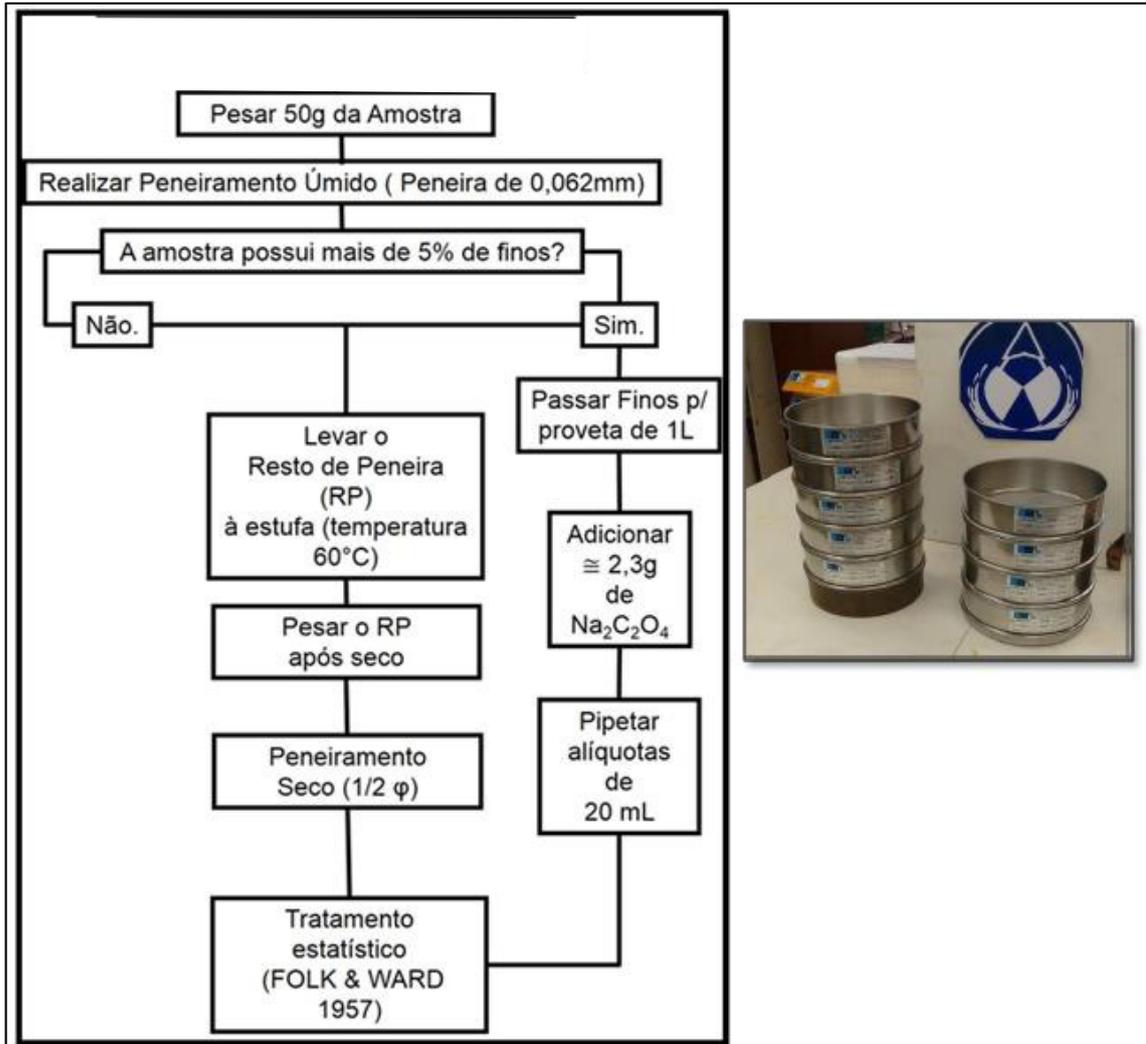


Figura 8. Método utilizado para o peneiramento das amostras e conjunto de peneiras granulométricas utilizadas.

4. RESULTADOS

4.1. MONITORAMENTO PRAIAL

4.1.1. Caracterização das Praias

O monitoramento do perfil topográfico realizado na Praia da Ponta d'areia é localizado na região central da praia, distante de sistemas fluviais. Esta praia possui um espigão costeiro que foi construído com o intuito de barrar o sedimento transportado por corrente litorânea e desta forma impedir eventos erosivos. A Ponta d'areia é uma praia desenvolvida sobre a face oceânica de esporão arenoso que foi hierarquizado em 3 setores por Albuquerque (2018), onde o setor central é a região que sofre menor influência dos processos de acumulação de sedimentos promovido pelo espigão costeiro e pela erosão ocasionada por enrocamentos de rochas lateríticas presentes no limite com as falésias da Ponta do Farol.

O levantamento topográfico da Praia do Caolho se localiza no fim da extensão da Avenida Litorânea. A partir de observações foi possível identificar a constante presença de deságue do Rio Pimenta na face praial, sendo maximizado nos períodos de maiores precipitações, entre os meses de janeiro e julho. Outra feição importante na morfologia desta praia é a presença de cascalhos, blocos e matações lateríticos na face praial, que são responsáveis pela retenção de sedimentos na face praial no período de maior transporte eólico, entre os meses de julho e dezembro, funcionando como uma barreira física que se assemelha ao papel desenvolvido por um espigão costeiro (Figuras 9).



Figura 9 Observações da resposta morfológica a eventos erosão causado pela descarga do rio pimenta (a) e barramento do transporte eólico pelas concreções lateríticas (b).

O levantamento topográfico da Praia do Araçagi encontra-se em um dos acessos a praia. A face desta praia sofre influência do alto transito de veículos no período de maré baixa e também uma intensa ocupação de bares e quiosques no pós-praia. Encontra-se ainda acúmulos de cascalhos lateríticos na face praiial, próximo do local de realização dos perfis, oriundas de falésias. A praia do Calhau apresenta uma grade extensão de dunas frontais bem pronunciadas em qual foram levantados os perfis topográficos. A duna monitorada apresenta uma estrutura para barramento do transporte eólico feitos por palhas de coqueiros (Figuras 10). A colocação de palhas são medidas mitigatórias para utilizadas pelos bares destas praias a fim de impedir o

soterramento da Avenida Litorânea e seus estabelecimentos.



Figura 10 Barramento do transporte eólico com palhas na duna frontal monitorada, Praia do Calhau

A Praia de Panaquatira, assim como a Praia da Ponta d'areia, apresenta uma evolução geológica do tipo esporão arenoso, cujo o levantamento é topográfico localizado na região leste do esporão (região oceânica), próximo à falésia, a qual é responsável por fornecer sedimentos para a face praial à medida que é erodida pela ação de onda em eventos de alta amplitude de maré (sizígia). Nota-se ainda a presença de cúspides praias resultantes da interação da deriva litorânea e ondas incidentes na praia, que pode resultar em pontos de erosão na face praial (Figuras 11).



Figura 11. Presença de cúspides na face praial da Praia de Panaquatira.

As localizações dos pontos de realização dos perfis de praia monitorados encontram-se na figura 12.

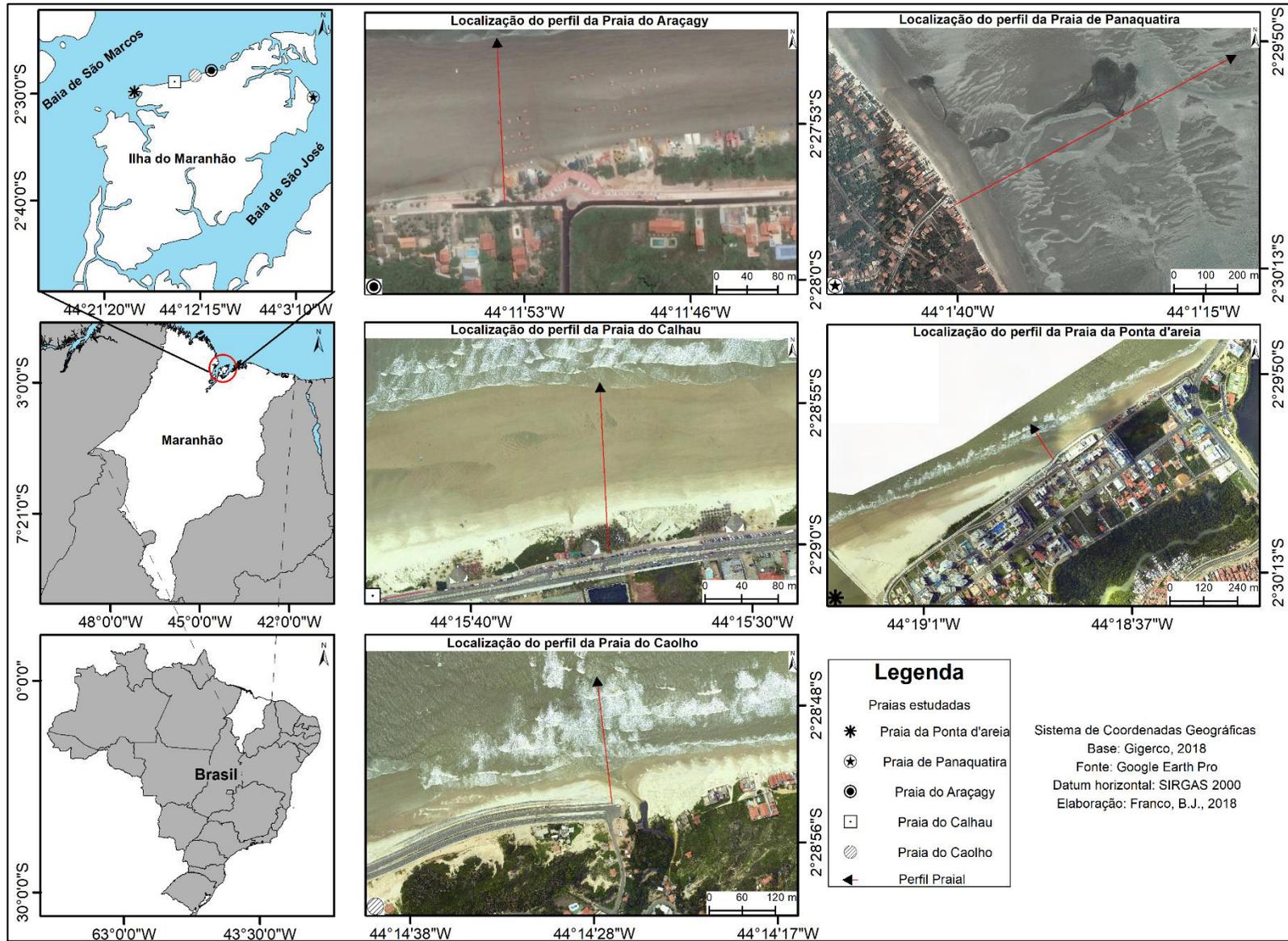
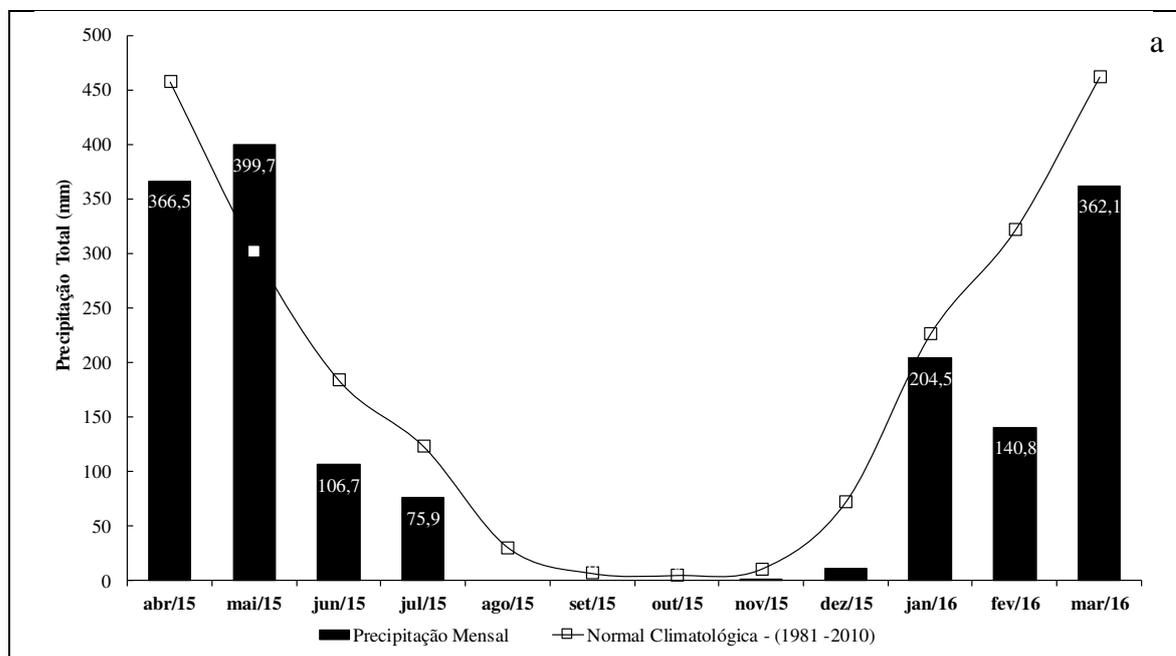


Figura 12. Mapa de localização dos perfis topográficos nas cinco praias monitoradas

4.1.2. Dados Meteorológicos

Em relação à pluviosidade, durante os meses monitorados, foi observado a divisão dos períodos de estiagem e chuvoso. No período de monitoramento de duração anual, o mês de maio (2015) é o de maior destaque, com o valor de 399,7 mm. No ano de 2015 foi possível ressaltar ainda os valores de precipitação de 0 mm entre agosto e outubro (Figura 13a).

