



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ELLYDA BEATRIZ AQUINO DA SILVA

**ANÁLISE MORFODINÂMICA DE UMA PRAIA DE MACROMARÉ NA COSTA
LESTE AMAZÔNICA COMO SUPORTE PARA MODELAGEM NUMÉRICA**

BRAGANÇA

2023

ELLYDA BEATRIZ AQUINO DA SILVA

**ANÁLISE MORFODINÂMICA DE UMA PRAIA DE MACROMARÉ NA COSTA
LESTE AMAZÔNICA COMO SUPORTE PARA MODELAGEM NUMÉRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito para obtenção de grau de Licenciado em Ciências Biológicas, pela Faculdade de Ciências Biológicas, do Instituto de Estudos Costeiros, da Universidade Federal do Pará, campus de Bragança.

Orientador: Prof. Dr. Nils Edvin Asp Neto

BRAGANÇA

2023

ELLYDA BEATRIZ AQUINO DA SILVA

**ANÁLISE MORFODINÂMICA DE UMA PRAIA DE MACROMARÉ NA COSTA
LESTE AMAZÔNICA COMO SUPORTE PARA MODELAGEM NUMÉRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito para obtenção de grau de Licenciado em Ciências Biológicas, pela Faculdade de Ciências Biológicas, do Instituto de Estudos Costeiros, da Universidade Federal do Pará, campus de Bragança.

Data da aprovação: ___/___/___

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Nils Edvin Asp Neto (Orientador)
IECOS, UFPA

Profa. Dra. Luci Cajueiro Carneiro Pereira (Titular)
IECOS, UFPA

BRAGANÇA

2023

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer à Universidade Federal do Pará, ao Instituto de Estudos Costeiros, à Faculdade de Ciências Biológicas e ao Laboratório de Geologia Costeira por todo amparo, estrutura e suporte durante a graduação e execução desse trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Nils Asp pela oportunidade e por todos os bons conselhos e ensinamentos feitos ao longo da minha estadia pelo laboratório. A sua orientação foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas do Laboratório de Geologia Costeira por todos bons momentos de reflexão e risadas. Vocês foram maravilhosos para mim.

À minha família, em especial a meus pais: Assunção Mescouto & Benedito Soares e meus irmãos: Joao Vitor, Joseph e Edelly. Muito obrigado por sempre estarem ao meu lado dando apoio e acreditando em mim. Sem vocês eu não estaria aqui hoje.

Ao meu namorado Italo Silva pelo carinho, amizade e parceria. Obrigada pela compreensão, por me amparar e incentivar a nunca desistir nos momentos mais difíceis.

Aos amigos que me ajudaram e estiveram comigo durante esses anos em especial: Eloiane, Eduarda, Thales, Gabriel e Adrian.

Aos amigos que fiz durante o curso, especialmente a Debora, Jaqueline e Daphne, por todos os incríveis momentos que compartilhamos. Vocês foram meu suporte durante essa jornada.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma foram importantes para execução desse trabalho e finalização desta etapa acadêmica.

RESUMO

A praia de Ajuruteua, está situada na faixa costeira do município de Bragança/PA, é dominada por macromarés, e classificada como dissipativa. Atualmente a praia de Ajuruteua vem enfrentando um progressivo recuo na linha de costa, causado por processos erosivos, processo natural que se intensificou por ações antrópicas, que associados a formação de um banco arenoso e ao estuário do rio Caeté, acabam retendo os sedimentos transportados pela plataforma continental em direção à costa, gerando um déficit de areia na praia, e conseqüentemente a erosão em alguns setores da praia. Para tentar conter a forte erosão marinha, em 2020 se iniciou a construção de um muro de contenção ao longo de 1,8 km de extensão na orla da praia. Este trabalho buscou analisar os dados morfológicos e sedimentológicos coletados entre os anos de 2013 e 2019, para tentar compreender as variações espaço-temporais na morfologia da praia em questão. A altimetria demonstrou que as áreas mais altas estão localizadas próxima aos extremos, onde estão os canais de maré da Barca (SE) e ao canal do Chavascal (NO), áreas relacionadas a formação de dunas. As análises revelaram que as mudanças morfológicas da face da praia são influenciadas por fatores sazonais.

Palavras-chaves: Morfodinâmica, praias de macromaré, Ajuruteua.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.	10
Figura 2: Mapa de comparações entre perfis topográficos em condição de maré de sizígia em diferentes períodos de 2019. Em A) Localização dos setores monitorados. Em B) Setor NO comparando os 4 períodos (fevereiro, junho, setembro e dezembro. Em C) Setor CENTRO comparando os 4 períodos (fevereiro, junho, setembro e dezembro). Em D) Setor SE comparando os 4 períodos (fevereiro, junho, setembro e dezembro).....	12
Figura 3: Mapa de comparação de dados topográficos mostrando as áreas que sofreram deposição e erosão em diferentes períodos de 2019. Em A) Fevereiro 2019 – Junho 2019. Em B) Junho 2019 – setembro 2019.	14
Figura 4: Mapa de comparação de dados topográficos mostrando as áreas que sofreram deposição e erosão em diferentes períodos. Em A) Setembro 2019 - Dezembro 2019. Em B) Fevereiro de 2019 - Dezembro 2022.	15
Figura 5: Mapa de comparação de dados topográficos mostrando as áreas que sofreram deposição e erosão em Dezembro de 2019 – Dezembro de 2022.	15
Figura 6: Gráfico mostrando a comparação do balanço sedimentar de Fev - Dez 2019 versus Dez 2019 - Dez 2022.	16
Figura 7: Gráfico mostrando a variação granulométrica dos meses de fevereiro, junho e dezembro de 2019.....	17
Figura 8: Gráfico mostrando a variação granulométrica do mês setembro de 2019.	17

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	8
2.OBJETIVO	9
2.1.OBJETIVO GERAL	9
2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3.METODOLOGIA.....	9
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	9
3.2. ETAPAS DE CAMPO	10
3.2.1. Levantamento topográfico (DGPS)	10
3.2.2. Análise granulométrica	11
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4.1. MORFOLOGIA PRAIAL	12
4.2. GRANULOMETRIA.....	16
5.CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS	19
APÊNDICE A – DADOS GRANULOMÉTRICOS	21

1.INTRODUÇÃO

As praias arenosas oceânicas são ambientes altamente dinâmicos, pois estão sujeitas a bruscas variações energéticas que são geradas por processos eólicos, biológicos e hidráulicos, que modificam a morfologia do ambiente e são responsáveis pelas trocas de sedimento com regiões adjacentes em diferentes escalas temporais (SHORT, 2003), além de expressar diversas funções, como proteção dos ecossistemas costeiros e adjacentes, servem de hábitat para várias espécies animais e vegetais, são utilizadas principalmente para indústria pesqueira, e para fins de recreação como turismo, entre outras atividades. Os agentes modificadores como ventos, ondas, marés e correntes retrabalham os sedimentos e controlam as taxas de erosão e deposição, que variam consideravelmente de um dia para outro ao longo desse ambiente (BIRD, 2008).

A energia das ondas é eficaz no selecionamento de grãos, uma vez que as mudanças no sistema climático refletem diretamente na energia das ondas que chegam à costa. Em períodos menos enérgico, a praia é geralmente composta por sedimentos de granulometria média a fina e em períodos de maior energia, por sedimentos mais grossos. Assim, quando ocorrem ondas de alta energia, como no período equinocial, estas alcançam a costa com maior energia remobilizando maior quantidade de sedimentos que, por advecção é lançado no sistema, onde grande parte é transportada pela corrente de deriva (KOMAR, 1998).

Além das ondas e ventos, as marés são importantes agentes modificadores das praias, chegando mesmo a ser o agente hidrodinâmico dominante nos processos de modificação e controle da morfologia e sedimentologia (SHORT, 2003). A interação entre a sedimentologia de praias e a energia proveniente desses agentes determinam as características morfológicas e dinâmicas de um sistema praial (WRIGHT & SHORT, 1984).

Com relação a praia de Ajuruteua, por estar submetida ao regime de macromarés de flutuações semidiurnas variando de 4 a 6 m (BRAGA, 2007), a praia é classificada como dissipativa, e caracterizada pela alta energia que determina a ela uma morfodinâmica sazonal. A combinação de fatores sazonais e intermareias, confere à praia de Ajuruteua uma dinâmica não somente muito intensa, mas também muito complexa (MONTEIRO et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2014).

Atualmente, Ajuruteua vem apresentando um processo erosivo na região mais urbanizada, e apesar de ser um processo natural, resultado da ação mecânica das ondas, ventos, chuvas, elevação do nível do mar, entre outros, esse processo tem sido intensificado pelas ações antrópicas onde estão realizando a conversão dos terrenos naturais em urbanizados. Esse processo erosivo tem causado impactos ambientais e socioeconômicos, como a devastação da vegetação natural das dunas, destruição de casas e construções em geral.

Há mais de 3 décadas que a praia de Ajuruteua vem enfrentando um progressivo recuo na linha de costa, decorrente dos processos erosivos, que associados a formação de um banco arenoso (proveniente do delta de maré vazante) e ao estuário do Caeté, acabam retendo os sedimentos arenosos transportados da plataforma continental em direção à costa, gerando um déficit de areia na praia de Ajuruteua e conseqüentemente a erosão em alguns setores da praia. No setor noroeste da praia a variação está intimamente relacionada com a energia de ondas, enquanto o setor sudeste estaria mais relacionado com a intensidade das correntes de maior intensidade e variações das marés. Para tentar conter a forte erosão marinha, que alterou de

forma crítica a face da praia de Ajuruteua, em 2020 se iniciou a construção de um muro de contenção ao longo de 1.800 metros de extensão na orla da praia.

Nesse contexto, o presente trabalho visa reanalisar e integrar os dados coletados em 2019 e 2022, sendo fundamental para avaliar a morfologia e sedimentologia da praia de Ajuruteua e suas mudanças em função de fatores sazonal e intermareais. E posteriormente, aplicando esses dados a calibração e validação de um modelo numérico, o estudo se torna essencial para entender e eventualmente mitigar os impactos recorrentes na morfologia da face praial e avaliar assim a eficiência da obra de contenção.

2.OBJETIVO

2.1.OBJETIVO GERAL

Reanalisar e integrar dados morfológicos e sedimentológicos da praia de Ajuruteua, nordeste paraense, já coletados entre os anos 2019 e 2022, dando suporte para subsidiar a calibração e validação de modelo numérico, para compreender assim as variações espaço-temporais na morfologia da praia de Ajuruteua.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar e integralizar levantamentos de dados morfológicos da praia de Ajuruteua, coletados entre os anos 2019 e 2022;
- Analisar e integralizar levantamentos de dados sedimentológicos da praia de Ajuruteua, coletados em 2019 entre os meses fevereiro, junho, setembro e dezembro;
- Avaliar os impactos da obra de contenção;
- Subsidiar informações para posterior calibração e validação de modelo numérico para o entendimento das variações espaço-temporais que ocorrem na praia de Ajuruteua em relação as condições sazonais e intermareais.

3.METODOLOGIA

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na praia de Ajuruteua, que está situada na faixa costeira do município de Bragança, na região nordeste do estado do Pará. É uma das praias mais frequentadas por turistas durante os períodos de veraneio. A praia de Ajuruteua apresenta um traço linear na direção NW-SE com suas extremidades curvas, tem aproximadamente 2,5 km de extensão e 0,3 km de largura, e está localizada a 36 km da sede do município de Bragança (figura 1). É margeada por manguezais e limitada por dois canais de maré: o canal da Barca a Sudeste (SE) e o canal do Chavascal a Noroeste (NO) (SOUZA FILHO & EL-ROBRINI, 1996).

A praia de Ajuruteua é constantemente afetada por processos hidrodinâmicos que modificam sua morfologia, sendo influenciada por correntes litorâneas, resultante da chegada das ondas na costa, são responsáveis pelo transporte de sedimento da plataforma para o litoral (BARBOSA et al., 2007), e principalmente por correntes de marés de direção NW/SE, durante a enchente, e SE/NW durante a vazante, atingindo as maiores velocidades durante os picos de enchente com ~ 0,6 m/s e da vazante com até 0,5 m/s (MONTEIRO et al., 2009).

As correntes de maré que atuam na região, apresentam maior intensidade durante o regime de maré equinocial, podendo alcançar amplitude de 6 metros, e correntes de maré de aproximadamente 1,0 m/s. A onda de maré é assimétrica, apresentando período de enchente cerca de 2 horas mais curto que de vazante, especialmente durante as marés de sizígia (SOUZA FILHO et al., 2003; MONTEIRO et al., 2009).