No segundo monitoramento (duração de 6 meses), foi possível identificar sutis diferenças no comportamento do parâmetro de pluviosidade, com relação ao monitoramento anterior. Nota-se que no mês de novembro de 2016 a precipitação ainda apresentava um valor de 0 mm e no mês de março de 2017 a precipitação chegou a um valor de 442,8 mm ultrapassando em 80,7 mm do mesmo mês do ano anterior e 43,1 mm com relação ao mês de maior precipitação do monitoramento anterior (Figura 13b).



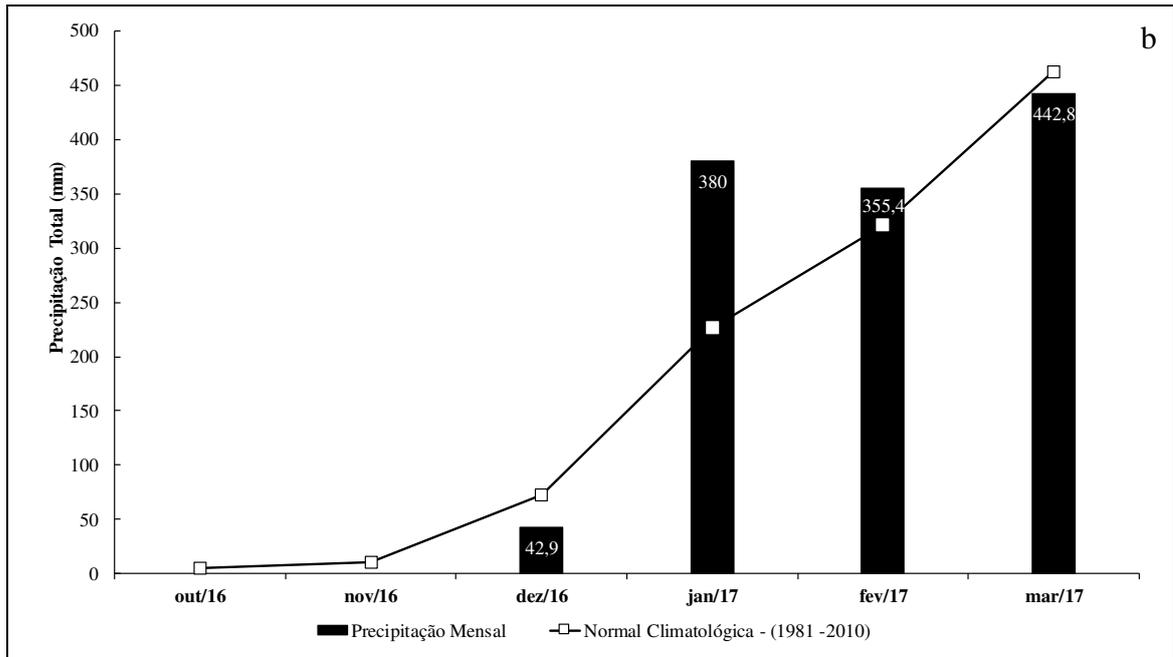


Figura 13 Valores de precipitação mensal e valores de normal climatológica (1981 – 2010), para os monitoramentos realizados. Sendo: (a) o monitoramento de duração anual e (b) o monitoramento de duração semestral. Fonte: (INMET, 2018)

A partir dos dados de pluviosidade foi possível montar uma tabela expressando as médias de precipitação dos meses nos dois períodos de monitoramento (Tabela 2). O valor de média para o primeiro e segundo monitoramento foram 138,98 e 203,52 mm de precipitação, respectivamente seguidos dos desvios padrões de 157,34 mm para o monitoramento de um ano e de 209,81 mm para o monitoramento de seis meses. No período chuvoso as somatórias foram de 1580,30 e 1178,20 mm de precipitação para o monitoramento anual e semestral respectivamente. Já a somatório de precipitação nos meses do período de estiagem foi bem menor que no período chuvoso, correspondendo aos valores de 87,50 e 42,90 mm para o primeiro e segundo monitoramento respectivamente.

Tabela 2. Dados de desvio padrão, média e total de precipitação no período chuvoso e de estiagem no período de monitoramento das praias estudadas.

Monitoramento	Precipitação (mm)	
	Anual	Semestral
Média	138,98	203,52
Desvio Padrão	157,34	209,81
Total período chuvoso	1580,30	1178,20
Total período de estiagem	87,50	42,90

Com relação a velocidade média dos ventos é praticamente constante ao longo de todo o período de monitoramento. Sendo os meses que apresentaram maiores valores de velocidade de setembro a dezembro de 2015 no primeiro monitoramento e no segundo os meses

de outubro a dezembro, meses esses que coincidem com os meses de menores média pluviométricas (Figura 14a).

No ano de 2015 o maior valor de velocidade de ventos foi de 3,51 m/s, referente ao mês de outubro e no ano seguinte, no período referente ao segundo monitoramento, o maior valor foi de 2,98 m/s correspondente ao mês de novembro. Já os menores valores são de velocidade 1,49 m/s referente ao mês de maio de 2015 e de 1,21 m/s referente ao mês de março de 2017 (Figura 14b).

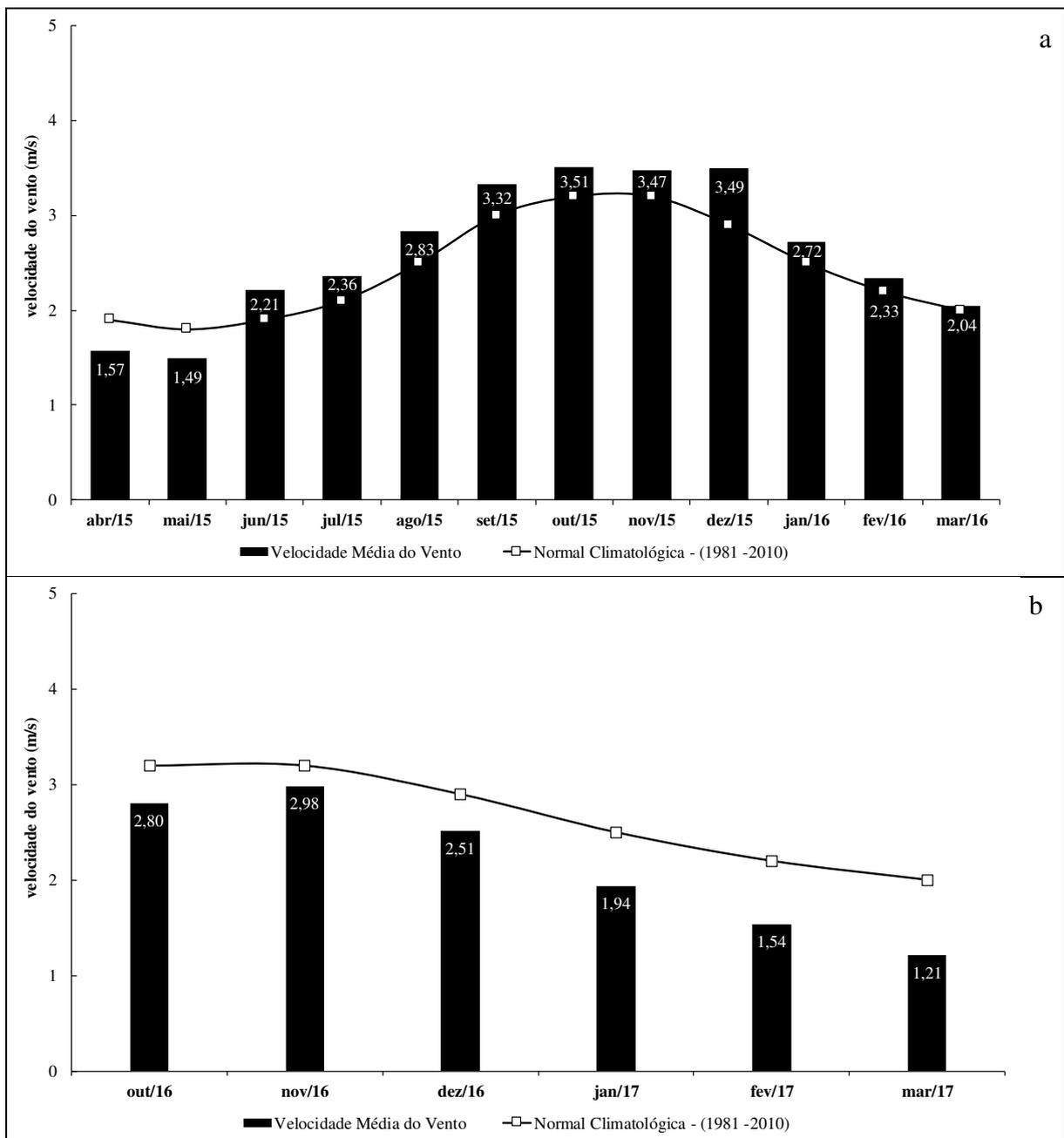


Figura 14 Valores de velocidade média dos ventos para os monitoramentos realizados, Sendo: (a) o monitoramento de duração anual e (b) o monitoramento de duração semestral. Fonte: (INMET, 2018)

Assim como para os dados de pluviosidade, foi elaborada uma tabela com as velocidades médias de ventos nos dois períodos de monitoramento estudados (Tabela 3). As médias tiveram valores de 2,61 e 2,3 m/s nos monitoramentos anual e semestral respectivamente e com desvio padrão 0,73 m/s para o primeiro monitoramento e de 0,71 m/s para o segundo. Fazendo uma média dos períodos foi possível observar que no monitoramento anual no período chuvoso e de estiagem as velocidades foram de 2,06 e 3,33 m/s, respectivamente e para o monitoramento semestral os valores foram de 1,56 e 2,76 m/s para o período chuvoso e de estiagem, respectivamente.

Tabela 3 Dados de desvio padrão, média total e média de velocidade dos ventos no períodos chuvoso e de estiagem no período de monitoramento das praias estudadas.

Velocidade média de ventos (m/s)		
Monitoramento	Anual	Semestral
Média	2,61	2,16
Desvio Padrão	0,73	0,71
Média período Chuvoso	2,06	1,56
Média período de estiagem	3,33	2,76

4.2. MORFOLOGIA DAS PRAIAS

4.2.1. Perfil da Praia da Ponta d'areia

O perfil da Praia da Ponta d'areia apresenta em média extensão de 230 m. Do marco inicial até 15 m há a presença de um enrocamento (*seawall*) que serve de proteção para o empreendimento Hotel Praia Mar. Entre 15 e 50 m está delimitada a zona de intermaré superior (ZIS), onde no mês de janeiro de 2016 apresentou acúmulo de sedimento mais evidente e o mês de abril de 2015 foi o mês no qual apresentou maior erosão nesta zona. Entre 50 e 145 m está delimitada a zona de intermaré média (ZIM), sendo esta a região mais extensa do perfil com 95 m de distância. Há também uma importante influência do sistema de banco e calha de maré que é responsável por pontos de erosão em aproximadamente 100 m, sendo março de 2016 o mês que apresentou maior erosão dentre os meses monitorados e apresentando o comportamento contrário destaca-se o mês de agosto de 2016, sendo o mês mais acrescido de todos, na ZIM. Entre 145 e 210 m está localizada a zona de intermaré inferior (ZII), onde se comporta de maneira estável com exceção dos meses de agosto de 2015 e janeiro de 2016, que apresentaram acreção nesta região, provavelmente associado ao deslocamento ou diluição do banco arenoso.

A partir de 210 m tem início a região de inframaré (ZI) a qual apresenta pequenas variações com exceção do mês de janeiro de 2016.

Este perfil apresenta grandes variações do sistema de banco e calha que por vezes está mais evidente altimetricamente, ou seja, com o perfil menos plano e por vezes espacialmente com a migração do banco e calha no sentido *onshore* e *offshore*, onde é o caso do mês de janeiro de 2016, que é o mês que apresenta a calha e o banco mais distante do marco inicial (Figura 15).

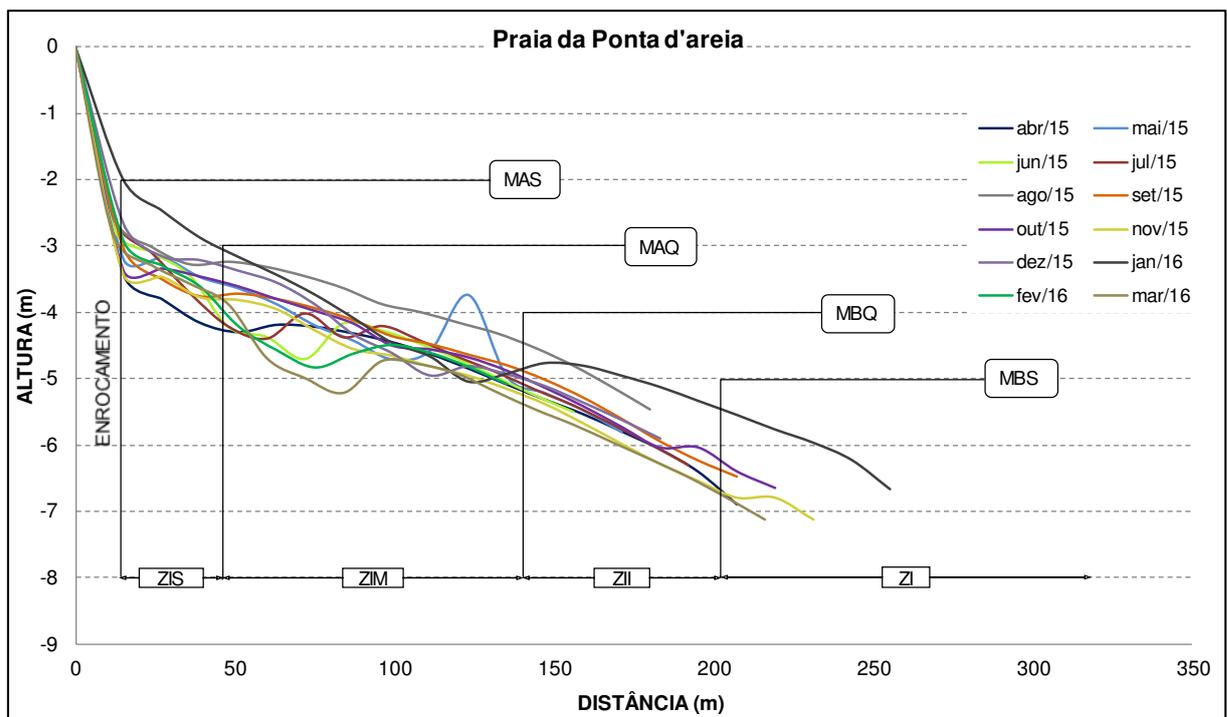


Figura 15. Monitoramento do perfil topográfico da Praia da Ponta d'areia no período de abril de 2015 a março de 2016.