Situada na região equatorial, o clima da área é quente e úmido, caracterizado por um período chuvoso, entre os meses de dezembro e maio, com precipitação média de 2000 - 3000 mm e ventos NE com fortes rajadas. No período seco a precipitação anual e a velocidade média dos ventos são superiores a estação chuvosa, predominando ventos que sopram de E para SE (MARTORANO et al. 1993; MONTEIRO et al., 2009).

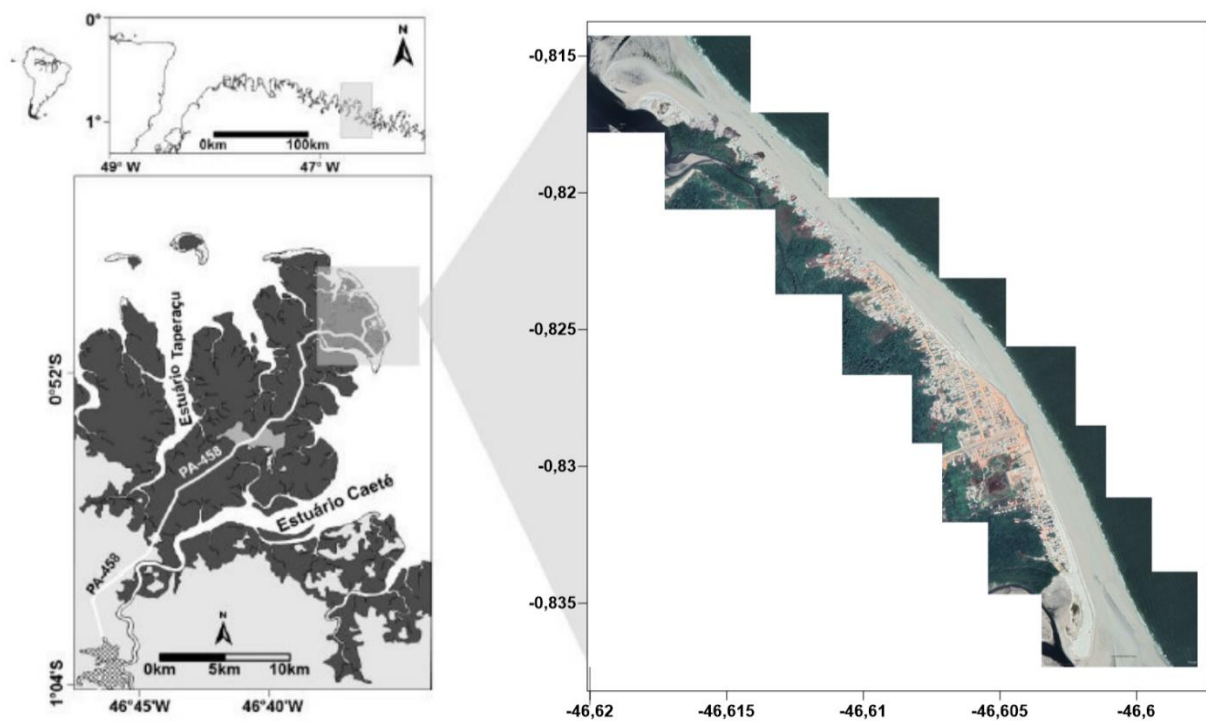


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

3.2. ETAPAS DE CAMPO

3.2.1. Levantamento topográfico (DGPS)

Para caracterizar a morfologia da face da praia, foram realizados levantamentos topográficos nos meses fevereiro, junho, setembro e dezembro de 2019 e em dezembro de 2022. Cada levantamento tinha de 10 a 12 km lineares, com aproximadamente 12 mil pontos de dados topográficos.

As medições altimétricas foram realizadas utilizando o GPS Diferencial (DGPS) pelo método de posicionamento relativo cinemático. Esse método consiste na utilização de dois ou mais receptores que coletam dados continuamente, sendo que um dos receptores fica instalado em um ponto cujo as coordenadas são conhecidas, identificadas como “base” e o outro receptor, que é denominado de estação móvel ou itinerante, coleta dados sobre pontos em que se deseja obter as coordenadas geodésicas (SEEBER, 2003).

A partir dos dados da estação base e de suas coordenadas conhecidas é possível calcular correções que serão aplicadas ao posicionamento da estação móvel, também chamada de Rover, e transformada em dados que permitem a elaboração de MDT - modelos de elevação digital do terreno (TANAJURA, 2008).

A base receptora foi instalada nas coordenadas 00° 50' 29,1575" S e 46° 37' 08,5622" W, referente a estação geodésica reconhecida pelo IBGE em 2010 e nomeada 99507, localizada na Vila Bonifácio a aproximadamente 5 km do local do levantamento. As configurações dos aparelhos são feitas a partir da montagem e da estação base, sendo configuradas para taxa de aquisição de 1 segundo tanto para a estação base quanto para estação móvel (Rover), sendo a precisão da estação móvel de 2 cm vertical e 1,5 cm horizontal e máscara de elevação de 10° como estabelecido padrão. As configurações de georreferenciamento dos aparelhos foram em coordenadas UTM, na zona 23, datum WGS 1984 em metros. Antes de se iniciar o percurso do levantamento da estação móvel, o tempo para que os satélites ficassem fixos foram de 8 minutos para cerca de seis satélites.

Foram utilizados pontos de controle de duas estações homologadas pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do sistema GNSS, fornecido pelo Instituto de Geografia e Estatística (IBGE). Foram usadas as estações de Belém INPE (BEPa) de coordenadas 01° 27' 38,91001" S e 48° 26' 29,06538" W; e Belém (BELEM) de coordenadas 01° 24' 31,66368" e 48° 27' 45,17859" W que apresentaram melhor precisão durante as tentativas de correção dos dados com as estações do IBGE mais próximas.

O ajustamento do nivelamento ao nível médio do mar é feito a partir de uma referência de nível (RN) conhecida, no caso deste trabalho; e na sua ausência, a partir da determinação do nível do mar, no momento da observação, na posição de refluxo máximo da onda na face de praia, sob condições de mar calmo, posteriormente corrigido com o auxílio de uma tábua de maré (MUEHE, 2004).

O pós-processamento (ajuste) dos dados obtidos pelos receptores GNSS segue dois passos segundo o Guia para Pós-processamento de pontos coletados por receptor GNSS Geodésico Trimble R4 No Programa Trimble Business Center Versão 2.60, no software Trimble Business Center (TBC) do mesmo fabricante dos aparelhos.

Após a correção dos dados topográficos, mediante o auxílio do software *Surfer 13*, foram gerados os mapas de topografia pelo método de *Triangulation with linear Interpolation*, que ajudaram na interpretação dos dados obtidos.

3.2.2. Análise granulométrica

As amostras de sedimentos superficiais de fundo foram coletadas simultaneamente ao levantamento topográfico. No total 84 amostras foram coletadas em 2019, sendo 22 amostras em fevereiro, 20 amostras em junho, 20 amostras em setembro e 22 amostras em dezembro. Todas as coletas foram realizadas em condições de maré baixa de sizígia, a partir do campo de dunas até a zona de inframaré, adotando uma malha de aproximadamente 50 metros.

A princípio as amostras foram lavadas com água filtrada e tratadas com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) para eliminação de sais e matéria orgânica, e após a lavagem, as amostras foram submetidas a uma temperatura constante de 60° C na estufa. Em seguida as amostras foram analisadas em um granulômetro a laser modelo CILAS 1190 (*particle size analyser*), e

os dados obtidos foram plotados em uma planilha do Excel para melhor visualização. Os gráficos foram plotados utilizando o software *Grapher 12*.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. MORFOLOGIA PRAIAL

Foram extraídos perfis de diferentes setores para um melhor monitoramento da praia (figura 2 A). É possível observar que o setor NO apresenta características erosivas, já a região mais urbanizada que está representada pelo setor CENTRO possui características intermediárias, enquanto o setor SE apresenta características acrescivas, como já descrito por Oliveira et al. (2014).

O setor NO (figura 2 B) possui menor extensão (cerca de 120 m) quando comparado aos outros setores, o que pode estar associado a maior exposição a incidência das frentes de ondas que predominam de NE. O setor CENTRO (figura 2 C), localizado na região mais urbanizada possui extensão de aproximadamente 140 m. A presença de bancos/barras arenosas contribuem para uma maior proteção do setor SE (figura 2 D), que possui cerca de 250 m de extensão, favorecendo assim a formação de dunas frontais no local. Foi possível observar a formação de calhas e barras arenosas nos setores CENTRO e SE nas zonas de intermaré em alguns meses, entretanto, devido à alta energia que predomina no setor NO é possível destacar a ausência dessas feições morfológicas.

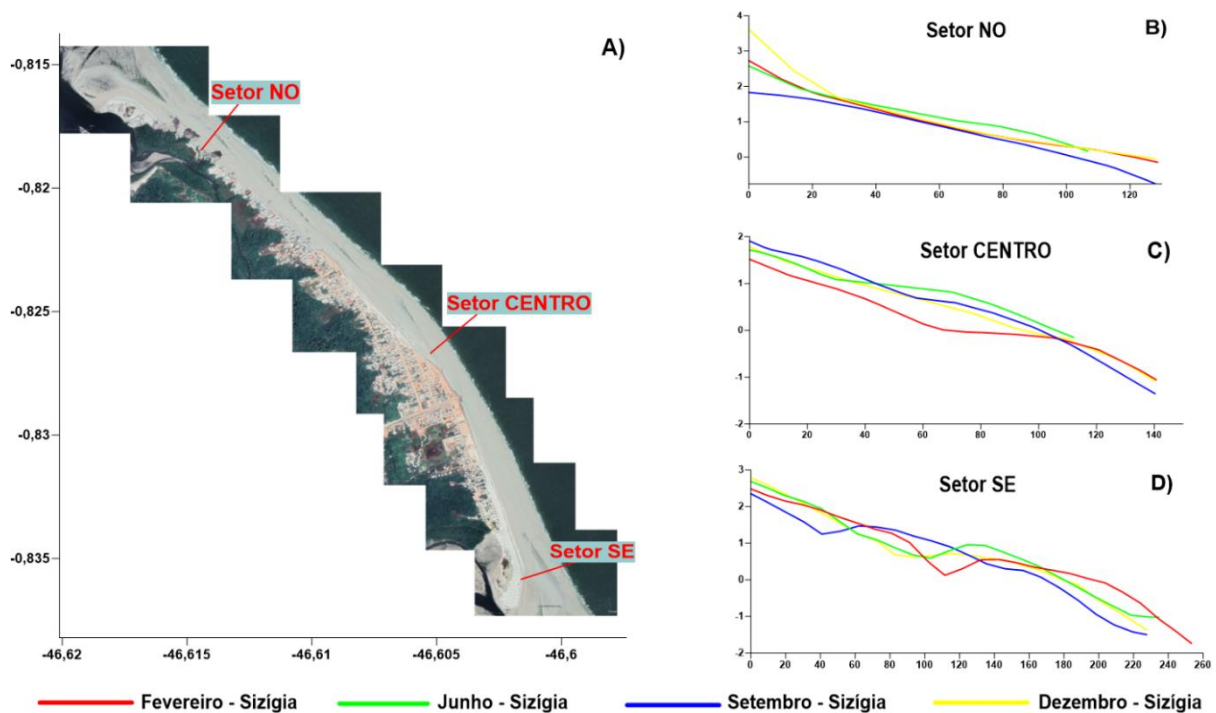


Figura 2: Mapa de comparações entre perfis topográficos em condição de maré de sizígia em diferentes períodos de 2019. Em A) Localização dos setores monitorados. Em B) Setor NO comparando os 4 períodos (fevereiro, junho, setembro e dezembro). Em C) Setor CENTRO comparando os 4 períodos (fevereiro, junho, setembro e dezembro). Em D) Setor SE comparando os 4 períodos (fevereiro, junho, setembro e dezembro).

Os dados altimétricos coletados nos quatro períodos, demonstram que as áreas mais altas estão localizadas próxima aos extremos da praia, com altura de ~2 a 4 metros, onde estão os

canais de maré da Barca (SE) e o canal do Chavascal (NO), essas áreas estão relacionadas a formação de dunas, onde as dunas mais altas estão localizadas no setor SE. As principais fontes de sedimento são a plataforma e o estuário do rio Caeté, onde o canal de vazante do estuário é paralelo a praia, sendo um fator importante para o transporte e retrabalhamento de sedimento da praia.