A partir dos dados altimétricos coletados foi possível elaborar 3 perfis, que representam a morfologia máxima acresciva, máxima erosiva e morfologia média da Praia da Ponta d'areia (Figura 16). É possível notar que o setor da face praial que apresenta maior variação de altura é a zona de intermaré média, sendo ela de 2,44 m e o perfil em sua totalidade apresenta um volume interno em m^3/m de 267,96.

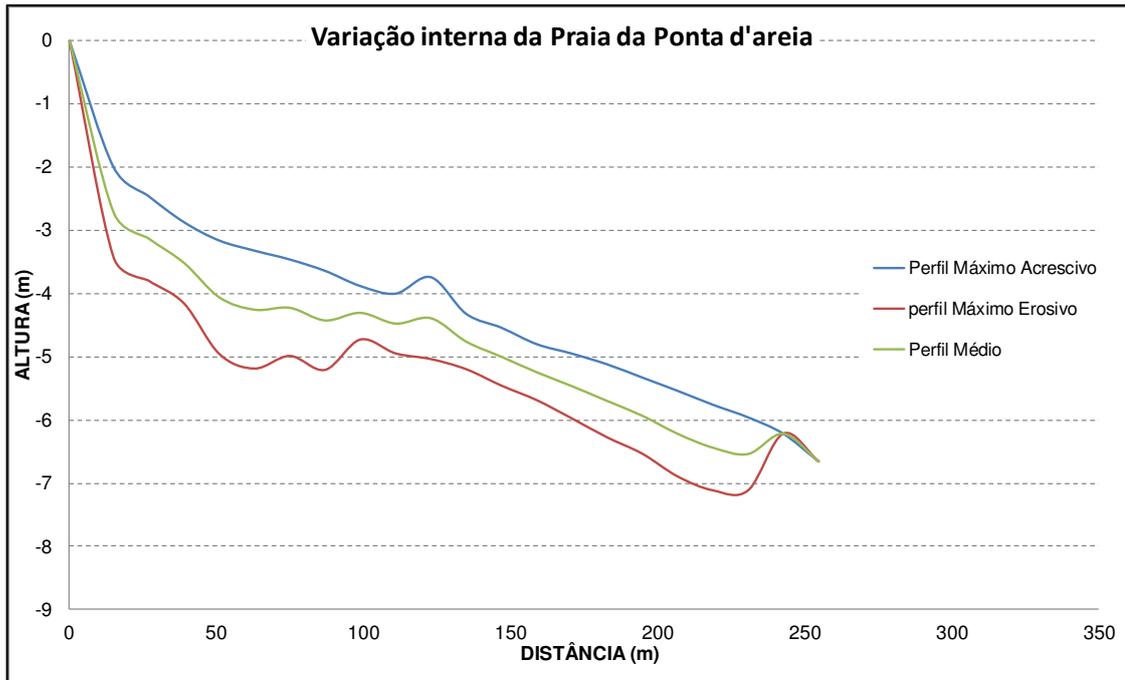


Figura 16. Perfil comparativo dos valores máximos, mínimos e médios de altura do perfil da Praia da Ponta d'areia.

4.2.2. Perfil da Praia do Caolho

O perfil da Praia do Caolho apresenta uma extensão média de 300 metros, contendo em sua morfologia feições bem definidas de banco e calha e por vezes cavas oriundas do Rio Pimenta. Adotando a setorização anterior temos a ZIS delimitada pelas distâncias de 15 e 75 m, sendo esta região antecedida por enrocamentos de proteção da orla. A ZIM está localizada entre as distâncias de 75 e 170 m, seguido da ZII que está entre 170 e 290 m. A ZI localizasse a partir da distância de 290 m (Figura 17).

É possível ressaltar ainda que a zona de intermaré superior apresenta variações erosivas na morfologia, onde se destacam os meses de abril e maio de 2015. Na zona de intermaré média é possível notar a presença de um banco arenoso bem pronunciado também no mês de maio de 2015 e ainda é possível ressaltar a presença de sum sistema de banco e calha bem definido, por vezes apresentando duas cavas nesse setor. Na zona de intermaré inferior e de inframaré os perfis apresentam uma certa uniformidade na morfologia com feições mais retilíneas.

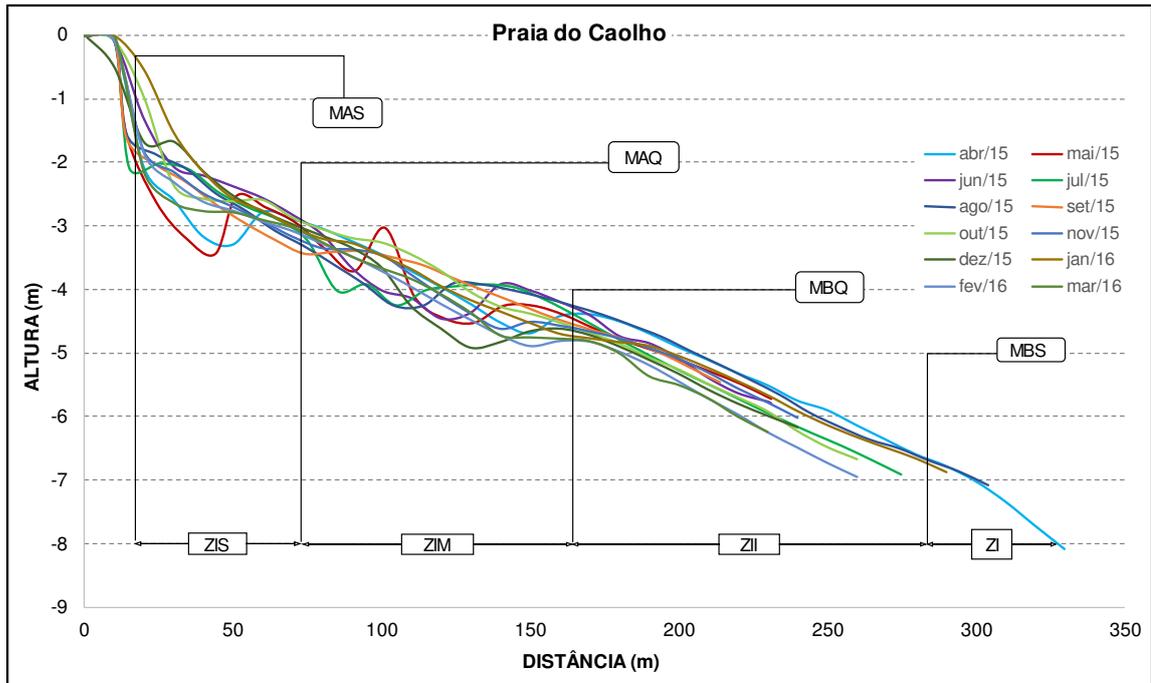


Figura 17. Monitoramento do perfil topográfico da Praia do Caolho no período de abril de 2015 a março de 2016.

A Figura 18 expressa os perfis máximo acrescivo, máximo erosivo e médio da Praia do Caolho utilizando os valores altimétricos mensais. Nesta praia a região que apresentou maior diferença de altura entre os perfis de máximo acrescivo e erosivo foi a zona de intermaré superior, com um valor de 1,82 m e o valor obtido para o volume interno do perfil foi de 216,73 m³/m.

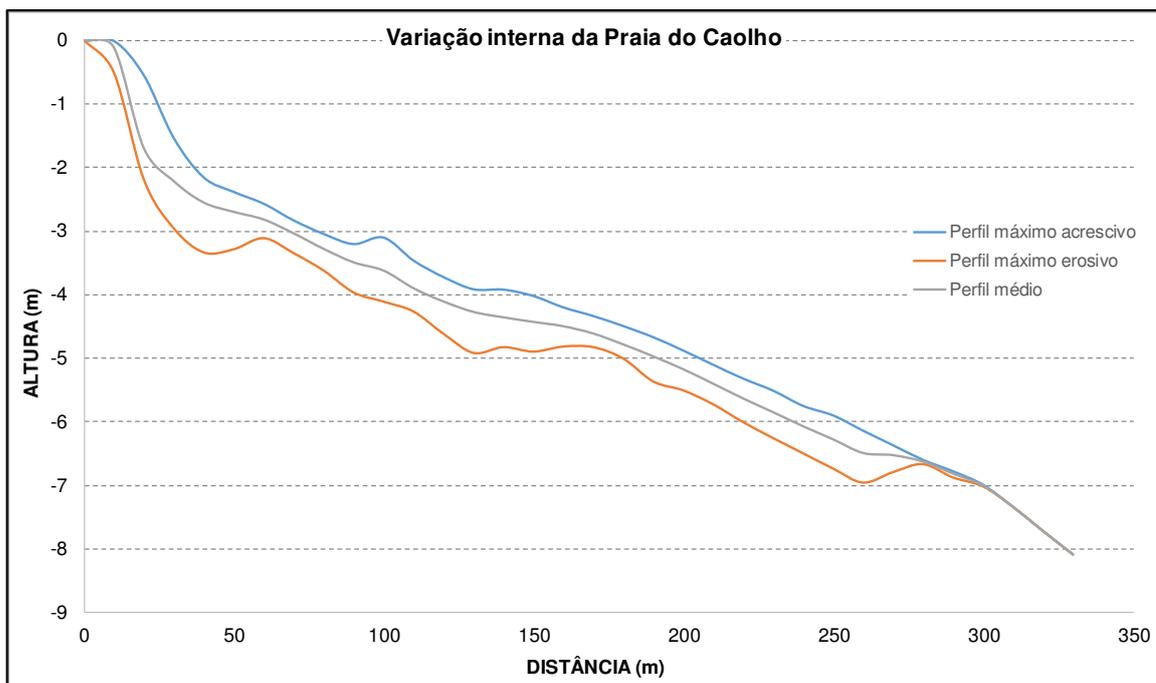


Figura 18 Perfil comparativo dos valores máximos, mínimos e médios de altura do perfil da Praia do Caolho.

4.2.3. Perfil da Praia do Araçagi

A topografia da Praia do Araçagi em comparação as demais praias é a que apresentou declividade mais acentuada com extensão de aproximadamente 260 m. A ZIS desta praia localiza-se entre 35 e 80 m, com a região anterior, a 30 m pavimentada por uma construção de urbanização da orla desta praia. A ZIM está delimitada entre a distância de 80 e 17 m, seguido da ZII que termina em 230 m e a partir dessa distância está delimitada a ZII (Figura 19).

Nesta praia o mês de novembro de 2016 apresentou um comportamento diferente dos demais, sendo o mais erosivo. Esta data coincidiu com o acontecimento de um evento de super-lua, atividade que exerce influência na amplitude da onda de maré. Outro perfil que apresentou comportamento diferente foi o mês de janeiro de 2017 sendo o único que apresentou um sistema de banco e calha na zona de intermaré média.

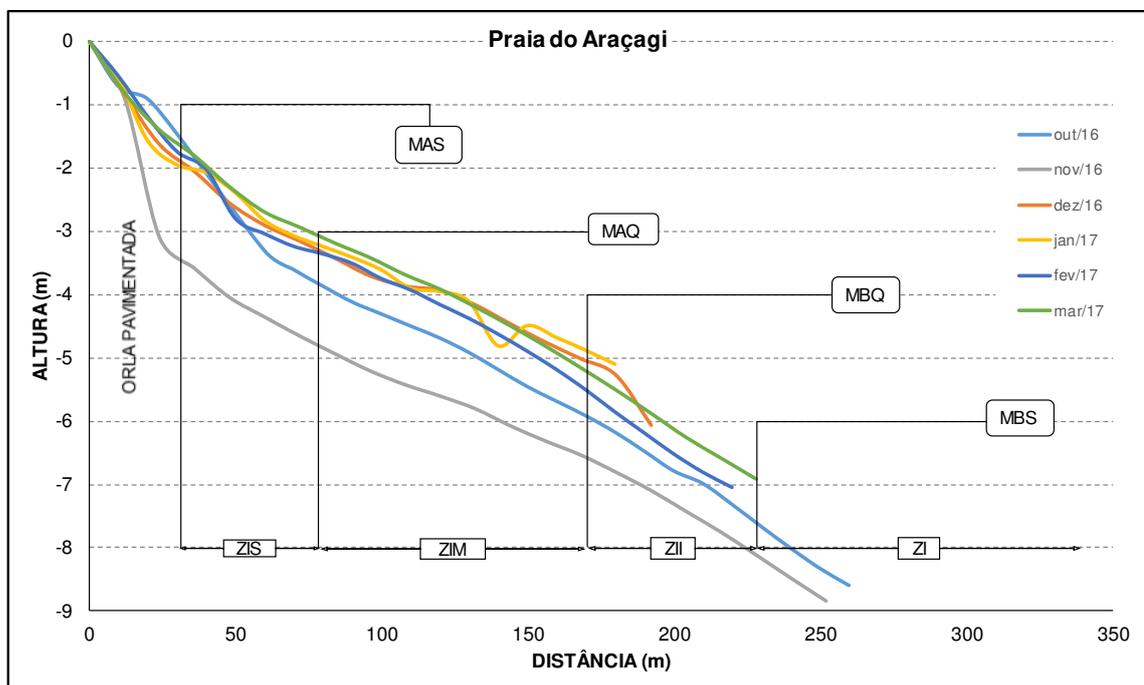


Figura 19. Monitoramento do perfil topográfico da Praia do Araçagi no período de outubro de 2016 a março de 2017.