A região é marcada por correntes de maré com direção NO-SE, que predominam durante a maré enchente, e de SE-NO durante a maré vazante, que associadas a períodos de vazante superiores aos períodos de enchentes faz com que as correntes de enchente atinjam maiores intensidades e, conseqüentemente, transportem uma maior taxa de sedimentos do setor NO para o setor SE (PEREIRA et al., 2009).

Na comparação entre os dados de fevereiro e junho (figura 3 A), o setor NO sofreu mais processos erosivos, perdendo em média até ~0,7 a 2,5 metros de camada sedimentar de um mês para o outro em algumas áreas. Porém, no setor SE houve um padrão mais deposicional com média de ~ 0,5 a 1 metro de ganho de sedimento em algumas áreas. Em relação ao grau de seleção, a areia apresentou variação entre bem selecionada a moderadamente selecionada, com assimetria positiva e as amostras foram classificadas como “simétrica” nos dois períodos (apêndice A – tabela 1 e 2).

No caso de Ajuruteua, a provável elevação do nível do lençol freático gerado pelo aumento da precipitação e elevado nível da maré, conhecido por exfiltração, pode estar relacionada ao processo erosivo no setor NO, uma vez que esse processo é responsável por levar os sedimentos da parte superior para porção mais inferior da praia, e que além de causar um aumento na erosão, também dificulta ou mesmo impede a deposição de sedimentos.

O setor SE da praia de Ajuruteua é mais influenciado pelas dinâmicas diárias das marés, isso explica o padrão deposicional nesse setor entre os meses de fevereiro e junho, que no período de amostragem ainda foram influenciados pela precipitação, que contribui na descarga do rio Caeté, estuário adjacente ao setor SE da praia de Ajuruteua. Com o aumento da descarga do Caeté também há um maior transporte de sedimento do estuário para a costa, fazendo com que esse sedimento seja depositado na praia, uma vez que o canal de vazante do estuário do caeté é paralelo a praia de Ajuruteua.

Ao comparar os meses junho e setembro (figura 3 B), o padrão encontrado foi de pouca erosão no setor NO e deposição em toda a face da praia, onde no setor SE é possível observar uma elevada deposição de sedimento. Devido à baixa precipitação no período seco, o processo de exfiltração é amenizado e há o retorno desse sedimento para a porção mais superior do perfil. Os sedimentos mantiveram variação predominante entre bem selecionada a moderadamente selecionada, tendo apenas uma amostra de setembro classificada como “muito pobremente selecionada”, A assimetria variou de “simétrico” a “positiva”, tendendo a sedimentos finos (apêndice A – tabela 2 e 3).

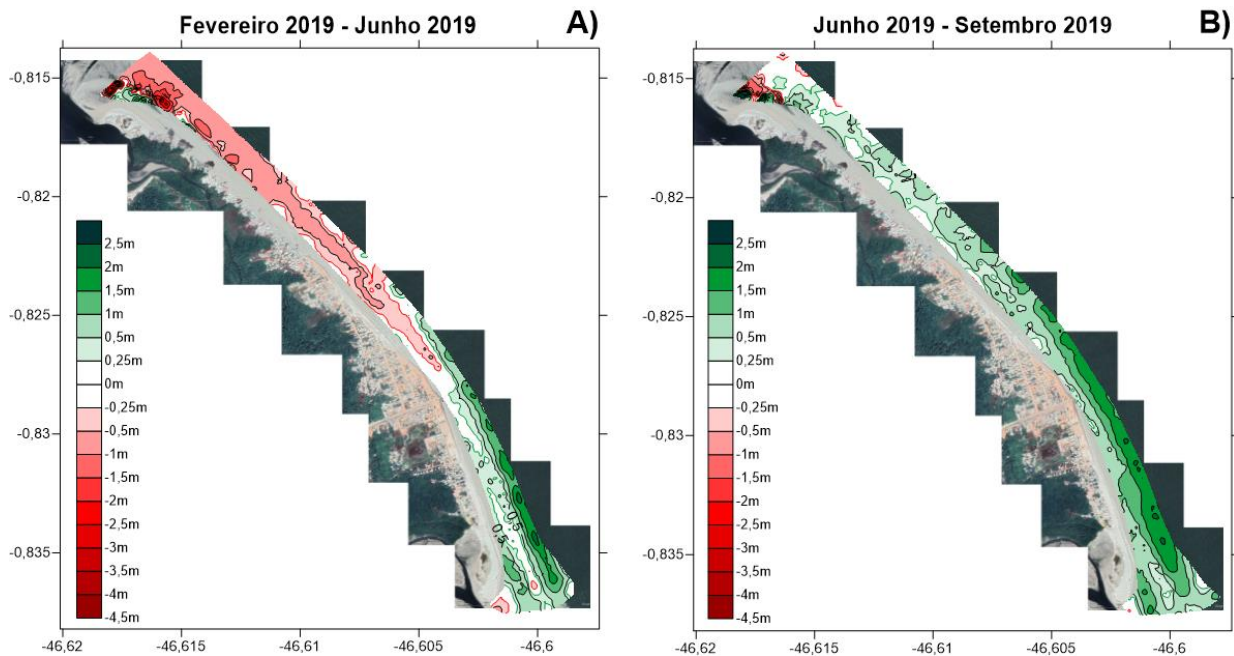


Figura 3: Mapa de comparação de dados topográficos mostrando as áreas que sofreram deposição e erosão em diferentes períodos de 2019. Em A) Fevereiro 2019 – Junho 2019. Em B) Junho 2019 – setembro 2019.

Quando comparado os meses setembro e dezembro de 2019 (figura 4 A), foi possível observar que praticamente quase não houve áreas com padrões deposicionais, pois em ambos os setores NO, CENTRO e SE, houve praticamente somente perda de sedimento “erosão”, com perdas de ~0,5 a 2,6 metros, ao longo de todo o setor praias. No mês de setembro e dezembro, os sedimentos se mostraram predominantemente como areia fina (apêndice A – tabela 3 e 4), com grau de seleção variando entre moderadamente selecionada e bem selecionada, mostrando um padrão semelhante aos do levantamento anterior.

Apesar dos setores NO e CENTRO se comportarem como um único setor apresentando características predominante erosivas e o setor SE apresente características acrescivas, ao examinar os dados de fevereiro e dezembro de 2019 (figura 4 B), constatou-se que a praia de Ajuruteua mostra uma propensão ao equilíbrio no que diz respeito aos processos erosivos e acrescivos. Entretanto a praia de Ajuruteua encontra-se em uma zona de risco por estar sujeita a alta energia hidrodinâmica local e a ações antrópicas.