A Figura 20 expressa os perfis máximo acrescivo, máximo erosivo e médio da Praia do Araçagi utilizando os valores altimétricos mensais. É possível notar que nestes perfis a linha que representa o perfil de máximo erosivo é bem retilíneo em todas as zonas da face praial, sendo ele praticamente compostos pelas alturas do perfil do mês de novembro de 2016. Já os perfis médio e máximo acrescivo apresentam uma discreta variação na ZII podendo ser comparado a um sistema de banco e calha. Para o volume interno foi obtido um valor de 353,89 m³/m.

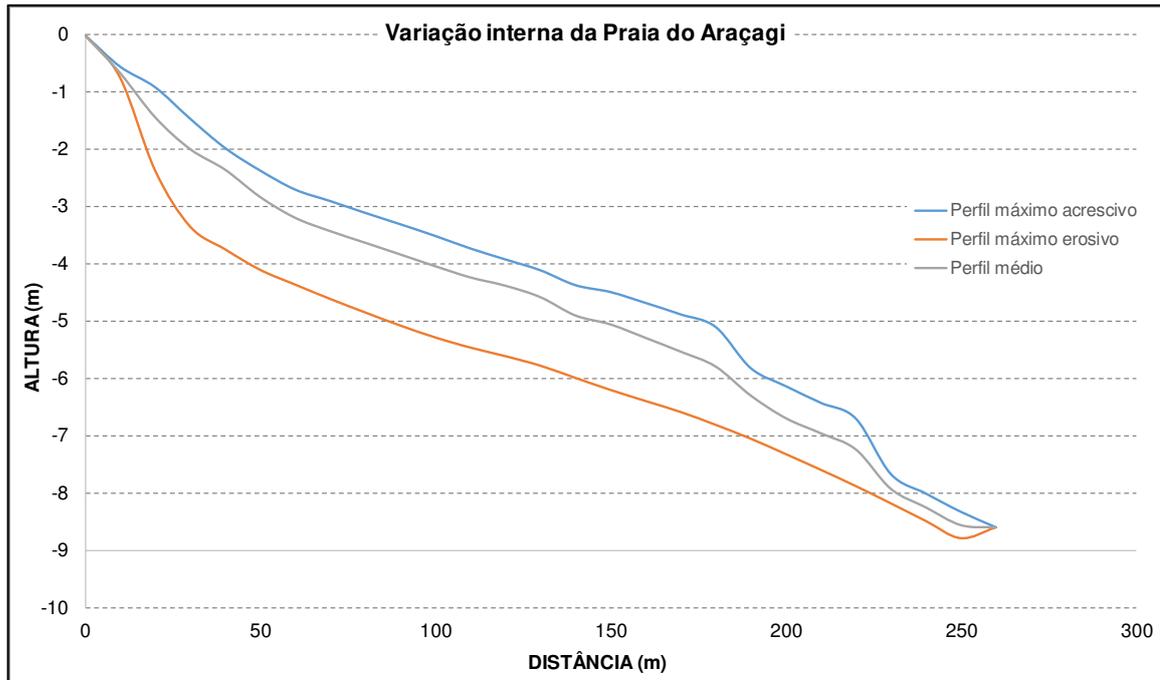


Figura 20 Perfil comparativo dos valores máximos, mínimos e médios de altura do perfil da Praia do Araçagi.

4.2.4. Perfil da Praia do Calhau

O perfil desta praia apresenta uma extensão média de 240 m, com uma duna frontal bem definida, que se estende até os quarenta e cinco metros iniciais do perfil, após esta distância encontra a ZIS que termina em aproximadamente da distância de 100 m. A ZIM é a zona de maior extensão se tendo fim em aproximadamente 200 m, onde se dá início a ZII que tem fim na distância de 240 m. Após a distância de 240 m está localizada a ZI (Figura 21).

Nesta praia no, período monitorado, o mês de outubro de 2016 é o que mais se destaca no quesito acresção, com uma escarpa íngreme aos 43 m. O sistema de banco e calha se apresenta bastante móvel sendo ele variável pela ZIS e ZIM, onde no mês de novembro de 2016 houve a presença de um banco arenoso bem curto e bem pronunciado com aproximadamente 1,20 m de altura e com 20 m de comprimento, nos demais meses esse banco encontra-se diluído ao logo da face praial. Os perfis que apresentaram extensão até a ZII apresentaram a mesma morfologia retilínea, porem com alturas diferentes o que reflete a quantidade de sedimento nesta região.

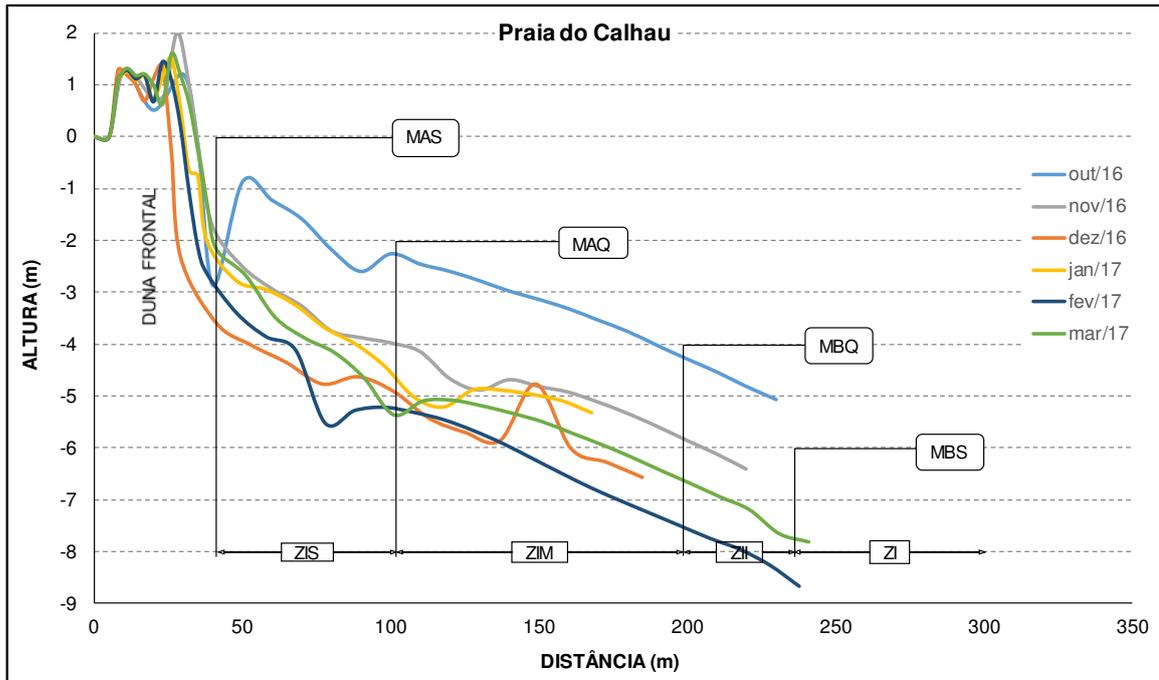


Figura 21 Monitoramento do perfil topográfico da Praia do Calhau no período de outubro de 2016 a março de 2017.

A Figura 22 expressa os perfis máximo acrescivo, máximo erosivo e médio da Praia do Calhau utilizando os valores altimétricos mensais. É possível observar que há a presença de uma calha na ZIS, nas distâncias de 80 e 90 m para os perfis máximo erosivo e acrescivo, respectivamente. Há ainda a variação da na altura e comprimento da duna frontal que apresenta valores de 8 m de extensão e variação máxima de 3,75 m de altura. Na face praial a maior variação de altura apresentada foi de 3,45 m na distância de 78 m, localizada na ZIS. O volume interno obtido entre os perfis foi de 637,33 m³/m.

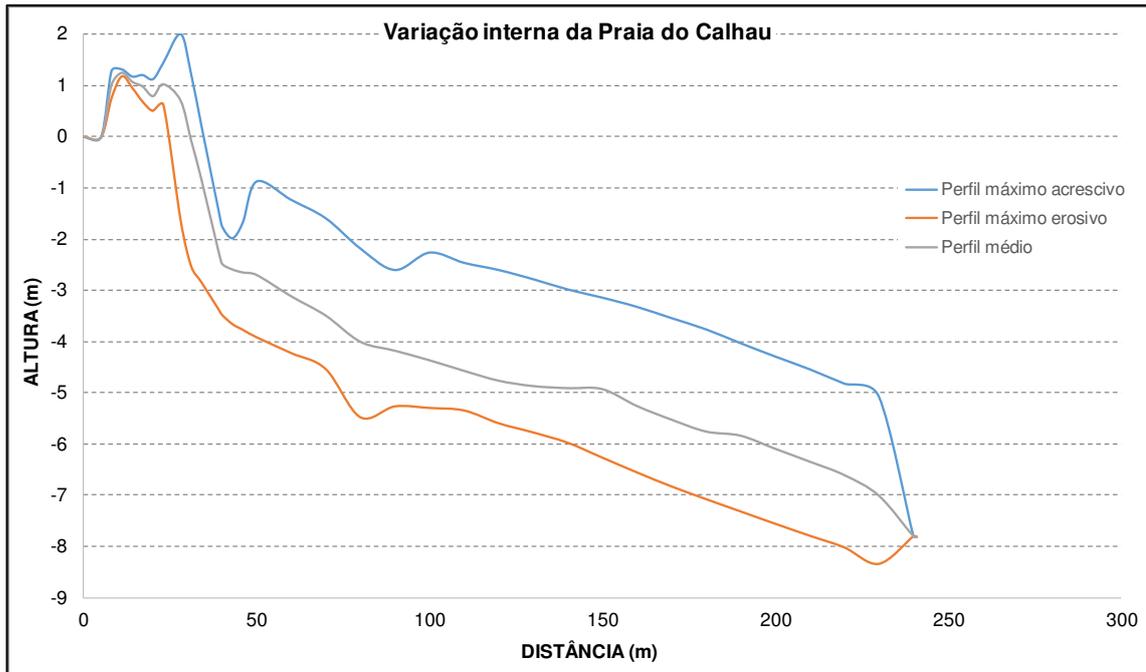


Figura 22 Perfil comparativo dos valores máximos, mínimos e médios de altura do perfil da Praia do Calhau.

4.2.5. Perfil da Praia de Panaquatira

Esta praia apresenta uma extensão média de 880 m, porém a maioria dos perfis monitorados foram encerrados em aproximadamente 500 m, devido ao tempo de deslocamento e de variação da maré disponível para realização dos demais perfis.

A setorização desta praia foi definida em ZIS delimitada entre as distâncias de 12 e 110 m, antecedida de uma calçada de alvenaria. A ZIM é a maior de todas as zonas chegando a aproximadamente 500 m de extensão, tendo início em 110 m e fim na distância de 600 m. A ZII tem início em 600 m e fim na distância de 880 m e a partir deste ponto foi classificado a ZI, sem nenhum perfil monitorando esta região (Figura 23).

No mês de ocorrência do evento de super-lua (novembro de 2016), a morfologia da praia apresentou um ponto de erosão na ZIS em 12 m aproximadamente, no mês seguinte o ponto de erosão mais protuberante foi na região limítrofe entre a ZIS e ZIM, aos 110 m. A ZIM por sua vez apresenta inúmeros canais, que se assemelham aos canais de uma planície de maré (*tidal flats*). O mês de março de 2017 foi o que apresentou as maiores cotas durante grande parte da morfologia da praia, porém apresentando a mesma tendência de canais dos demais perfis. É possível notar ainda a presença de *ripples* a partir dos 110 metros de distância do ponto inicial do perfil, não identificados pela escala de realização do levantamento topográfico (Figura 24).

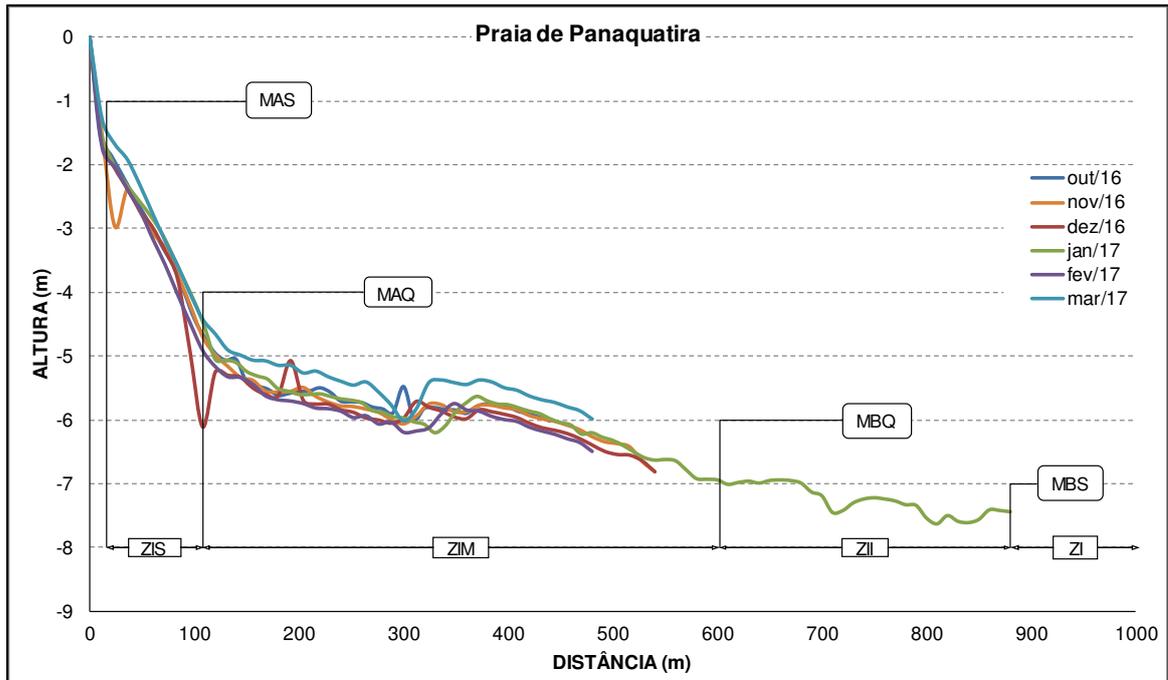


Figura 23. Monitoramento do perfil topográfico da Praia de Panaquatira no período de outubro de 2016 a março de 2017.



Figura 24. Canais transversais ao levantamento topográfico e ripples na face praial da Praia de Panaquatira.

A Figura 25 expressa os perfis máximo acrescivo, máximo erosivo e médio da Praia de Panaquatira utilizando os valores altimétricos mensais. Nota-se nesse perfil que as variações métricas não são tao elevadas na sua maioria sendo menores que 1 m. O ponto com maior variação altimétrica é de 1,69 m, localizado na transição da ZIS e ZIM, em razão da morfologia do mês de dezembro de 2016.

Na ZIM nota-se a presença marcante de bancos e canais na distância de 300 m. O volume interno obtido entre os perfis foi de 275,97 m³/m.

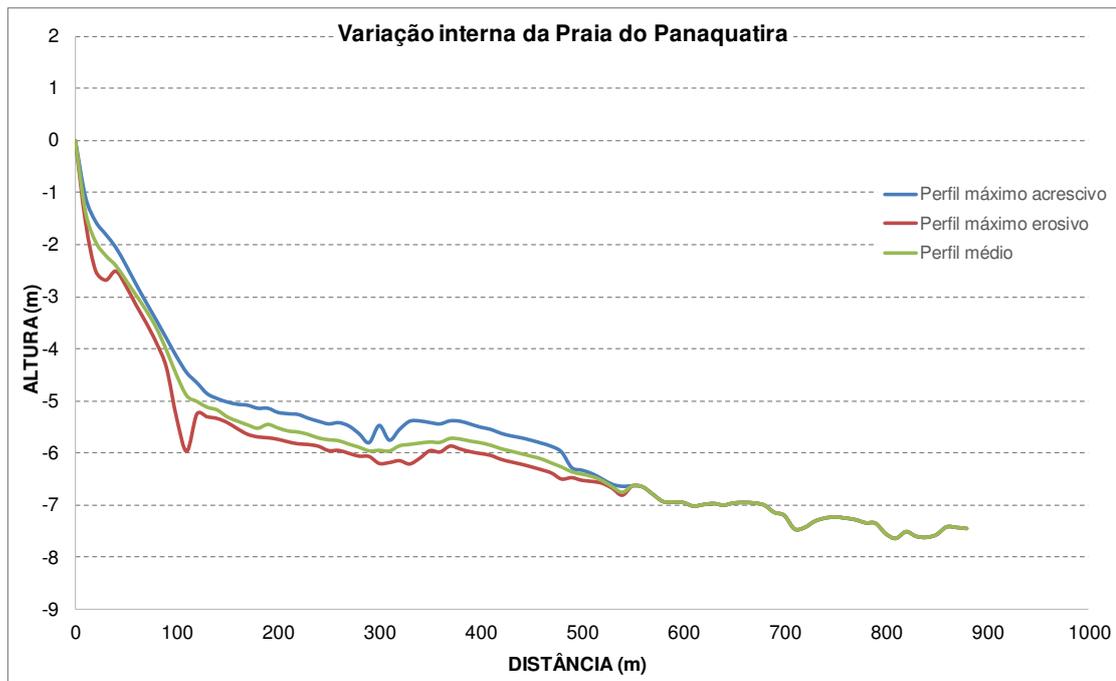


Figura 25. Perfil comparativo dos valores máximos, mínimos e médios de altura do perfil da Praia de Panaquatira.

4.3. BALANÇO SEDIMENTAR (m³/m)

As variações do volume de areia expressam as entradas e saídas de sedimentos mensais na topografia das praias estudadas. Com esses dados foi possível elaborar uma compilação de reações nas morfologias das praias da Ilha do Maranhão. O monitoramento semestral apresentou comportamentos bem semelhantes em todos os perfis, em sua maioria, e o monitoramento anual apresentou comportamentos distintos na maioria dos meses. A partir dos dados de máximo e mínimos expressos anteriormente, foi possível realizar um gráfico, no qual apresenta os dados em volume da variação interna de todos os perfis.

A Praia da Ponta d'areia teve um total de 5 meses que apresentaram acresção e 6 meses que apresentaram de erosão. Nesta praia destacam-se os meses de agosto de 2015 que apresenta uma diferença acresciva de 93,96 m³/m, com relação ao mês de junho, e para uma diferença erosiva destaca-se mês de fevereiro de 2016 com um valor de -75,36 m³/m. os meses que apresentaram menor variação foram o mês de julho e outubro que apresentaram valores de 8,80 e -5,62 m³/m, respectivamente.

A Praia do Caolho também apresentou 5 meses com a morfologia em estado de acresção e 6 meses em estado de erosão. Nesta praia os meses que apresentaram os maiores valores de

acresção e erosão foram, os meses de janeiro e fevereiro de 2016, respectivamente, com valores de 61,76 e -95,34 m³/m. Nesta praia os valores que apresentaram menor variação foram os meses de setembro de 2015 e março de 2016, com os respectivos valores de -9,58 e -1,53 m³/m.

A Praia do Araçagi teve 2 meses no qual a morfologia se encontrou no estado de erosão e 3 meses onde a praia se encontra no estado de acresção. Os valores máximos de erosão e acresção desta praia foram de -212,47 e 265,23 m³/m, respectivamente, correspondente aos meses de novembro e dezembro de 2016. Já o menor de variação de volume foi de 9,08 m³/m, que corresponde ao mês de janeiro de 2016.

A Praia do Calhau apresentou 3 meses com erosão e 2 meses a morfologia apresentou acresção. Para essa praia monitorada os valores máximos de variação de volume acrescivos e erosivos foram de 157,77 e -276,84 m³/m, respectivamente, e correspondem aos meses de março de 2017, para o valor acrescivo, e novembro para o valor erosivo. O menor valor de variação de volume ocorreu no mês de dezembro de 2016, com 125,06 m³/m.

A Praia de Panaquatira também apresentou um número de 2 meses erosivos e 3 meses de acresção. O maior valor acrescivo de 223,30 m³/m, correspondendo ao mês de março de 2016 e para o maior valor erosivo destaca-se o mês de fevereiro de 2017 com um total de -87,91 m³/m. O menor valor de variação desta praia encontra-se no mês de novembro de 2016 sendo de -29,04 m³/m.

Com relação ao volume do pacote de sedimento total das praias, levando em consideração os perfis máximos acrescivos e erosivos, destacam-se as praias do Calhau e Araçagi com os respectivos valores de 637,33 e 353,89 m³/m movimentados ao longo do período monitorado.

Os dados de variação mensal de areia entre os perfis máximos acrescivo e erosivo, de todas as praias estão expressos na Figura 26.

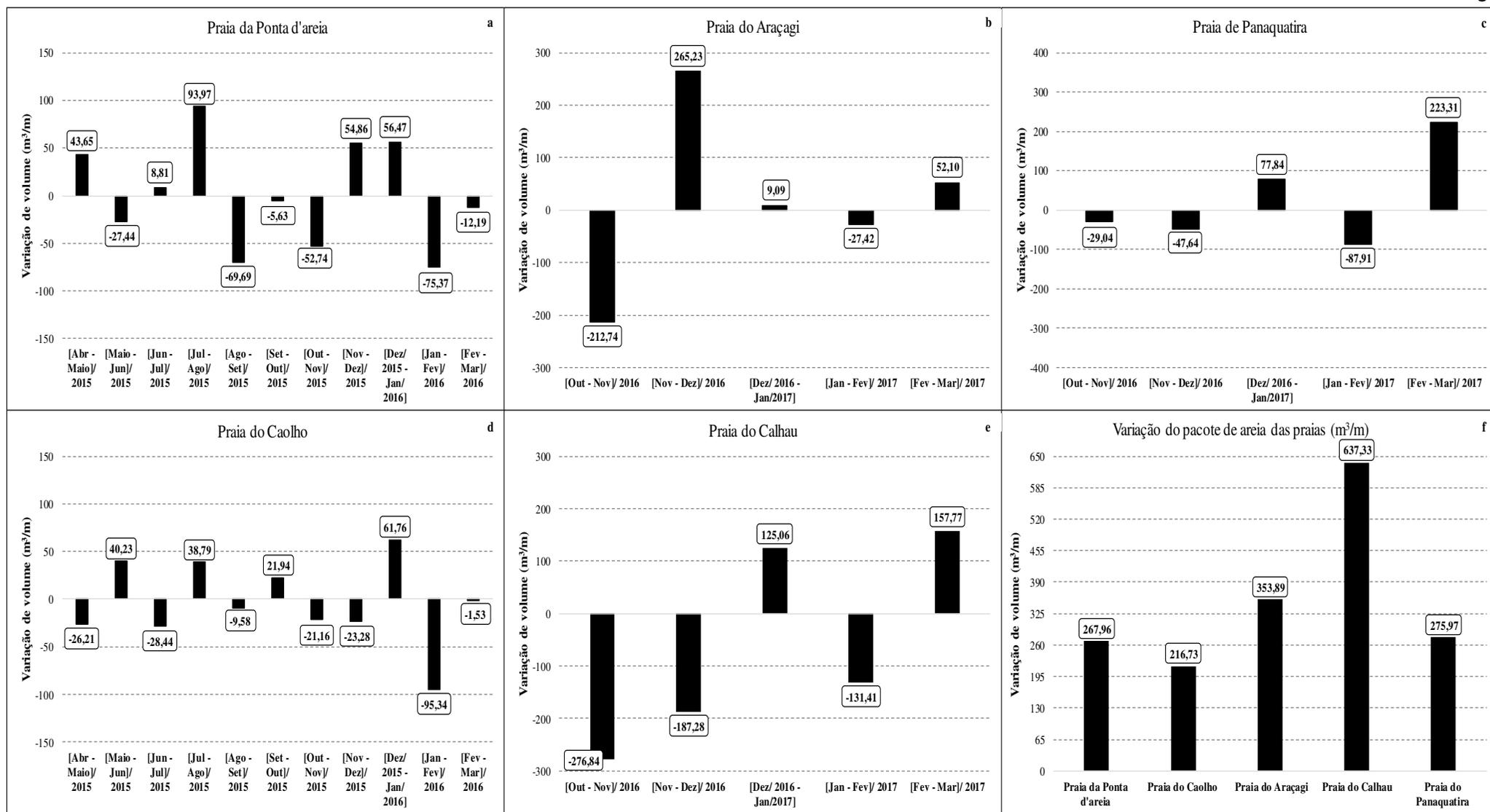


Figura 26. Variação de sedimento entre os meses de monitoramento em todas as praias estudadas (a, b, c, d, e) e variação de areia total das praias levando em consideração os perfis máximos acrescivos e erosivos (f).

A Tabela 4 expressa os valores médios, desvio padrão, volume máximo acrescivo, volume máximo erosivos e o balanço sedimentar do volume de sedimento movimentado mensalmente nas praias estudadas.

Nestes quesitos destacam-se, na média, as praias de Panaquatira e Calhau sendo a primeira a maior média acresciva e a segunda a com a maior média erosiva e valores de 23,31 e -62,54 m³/m, respectivamente. Com relação ao desvio padrão os maiores valores apresentados referem-se as praias do Calhau (193,32 m³/m) e Araçagi (171,42 m³/m), respectivamente. Esses valores têm contribuição direta das variações de volume dos meses de novembro e dezembro de 2016 são os meses mais erosivos destas praias.

O volume máximo acrescivo apresenta o maior valor na praia do Araçagi e menor valor na praia do Caolho, respectivamente de 326,42 e 162,72 m³/m, sendo o primeiro associado ao valor de 265,23 m³/m que contribuiu para ser o maior valor de deposição e a Praia do Caolho associado a sucessivos eventos erosivos e poucos eventos acrescivos. Já o valor máximo erosivo varia entre -595,52 e -164,59 m³/m sendo o primeiro referente a praia do Calhau e o segundo valor referente a praia e Panaquatira.

O balanço sedimentar da praia varia entre 136,55 e -312,69 m³/m que representam as praias de Panaquatira e Calhau, respectivamente, e o valor que encontra-se mais próximo de zero é 14,70 m³/m que corresponde a praia da Ponta d'areia.

Tabela 4. Valores de média, desvio padrão, volume máximo acrescivo, volume máximo erosivo e balanço sedimentar dos dados de variação mensal do volume de areia das praias. Onde o volume máximo acrescivo corresponde a soma dos dados de deposição, o volume máximo erosivo a corresponde a soma dos valores de erosão e o balanço sedimentar corresponde ao somatório de dos os valores obtidos.

Praias	Caolho	Ponta D'areia	Araçagi	Calhau	Panaquatira
Média (m ³ /m)	-3,89	1,34	17,31	-62,54	27,31
Desvio Padrão (m ³ /m)	43,50	55,90	171,42	193,62	125,53
Volume Máximo Acrescivo (m ³ /m)	162,72	257,75	326,42	282,83	301,14
Volume Máximo Erosivo (m ³ /m)	-205,55	-243,06	-239,89	-595,52	-164,59
Balanço Sedimentar (m ³ /m)	-42,82	14,70	86,53	-312,69	136,55

4.4. GRANULOMETRIA

A granulometria das praias estudadas, em sua maioria, apresentou classificação de areia fina. A única praia que se comportou de maneira diferente foi a Praia de Panaquatira que foi classificada em areia muito fina, provavelmente pelo aporte sedimentar dos rios adjacentes a esta praia. Quanto ao parâmetro e seleção todas amostras apresentaram comportamento de bem

selecionada. Quanto ao parâmetro de assimetria e curtose as amostras das praias de Ponta d'areia e Praia do Calhau foram classificadas em aproximadamente simétrica e mesocúrtica, as Praias do Araçagi e Caolho apresentaram classificação positiva e platicúrtica. Somente a Praia de Panaquatira apresentou assimetria negativa e leptocúrtica (Tabela 5).