Os dados de assimetria variaram entre positiva e simétrica. A assimetria positiva está relacionada ao padrão deposicional, enquanto a assimetria negativa está relacionada ao padrão erosivo (JESUS & ANDRADE, 2013). Oliveira (2017) associa a erosão do perfil CENTRO da praia com a formação de um extenso banco arenoso na frente da praia de Ajuruteua, o qual força o canal de maré fazendo com que as correntes de maré vazante e a deriva litorânea sejam os fatores predominantes para o transporte de sedimento entre as extremidades da praia, assim dificultando o suprimento de sedimentos na região central da praia, que apresenta recorrente erosão.

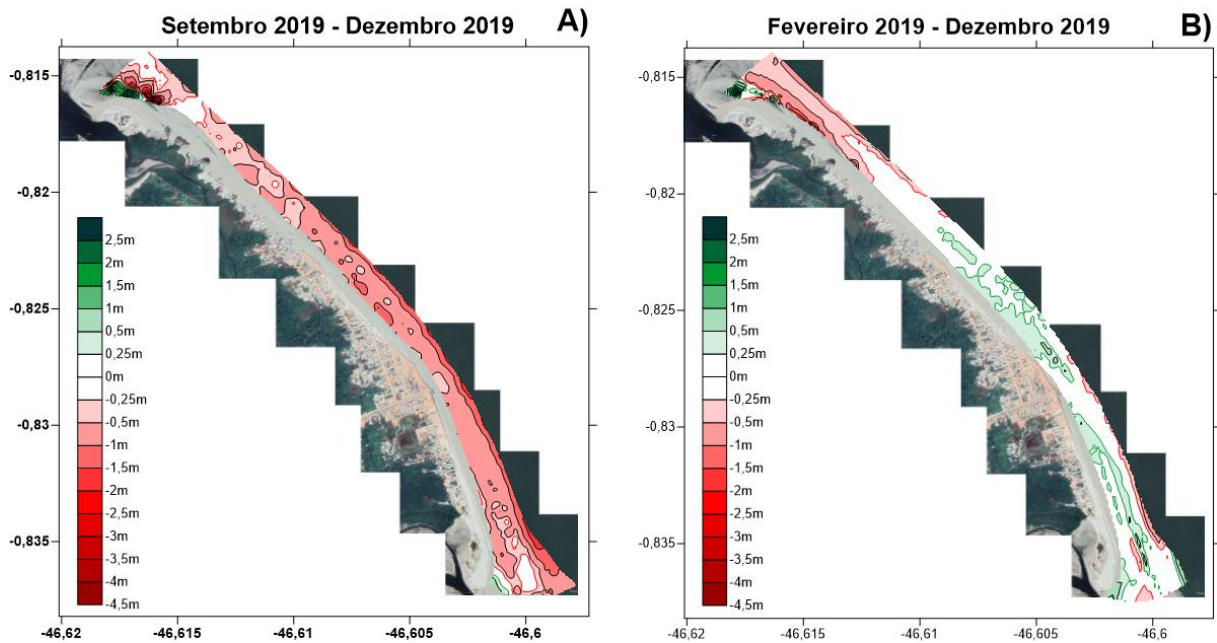


Figura 4: Mapa de comparação de dados topográficos mostrando as áreas que sofreram deposição e erosão em diferentes períodos. Em A) Setembro 2019 - Dezembro 2019. Em B) Fevereiro de 2019 - Dezembro 2022.

Outro fator importante para a erosão é a intervenção humana nos processos costeiros, que é constante na região central da praia. Devido ao intenso aumento da urbanização nessa área, o campo de dunas foi ocupado, e não se formam mais dunas neste local. Contudo, a urbanização em si não causa erosão, porém um muro de contenção construído recentemente dentro da faixa de resposta dinâmica da praia à energia das ondas tende a servir como guia de corrente, e assim a alta turbulência gerada pela construção não permite a deposição nessas áreas. Sendo possível observar esse comportamento nos dados coletados em 2022 após a construção do muro de contenção da orla de Ajuruteua (figura 5).

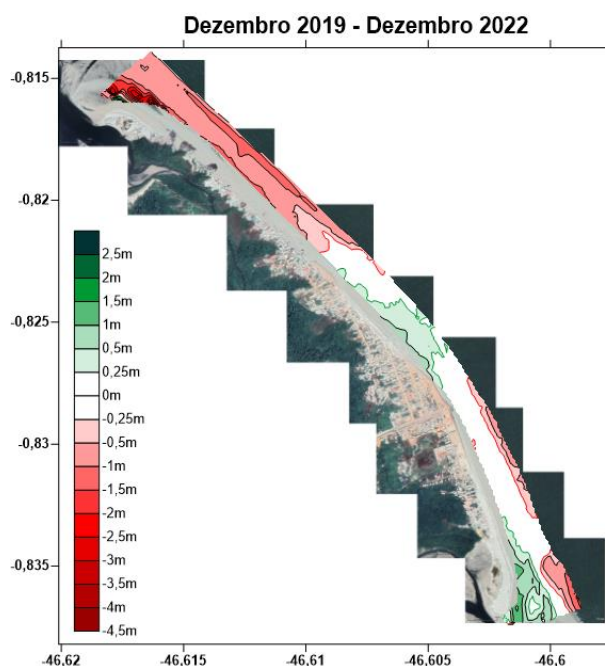


Figura 5: Mapa de comparação de dados topográficos mostrando as áreas que sofreram deposição e erosão em Dezembro de 2019 – Dezembro de 2022.

Em relação ao balanço sedimentar, a análise dos dados referentes ao ano de 2019 mostram ciclos de erosão e deposição em todos os setores. Contudo, ao comparar os dados coletados em 2019 com os dados de dezembro de 2022 (figura 6), é possível inferir que o muro de contenção, embora tenha favorecido uma leve redução da erosão, acabou reduzindo drasticamente a deposição, gerando um balanço sedimentar 7 vezes mais negativo.

Quando o balanço sedimentar é negativo, isto é, quando a saída/perda de sedimentos é maior que a entrada/ganho de sedimentos, ocorre déficit sedimentar, predominando o processo erosivo. Ou seja, a obra de proteção costeira aparentemente resolveu o problema de erosão na região mais central da praia, porém intensificou os processos erosivos nos demais setores.