Tabela 5. Classificação de verbal das análises granulométricas das praias.

Praias	Média	Classificação	Classificação	Classificação	Classificação
Araçagi	2,57	Areia fina	Bem selecionado	Positiva	Platicúrtica
Calhau	2,48	Areia fina	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
Panaquatira	3,08	Areia muito fina	Bem selecionado	Negativa	Leptocúrtica
Caolho	2,61	Areia fina	Bem selecionado	Positiva	Platicúrtica
Ponta d'areia	2,64	Areia fina	Bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica

A partir da curva de frequência acumulada (Figura 27) nota-se que a praia de Panaquatira apresenta uma tendência diferente das outras praias com uma maior acumulo de grãos entre os *Phi* 3 e 4. As demais praias apresentaram maior concentração de sedimento entre os *Phi* 2 e 3.

A Praia de Panaquatira também apresenta a maior concentração de grão finos, sendo de 3,14 %. Já a Praia da Ponta d'areia foi a praia que apresentou uma pequena concentração de grãos no tamanho cascalho com um total de 0,24 %, oriundos dos enrocamentos de proteção da linha de costa.

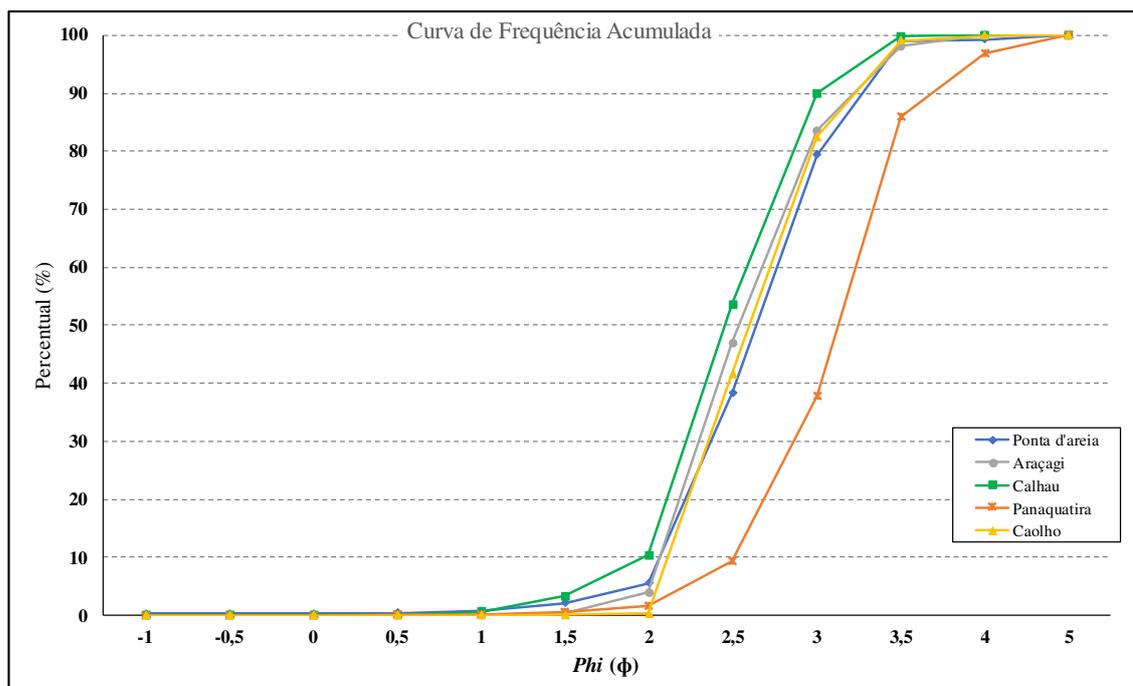


Figura 27. Curva de frequência granulométrica das praias estudadas.

4.6. PARÂMETROS MORFODINÂMICOS

A Tabela 6 apresenta os valores obtidos em campo para a o cálculo dos parâmetros morfodinâmicos classificadores da morfologia da praia. Tendo a variação de maré entre 5,80 e 6,00 m. A altura significativa de onda variando entre 0,47 m (Praia de Panaquatira) e 1,20 m (Praia do Caolho), o período de onda variou entre os valores de 5,80 e 7 s, correspondendo respectivamente as praias de Panaquatira e Calhau. Com isso, os valores do Parâmetro Relativo de Maré variaram entre 5,00 e 11,91, sendo referente as praias do Caolho e Panaquatira. Já o parâmetro adimensional de ômega variou entre 2,89 e 6,67, que corresponde as praias de Panaquatira e Caolho

Tabela 6. Valores dos parâmetros morfodinâmicos, Variação de Maré (TR), altura significativa de onda na zona de arrebentação (H_b), Período de onda (T), Parâmetro Relativo de Maré (RTR) e parâmetro adimensional de ômega (Ω), adquiridos em campo.

Praias	TR	H_b (m)	T (s)	RTR	Ω
Ponta d'areia	5,80	1,10	6,00	5,27	6,11
Caolho	6,00	1,20	6,00	5,00	6,67
Araçagi	5,80	0,87	6,40	6,67	4,53
Calhau	5,80	0,83	7,00	6,99	3,95
Panaquatira	5,60	0,47	5,80	11,91	2,89

A Figura 28 mostra a relação entre o parâmetro adimensional de ômega (Ω) e o parâmetro de variação da maré (RTR). Com isso, a partir dos parâmetros hidrodinâmicos coletados, foi possível classificar as praias estudadas da Ilha do Maranhão em três estágios: dissipativo sem banco, terraço de baixa mar banco e cava e ultra-dissipativo.

As Praias do Caolho e Ponta d'areia encontram classificadas no estágio dissipativo sem banco, no estágio de terraço de baixa mar, banco e cava estão classificadas as praias do Calhau e Araçagi, por último no estágio ultra dissipativo encontra-se a Praia de Panaquatira.

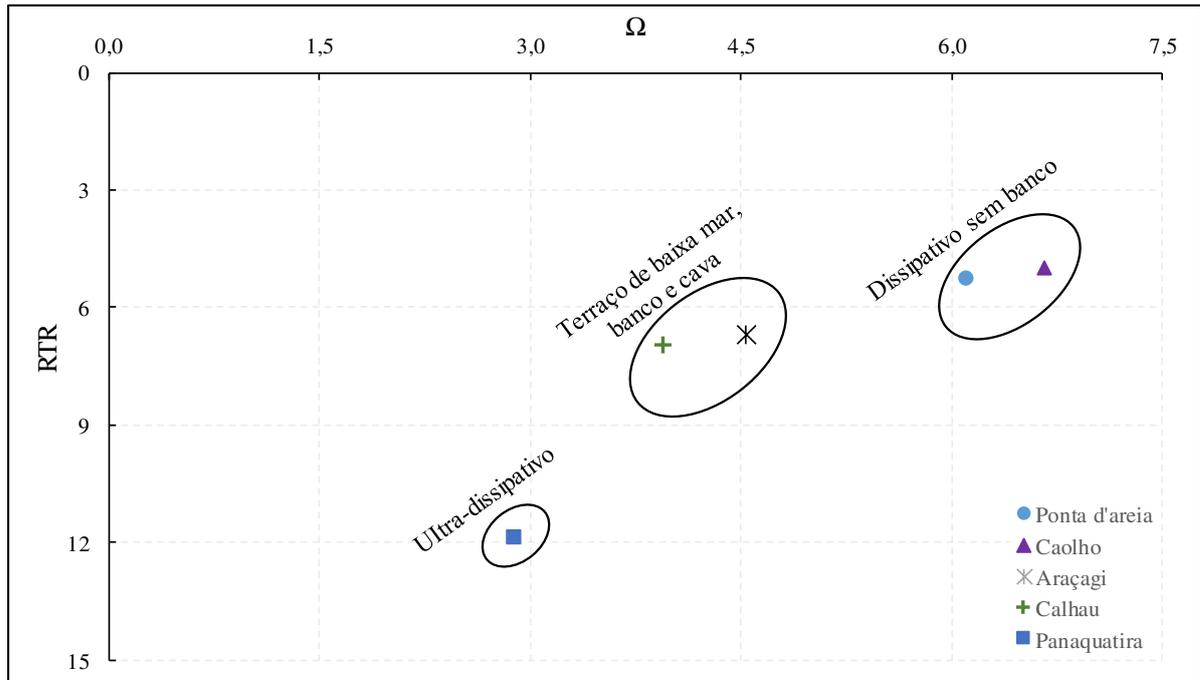


Figura 28. Classificação morfodinâmica das praias estudadas, levando em consideração a relação entre o parâmetro adimensional Ω e RTR.

5. DISCUSSÃO

5.1. EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA

As praias da Ilha do Maranhão se enquadram em dois principais tipos de evolução geomorfológica, podendo ser classificadas como praias anexadas (*mainland beach*) e esporão arenoso (*spits*) (Cerveira, 2018; Albuquerque, 2018). As praias de Panaquatira e Ponta d'areia encontram-se sobre esporões arenosos enquanto as praias do Araçagi, Caolho e Calhau encontram-se confinadas nos limites de falésias da formação Itapecuru e Cujupe.

As diferentes formas de evolução das barreiras costeiras refletem diretamente no estoque sedimentar de cada praia estudada, onde as praias anexadas encontram-se diretamente ligadas às falésias tendo pouco sedimento disponível para mobilização na face praial (Cerveira, 2018). Pelo contrário, as praias desenvolvidas sobre esporões arenosos têm um amplo suprimento sedimentar geralmente ligado a um amplo transporte via deriva litorânea (Albuquerque, 2018).

O contorno da linha de costa entre as Praias da Ponta d'areia e Araçagi, apresenta um padrão rítmico, que está associado a presença de rochas lateríticas na face praial que funcionam como espigões costeiros. Isto ocasiona o barramento do transporte de sedimento por correntes litorâneas, gerando progradação na região a direita e erosão na região a esquerda dos enrocamentos. As concreções lateríticas da face praial tem origem no processo de erosão das

falésias (Figura 29).

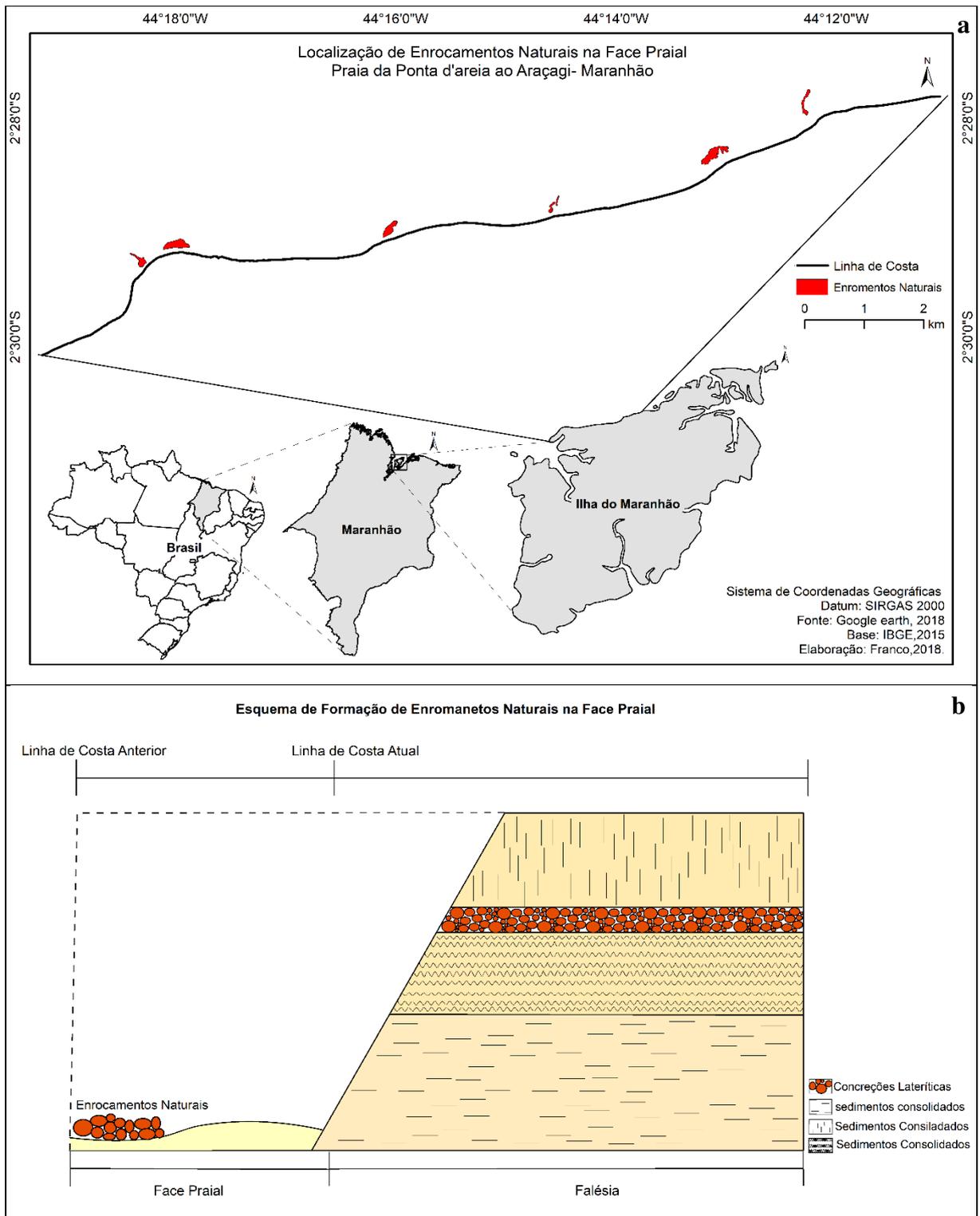


Figura 29. Localização dos enrocamentos naturais entre as praias da Ponta d'areia e Araçagi e linha de costa rítmica (A). E esquema demonstrativo de processo de formação dos enrocamentos naturais por meio da erosão das falésias (B).