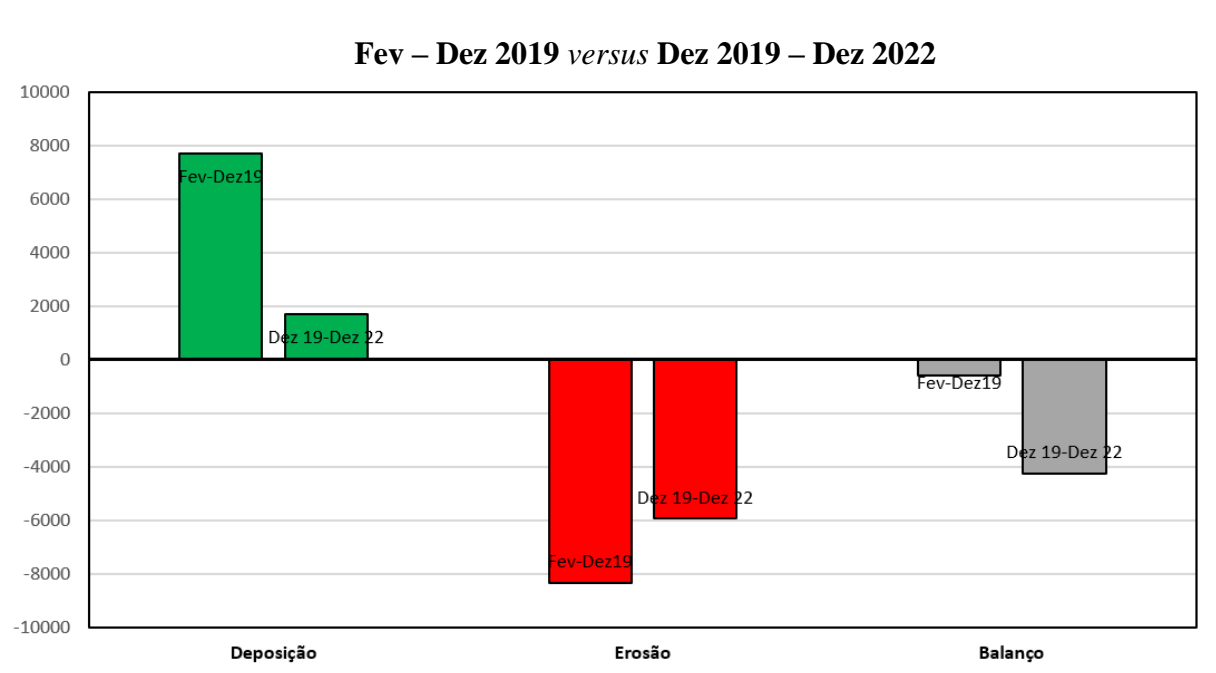


Figura 6: Gráfico mostrando a comparação do balanço sedimentar de Fev - Dez 2019 versus Dez 2019 - Dez 2022.

4.2. GRANULOMETRIA

Em relação a sedimentologia, foi possível observar uma baixa variação granulométrica, uma vez que a escala sedimentar encontrada foi de areia fina a muito fina, confirmando o que fora descrito por Braga (2007), que afirma que essa baixa variação na granulometria é atribuída ao fato de a principal fonte de sedimento ser a plataforma continental com areias transgressivas, apresentando um padrão homogêneo.

Em relação ao grau de seleção, em geral a areia mostrou variação entre bem selecionada e moderadamente selecionada em todos os períodos analisados. Esses dados confirmam que a plataforma continental é a principal fonte de sedimentos. Porém, quando se analisa os parâmetros granulométricos por setor longitudinal (NO, CENTRO e SE) é possível ver uma leve variação. Essa variação está associada a fatores como onda e maré, sendo a influência do transporte eólico, mais visível nos meses de setembro a outubro, período seco na região que favorece assim a movimentação dos grãos de sedimentos mais finos, pelo vento. Nos meses de

chuva, a maré produz mais variações granulométrica, que estão associadas a influência das descargas dos estuários adjacentes, como também pelo efeito de exfiltração.

Nas amostras de sedimento é possível ver que em média, a granulometria encontrada foi de areia fina. Essa tendência apresentou constante nos meses fevereiro, junho e dezembro (figura 5), já no mês de setembro a granulometria encontrada foi de areia muito fina a silte grosso (figura 6). Os padrões estatísticos da distribuição granulométrica são de areia muito bem selecionada. Os resultados obtidos indicam de uma maneira geral que não é possível observar uma tendência que pudesse ser atribuída ao ciclo sizígia-quadratura. O comportamento da assimetria variou sensivelmente entre os meses analisados, apresentando valores aproximadamente simétricos, apesar da existência de valores positivos e negativos.

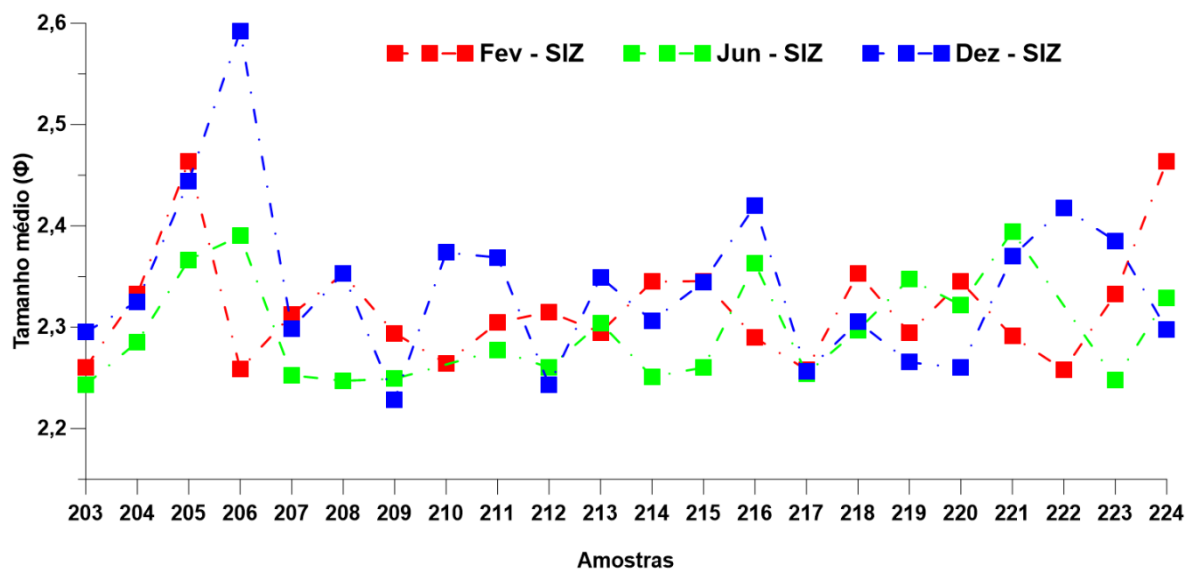


Figura 7: Gráfico mostrando a variação granulométrica dos meses de fevereiro, junho e dezembro de 2019.