5.2. DINÂMICA DA MORFOLOGIA PRAIAL

As praias oceânicas da Ilha do Maranhão sofrem influência direta de parâmetros meteorológicos e hidrodinâmicos que imprimem dois ciclos distintos ao longo do ano. Um primeiro relacionado com a estação chuvosa limitado na primeira metade do ano com duração até junho e o segundo ciclo de estiagem com duração até o mês de dezembro.

A precipitação nos meses chuvosos, a velocidade dos ventos nos meses de estiagem e a variação do clima de ondas incidente da praia resultam em características espaço-temporais diferentes na morfologia da praia (Wright e Short 1984; Calliari, *et al.* 2003).

Os altos índices pluviométricos no período chuvoso reduzem o transporte eólico, onde há o aumento da umidade e conseqüentemente o aumento da força de coesão entre os grãos, saturando a face praial e inibindo o transporte pelo vento (Van Dijk e Stroosnijder, 1996). Ainda é possível notar o aumento da vazão de rios em algumas praias, o que reflete em erosão na morfologia do perfil praial. A velocidade dos ventos atua na quantidade de sedimentos transportados na região subaérea da praia, sendo mais efetiva nos períodos de estiagem (Albuquerque, 2018; Ferreira 2018).

A partir de dados de modelagem numérica Quadros (2016) identificou que na plataforma continental do Maranhão as maiores alturas de onda são observadas entres os meses de outubro a abril coincidindo com os meses de maiores pluviosidades na Ilha do Maranhão. As variações das alturas de onda atuam movimentando os bancos arenosos ao longo da face praial. Sendo esta uma observação já retratada em outros trabalhos na literatura (Calliari e Klein, 1993; Barletta, 2000; Ranieri e El-Robrini, 2013).

Dentro dos parâmetros que possibilitam a classificação dos estágios morfodinâmicos da praia a granulometria foi a que se manteve semelhante nas praias monitoradas com pequenas variações no tamanho médio dos grãos (classificado como areia fina), com exceção da Praia de Panaquatira que apresentou a granulometria como areia muito fina, devido à alta descarga fluvial desta região. A baixa variabilidade do tamanho dos grãos foi observada também por Ranieri e El-Robrini (2013) e Braga (2007) em praias da costa do estado do Pará.

A classificação dos estágios praias definiu o estágio banco e calha em pelo menos um dos meses de monitoramento sendo de maior frequência nas praias do Caolho, Ponta d'areia, Calhau e Panaquatira, esta última no limite de classificação para *tidal flats*.

Segundo Albuquerque (2018) e Cerveira (2018) a Ponta d'areia encontra-se no setor onde a face praial é essencialmente retrogracional. Quanto a morfologia da face praial, esta apresenta um sistema de banco e calha bastante variável, principalmente observado a ZIM E ZII, sendo esse sistema o principal responsável pelo balanço sedimentar de 14,70 m³/m, neste setor. O sistema de banco e calha variou entre 51 e 159 m de distância e entre os meses de agosto de novembro não foi possível observar nenhuma feição deste sistema na face praial. A variação mensal de volume neste perfil apresentou uma relação com a localização da calha de maré na face praial onde foi possível observar que quando há eventos deposicionais na face praial o banco varia em sentido *onshore* e à medida que ocorrem eventos erosivos há uma migração em sentido *offshore*.

O perfil da Praia do Caolho encontra-se próximo a desembocadura do Rio Pimenta que intercepta a face praial transversalmente. No entanto este segmento litorâneo ocasiona a formação de uma calha de maré paralela a linha de costa, com extensão variando de acordo com a vazão do rio, sendo mais expressivo nos meses de maior pluviosidade (Figura 30).



Figura 30. Calha longitudinal formada pelo desague do Rio Pimenta na face praial da Praia do Caolho, sendo (a) no período chuvoso e (b) no período de estiagem.

O Rio Pimenta tem um papel importante na dinâmica da morfologia deste segmento praial sendo responsável por saturar os sedimentos da praia que se tornam mais suscetíveis a erosão além de barrar o transporte eólico através do processo de coesão de partículas. Serpa (2008) relacionou a saturação da face praial com o aumento da pluviosidade e alteração nos

processos de espraiamento, com o aumento da vazão de um sangradouro no estado do Rio Grande do Sul.

Quanto ao volume de areia movimentada, a Praia do Caolho apresentou um balanço sedimentar de $-42,82 \text{ m}^3/\text{m}$, provavelmente relacionado ao baixo estoque de areia, já que se enquadra no morfotipo *mainland beach* (Lima *et al.*, 2017). Segundo esse mesmo autor em uma sondagem próxima ao ponto de realização do perfil foi possível recuperar somente 145 cm de registro sedimentar, atingindo neste ponto uma discordância identificada por um *lag* transgressivo composto de seixos lateríticos oriundos da erosão e retrabalhamento da formação Itapecuru em ambiente praiial, o que reforça o baixo estoque de areia disponível para mobilização sedimentar nesta praia.

Quanto a movimentação do sistema de banco e calha na Praia do Caolho, ela apresentou uma menor variação espacial estando localizada ente 114 e 150 m. A presença da calha formada pela desembocadura do Rio Pimenta impede a anexação do banco na ZIS nos períodos de maior vazão. Da mesma forma, a Praia da Ponta d'areia apresentou este mesmo comportamento nos meses de setembro e outubro, onde não foi verificado a presença de bancos e calhas na face praiial.

A Praia do Araçagi junto com a Praia do Calhau foram as praias que apresentam uma maior declividade da face praiial. A primeira sofre ainda com um alto fluxo de veículos que atuam na compactação, permeabilidade e saturação dos sedimentos. Somente no mês de janeiro esta praia apresentou um sistema de banco e calha bem definidos, provavelmente associado aos acúmulo de areia nos dois meses anteriores a janeiro ($265,23$ e $9,08 \text{ m}^3/\text{m}$), conjuntamente com o período de maiores alturas de ondas, que retrabalharam os bancos mais externos projetando-os até a face praiial. O trânsito de veículos, responsável pela compactação da face praiial, causa também a mobilidade de areia de forma considerável, como nos resultados obtidos por Anders e Leatherman (1987) e Schlacher e Thompson (2008). Botão (2017) encontrou elevados valores de compactação na região submetida ao trânsito de veículos indicando que este setor é 6 vezes mais compacto do que o estirâncio e cerca de 60 vezes maior que depósitos eólicos.

A praia do Calhau dentre as praias monitoradas é a única que apresenta dunas frontais bem desenvolvidas e também, na face praiial, um sistema de banco e calha que se mantém estável durante todos os meses, variando espacialmente entre 78 e 149 m de distância do marco inicial dos perfis. A praia do Calhau foi a que apresentou o maior balanço sedimentar sendo de

-312,69 m³/m, provavelmente devido a retirada de sedimentos da duna frontal em eventos de alta energia, como a maré astronômica da superlua, que antecedeu a realização do perfil de novembro de 2016. A medida que houve movimentação no volume de areia de um mês para outro a calha de maré apresentou variações quanto a seu posicionamento. Esta praia se comportou de maneira diferente da praia da Ponta d'Areia apresentando uma variação oposta, ou seja, à medida que ocorreu erosão no banco este migrou em sentido *offshore* e à medida que ocorreu acresção o banco migrou no sentido *onshore*. Provavelmente este fato encontra-se associado a retirada de sedimentos da base da duna tornando a ZIS mais íngreme no período de erosão e com o depósito de sedimentos na ZIM e ZII e o retrabalhamento na zona de surf provavelmente força o sistema de banco e calha para *onshore*, corroborando com os dados encontrados por Ranieri e El-Robrini (2013) na Praia da Romana- PA.

A Praia de Panaquatira é a praia com a menor inclinação entre o pós-praia e estirâncio dentre todas as praias monitoradas. Desta forma é a praia com a maior zona de intermaré, de aproximadamente 1 km. Na zona intermaré desta praia é marcante a presença de bancos e calhas longitudinais, que apresentam pequenas variações ao longo dos meses. Levoy *et al.* (2000) ao estudar praias de um ambiente de mega- maré em Normandy, França obteve resultado semelhantes aos encontrados na Praia de Panaquatira, quanto a extensão, inclinação e feições do perfil. Os bancos e calhas encontrados na praia de Panaquatira se diferem das morfologias da face praial encontradas nas demais praias, primeiramente pela orientação (perpendicular à linha de costa) e secundariamente pela profundidade e extensão, sendo menos profundas e mais extensas. Há ainda nesta localidade a presença de um enrocamento de rochas lateríticas na ZIM orientado transversalmente a linha de costa e paralelamente as calhas e bancos, que provavelmente influencia na migração de bancos (Figura 31).

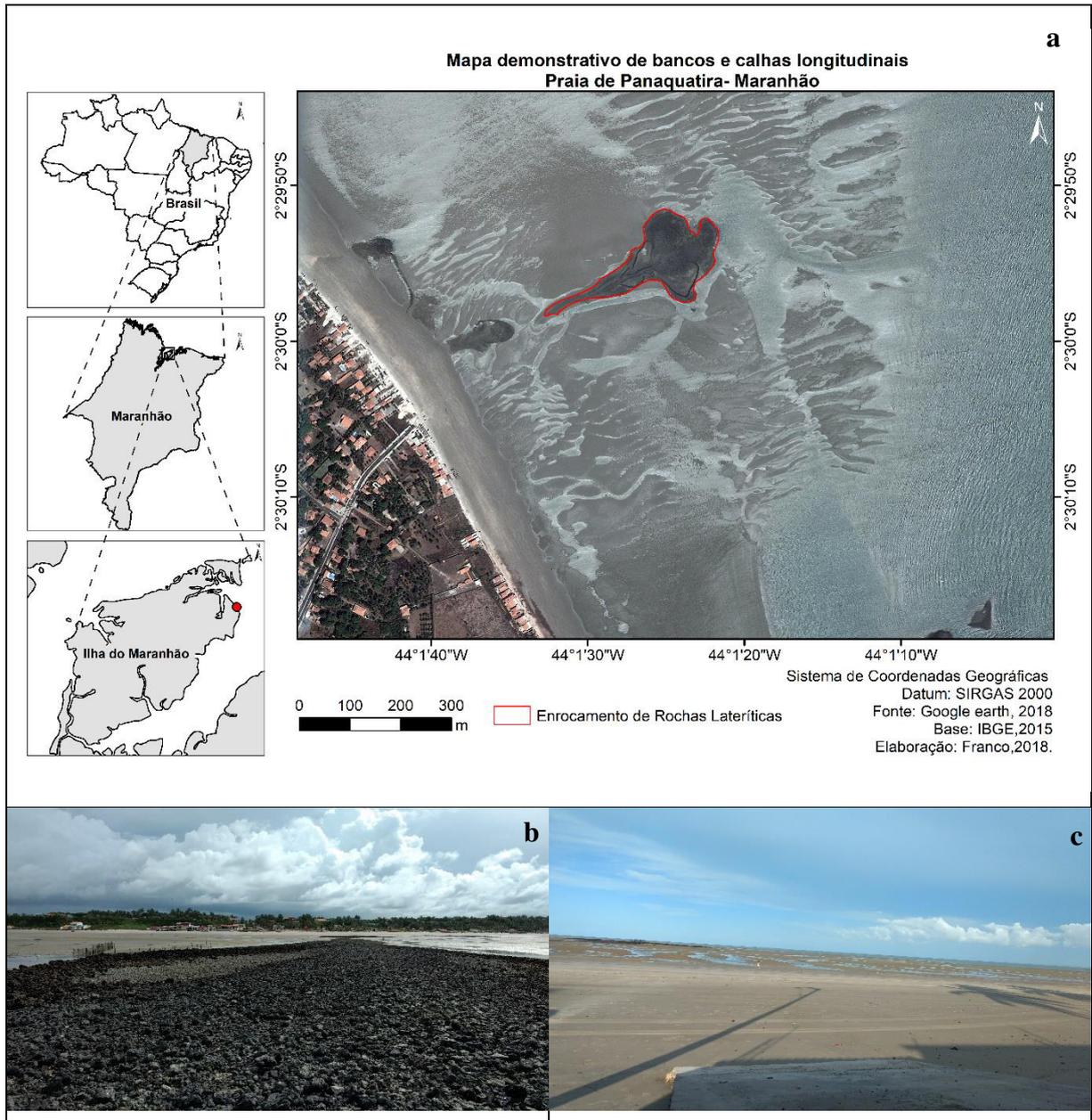


Figura 31. Mapa demonstrativo de feições de bancos e calhas transversais a linha de costa e localização do enrocamento de rochas lateríticas na face praial da praia de Panaquatira (a); Enrocamento de rochas lateríticas (b); e feições morfológicas da face praial (c).

Quanto a movimentação do volume de areia na praia de Panaquatira, foram mantidas as mesmas tendências das praias do Araçagi e Calhau, esta última com a exceção do mês de dezembro. Por apresentar um perfil mais longo, a praia de Panaquatira apresentou um balanço sedimentar de $136,55 \text{ m}^3/\text{m}$, sendo o acúmulo do mês de março o principal responsável por esse balanço positivo com $223,30 \text{ m}^3/\text{m}$.

A movimentação de calhas e bancos arenosos, erosão e acresção de área no perfil de praia é encontrada em alguns trabalhos Masselink e Short (1993), Ranieri e El-Robrini (2013) associados a variação principalmente no período de chuvas e estiagem, conjuntamente com as

alterações no clima de ondas do local. Lippmann e Holman (1990), Wright e Short (1984), evidenciaram que os bancos arenosos, com bastante frequência, migram em sentido *onshore* em um perfil erosivo e a migração em sentido *offshore* ocorre em um perfil acrescivo.

No entanto, Robin *et al.* (2007; 2009) ao estudar um banco de intermaré em Regnéville, Normandy (França), conclui que as taxas de variação dos bacos de intermaré são baixas se comparados com ambientes de meso-micro maré, devido ao tempo curto de exposição dos bancos a processos hidrodinâmicos.

5.3. ESTÁGIOS MORFODINÂMICOS

As praias estudadas apresentaram suas morfologias de forma muito semelhante ao modelo proposto por Masselink e Short (1993). A partir da identificação dos estágios modais baseados em dados de altura significativa de onda, período de onda, velocidade de decantação do sedimento e variação da altura da maré permitiram enquadrar as praias estudadas dentro dos estágios que variaram entre terraço de baixa mar - banco e cava, dissipativo sem banco e ultra-dissipativo.

Para Masselink e Short (1993), o estágio de terraço de baixa mar - banco e cava têm as assinaturas morfodinâmicas mais complexas e podem experimentar as condições da zona de arrebenção reflectiva na maré alta e intermédia a dissipativa na maré baixa. Estes mesmos autores também concluíram que a morfologia dos bancos e cavas são impulsionados por processos que ocorrem durante o ciclo de maré baixa. O estágio dissipativo sem banco apresenta morfologia plana e inexpressiva sem feições na zona de intermaré. Finalmente o estágio ultra-dissipativo apresenta extrema dissipatividade, e como o próprio nome sugere, com múltiplas linhas de arrebenção e sem feições na zona de intermaré

As Praias da Ponta d'areia, Caolho e Araçagi obtiveram meses em que não foi possível observar a presença de um sistema de bacos e calha na face praial. A partir disso podemos sugerir que há uma variação dos estágios morfodinâmicos entre dissipativo sem banco e terraço de baixa mar - banco e cava (Figura 32). Os meses de ocorrência das feições de banco e calha nas praias do Caolho e Ponta d'areia foi observado durante o período chuvoso e a inexistência dessa feição foi observada no período de estiagem, ou seja, no período chuvoso há a predominância do estágio terraço de baixa mar - banco e cava e no período de estiagem há a predominância do estágio dissipativo sem banco. Para a Praia do Araçagi ocorre uma maior predominância do estágio dissipativo sem banco com exceção do mês de janeiro que apresentou

um sistema de banco e calha na face praial.



Figura 32. Existência (a) e ausência (b) do sistema de bancos e calhas na face praial, referente aos meses de julho e setembro na praia do Caolho.

A praia do Caolho apresentou feição de banco e calha em todos os meses monitorados, desta maneira se dá de forma indefinida a variação do estado morfodinâmicos desta praia, podendo se afirmar somente a permanência no estado terraço de baixa mar - banco e cava.

A Praia de Panaquatira foi classificada como ultra- dissipativa apresentando todas as características deste estágio morfodinâmico. No entanto, devido ao valor de ω obtido (2,89) ser bem próximo a valor de transição entre o estágio terraço de baixa mar sem corrente de retorno e o ultra dissipativo é possível sugerir que haja a variação entre esses dois estágios, em respostas a eventos de alta energia.

Ferreira (2018), Albuquerque (2018) e Silva *et al.* (2009) obtiveram valores de Ω e RTR para as praias de Ponta d'areia e Caolho semelhantes aos encontrados neste trabalho ressaltando a relativa facilidade e acuracidade em obter tais valores. Braga (2007) e Ranieri e EL-Robrini (2013), constataram também que a variação da morfologia praial ocorre relacionada a variação dos parâmetros morfodinâmicos em resposta a alternância entre os períodos de chuvoso e de estiagem (existência e ausência de bancos e calhas) em praias no litoral paraense.

6. CONCLUSÃO

As praias estudadas apresentam características dissipativas com variações nos estados morfodinâmicos ao longo do ano em virtude da variabilidade do clima de ondas e amplitude de marés.

A granulometria das praias estudadas é predominantemente areia fina com exceção da Praia de Panaquatira que apresentou a classificação de areia muito fina devido à alta descarga fluvial nesta região.

O sistema de banco e calha foi observado com bastante frequência nas praias da Ilha do Maranhão, sendo identificada sua ausência no período de estiagem estando desta forma relacionado ao processo de migração dos bancos na face praial.

O balanço sedimentar das praias do Caolho, Ponta d'areia, Araçagi, Calhau e Panaquatira apresentaram valores de -42,82; 14,70; 86,56; -302,62; 136,55 m³/m, respectivamente. Sendo a Praia do Calhau a que apresentou maior movimentação de areia durante o monitoramento (637,33 m³/m) e a praia do Caolho com o menor volume de areia movimentado (216,73 m³/m).

Num contexto de barreiras costeiras as praias da Ilha do Maranhão encontram-se inseridas na classificação de barreiras anexadas, indicando características erosivas de longo período na face praial. Isto devido à baixa quantidade de sedimentos disponível para remobilização pelas ondas e à ausência de dunas frontais que servem como um estoque de sedimentos para eventos de alta energia.

As rochas lateríticas aflorantes na face praial da Ilha do Maranhão alteram a hidrodinâmica da zona de arrebentação, modelando este litoral e influenciando no balanço sedimentar das praias estudadas.

As praias da Ponta d'areia, Caolho e Araçagi puderam ser enquadradas em dois principais estágios morfodinâmicos dissipativo sem banco e terraço de baixa mar - banco e cava, sendo a variação determinada pela altura de onda incidente na praia. A praia do Calhau pode ser enquadrada no estágio morfodinâmico terraço de baixa mar - banco e cava e a Praia de Panaquatira classificada no estágio morfodinâmicos ultra-dissipativo.

Os dados obtidos neste estudo reforçam a importância de monitoramento de parâmetros morfodinâmicos, para entendimento da dinâmica de praias, que ampliam a elaboração de técnicas de manejo e gestão mais eficientes.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, S. S. de. **Estratigrafia E Evolução Do Esporão Arenoso Da Ponta Da Areia, São Luis -Ma.** 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2018
- ANDERS, F.J. and LEATHERMAN, S.P. **Disturbance of beach sediment by off-road vehicles.** Environmental. Geology and Water Science, 9, 183–189, 1987
- BARLETTA, R. C. **Efeito da interação oceano-atmosfera sobre a morfodinâmica das praias do litoral central do Rio Grande do Sul, Brasil.** Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica. Rio Grande, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 2000.
- BIRKMEIER W A. **Fast accurate two-person beach survey.** Coastal Engineering, 1981.
- BITTENCOURT, A.C da S.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MOITA FILHO, O. **Variações texturais induzidas pelo vento nos sedimentos da face da Praia de Atalaia, Piauí.** Revista Brasileira de Geociências, 1990. 20 (1-4): 201-207.
- BOTÃO, J. da C.; PEDROSA, I. F.; FERREIRA, M. S.; LIMA, L. G. de; FREITAS, C. T. de; ZANONI, M. F.; PIRES, M. L. T.; MOREIRA, V. M. O. **Impacto Da Circulação De Veículos Na Praia Do Araçagi Em São José De Ribamar, Maranhão - Brasil.** In: Anais do XXIX Semana Nacional de Oceanografia. Anais. São Luís (MA) UFMA, 2017. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/sno2017/53628-O-IMPACTO-DA-CIRCULACAO-DE-VEICULOS-NA-PRAIA-DO-ARACAGI-EM-SAO-JOSE-DE-RIBAMAR-MARANHAO---BRASIL>>. Acesso em: 28/06/2018 17:41
- BRAGA, F.P.S. 2007. **Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Pará: Um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo.** Belém, 116p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- CALLIARI, L. J. e Klein, A. H. F. **Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, R.S.** Pesquisas em geociências 20: 48-56,1993.
- CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO JÚNIOR., **Morfodinâmica: uma breve revisão.** Revista Brasileira de Oceanografia, v. 51, n. 1, p. 63-78, 2003.
- CAMARGO, M. G. SYSGRAN: **Um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento.** Revista Brasileira de Geociências: 2006, 345-352.
- CERVEIRA, G. S. **Origem e Evolução da Lagoa Da Jansen.** Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão- UFMA, Trabalho de Conclusão do Curso de Oceanografia, p. 48-51, 2018.
- COWELL, P.J.; THOM, B.J. Morphodynamics of coastal evolution. In: CARTER, R. W. G.; WOODROFFE, C. D. **COASTAL EVOLUTION: Late Quaternary shoreline morphodynamics.** Cambridge: Cambridge University Press, 1994. Cap. 2. p. 33-59.
- DAVIES, J. L. A morphogenic approach to world shorelines. Zeitschrit fur Geomorphology, 8, Mortensen Sonderheft, 1964. p. 127-142.
- EL-ROBRINI, M.; TUMA, L.S.R. & SILVA, C.A. DA. **Estudo Sedimentológico das Areias Litorâneas do Nordeste do Pará e do Noroeste do Maranhão.** IV Congres. Associa. Brasil. Estud. Quatern. – ABEQUA, São Paulo (Brasil), 5-8 de julho de 1993: 89.
- EL-ROBRINI, M; MARQUES, M; SILVA, M. A. M. A da; EL-ROBRINI, M. H.S.; FEITOSA, A. C.; TAROUCO, J. E. F.; SANTOS, J. H. S. dos; VIANA, R. J. Maranhão. In Muehe, D. **Erosão e progradação do litoral brasileiro.** Brasília: Ministerio do Meio Ambiente, 2006. p. 87-130.

- FEITOSA, A.C. **Evolução Morfogenética do Litoral Norte da Ilha do Maranhão**. Rio Claro, UNESP: 210p. Dissertação de Mestrado, 1989.
- FERREIRA, M. S. **Morfodinâmica Da Praia Da Ponta Dareia, São Luís-Ma**. Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão- UFMA, Trabalho de Conclusão do Curso de Oceanografia, f. 83, 2018.
- FOLK, R.L. e WARD. W.C. **Brazos River Bar: Study and significance of grain size parameters**. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1957. p 27: 03-26.
- LEVOY, F.; ANTHONY, E.J.; MONFORT, O. C. LARSONNEUR. **The morphodynamics of megatidal beaches in Normandy, France**. *Marine Geology*, [s.l.], v. 171, n. 1-4, p.39-59, dez. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0025-3227\(00\)00110-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0025-3227(00)00110-9).
- LIMA, L. G. de, De OLIVEIRA, L. S.; COELHO, B.M.S.; MORENO T. G. **O Papel Das Desembocaduras Fluviais Na Dinâmica Sedimentar Da Orla Oceânica De São Luiz - Ma**. In: Anais do XXIX Semana Nacional de Oceanografia. Anais. São Luís (MA) UFMA, 2017. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/sno2017/55071-O-PAPEL-DAS-DESEMBOCADURAS-FLUVIAIS-NA-DINAMICA-SEDIMENTAR-DA-ORLA-OCEANICA-DE-SAO-LUIZ---MA>>.
- LIPPMANN, T.C. e HOLMAN, R.A. **The spatial and temporal variability of sand bar morphology**. *Journal of Geophysical Research*, 1990. 95, 11575-115.
- MASSELINK, G. & SHORT, A.D. **The effect of the tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model**. *Journal of Coastal Research*, 1993. 9 (3): 785-800.
- QUADROS, E.A. de S. **Caracterização Do Clima De Ondas Na Plataforma Continental Do Maranhão E Região Oceânica Adjacente Por Meio De Modelagem Numérica**. Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão- UFMA, Trabalho de Conclusão do Curso de Oceanografia, f. 48, 2016.
- RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. **Comportamento morfodinâmico sazonal da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (NE do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área**. *Pesquisa em Geociências, Rio Grande do Sul*, v. 3, n. 39, p.231-246, 2013
- ROBIN, N., Levoy, F. & Monfort, O. **Short term morphodynamics of an intertidal bar on megatidal ebb delta**. *Marine Geology*, 260:102-120, 2009.
- ROBIN, N., LEVOY, F., MONFORT, O. **Bar morphodynamic behaviour on the ebb delta of a macrotidal inlet (Normandy, France)**. *J. Coast. Res.* 23 (6), 1370–1378, 2007.
- SCHLACHER, T. A.; THOMPSON, L. M. C. **Physical Impacts Caused by Off-Road Vehicles to Sandy Beaches: Spatial Quantification of Car Tracks on an Australian Barrier Island**. *Journal Of Coastal Research*, [s.l.], v. 2, n. 24, p.234-242, mar. 2008. Coastal Education and Research Foundation. <http://dx.doi.org/10.2112/06-0691.1>.
- SERPA, C.G. **Estudo da influência dos fatores climáticos e hidrológicos no ciclo morfodinâmico praias de um sangradouro intermitente, praia do Cassino, Brasil**. Dissertação de mestrado, Pós-Graduação em Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. 97p, 2008. Disponível em: <http://www.engenhariaoceanica.furg.br/arquivos/serpa,c.g.pdf>.
- SHORT, A. D. **Beach systems of the central Netherlands coast: processes, morphology and structural impacts in a storm driven multi-bar system**. *Mar. Geol.* 1992. 107(1-2):103-137.
- SHORT, A. D. **Beaches of the New South Wales Coast. A guide do their nature, characteristics, surf and safety**. *Australian Beach Safety and Management Program*. The University Printing Service, University of Sidney, 1993. p 358.

- SILVA I.R. da, PEREIRA L.C.C., GUIMARÃES D. de O., TRINDADE W.N., ASP N.E., Costa R.M. da. **Environmental status of urban beaches in São Luís (Amazon Coast, Brazil)**. Journal of Coastal Research, 2009. 56: 1301-1305.
- SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blucher: 1973, 342p. Technical Aid 81-11. U.S. **Army Engineers Waterways Experiment Station**. Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Mississippi, 1981. 22 p.
- VAN DIJK, P.M.L. STROOSNIJDER, J.L.M.P. De Lima, **The influence of rainfall on transport of beach sand by wind**. Earth Surf. Proc. Land. 1996. 341–352
- WRIGHT, L. D. e SHORT, A. D. **Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis**. Mar. Geol. 1984. 56 (1-4):93-118.
- WRIGHT, L. D. e THOM, B. G. Coastal Depositional Landforms: **A Morphodynamic Approach**. Progr. phys. Geogr., 1977. 1:412-459.
- WRIGHT, L.D.; NIELSEN, P.; SHORT, A.D. e GREEN, M.O. **Morphodynamics of a macrotidal beach**. Marine Geology. 1982. 50, 97-128.