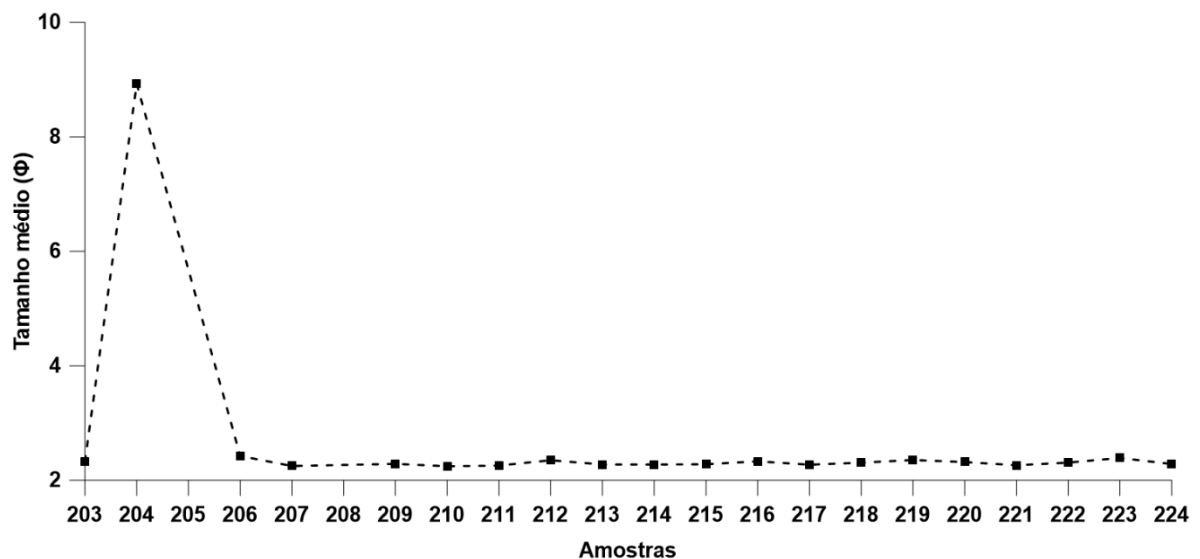


Figura 8: Gráfico mostrando a variação granulométrica do mês setembro de 2019.

5.CONCLUSÃO

Os pontos monitorados nos levantamentos realizados nos meses fevereiro, junho, setembro e dezembro de 2019 apresentaram morfodinâmica relativamente semelhante por apresentarem mesma predominância de classe granulométrica (areia fina) em todos os setores. Desse modo, é notável que a dinâmica influenciada pela variação intermareal, produz aspectos de erosão e deposição na face da praia, uma vez que as marés de sizígia amplificam a energia das ondas e geram fortes correntes que retrabalham as areias removidas da linha de costa, fazendo assim que o padrão seja mais de acresção de sedimento, produzindo assim menores modificações morfológicas em escala de tempo espaço. Na área de estudo em questão, esse fator já foi descrito por inúmeros trabalhos, onde se demonstra que a variação intermareal associada com as variações sazonais, são condicionantes essenciais para os aspectos de acreção e erosão.

Nesse contexto foi possível concluir a partir dos levantamentos feitos em 2019, que os fatores sazonais têm grande influência nas mudanças morfológicas da face da Praia de Ajuruteua. Quanto as mudanças sedimentológicas a sazonalidade se mostrou influente durante o período equinocial em setembro, onde as amostras desse período indicam uma característica erosiva independente do setor. Para as amostras dos meses de fevereiro, junho e dezembro, a sazonalidade não se mostrou um fator de tamanha relevância nas alterações sedimentares. Foram analisados outros fatores responsáveis por essa mudança, como as ondas, a direção dos ventos e as correntes de maré, que contribuem bem mais para o transporte de sedimento ao longo da face da praia, criando e modificando as áreas de dunas e causando alterações topográficas intensas em um curto espaço de tempo. que as mudanças nos perfis da região da face de praia e da antepraia de Ajuruteua varia de acordo com o regime de maré e precipitação, e fatores secundários como ondas e ventos.

O entendimento da morfodinâmica do ambiente costeiro, como variações nos perfis de praias em diferentes épocas e comportamento sedimentar, são de fundamental importância para entender a estabilidade do ambiente praial, e assim servir como ferramenta e subsídio para políticas de gerenciamento costeiro, bem como o planejamento e desenvolvimento de atividades humanas mais sustentáveis na região.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, V. M. et al. Estudo morfodinâmico durante uma maré equinocial de sizígia em uma praia de Macromaré do litoral amazônico (Praia de Ajuruteua-PA, Brasil). **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 60, 2007.
- BIRD, E. C. F. **Coastal geomorphology: an introduction**. England: 2nd Ed. Wiley, 2008. 384 p.
- BRAGA, F.P.S. Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Pará: um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo. 2007. 116f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. 2007.
- JESUS L.V & ANDRADE A.C.S. 2013. Parâmetros granulométricos dos sedimentos da praia dos Artistas – Aracaju - SE. *Scintia Plena*, Sergipe, 9 (5)-1-11.
- KOMAR, P. D. 1998. **Beach Processes and Sedimentation**, 2nd edition. New Jersey: Prentice-Hall. 544 p.
- MARTORANO, L. G. et al. **Estudos climáticos do estado do Pará, classificação climática (Koppen) e deficiência hídrica (Thornthwaite, Mather)**. SUDAM: EMBRAPA-SNLCS, 1993.
- MONTEIRO, M.C.; PEREIRA, L.C.C.; OLIVEIRA, M.O. Morphodynamic changes of a macrotidal sand beach in the Brazilian Amazon Coast (Ajuruteua – Pará). **Journal of Coastal Research**, Special Issue 56: 103-107. 2009.
- MUEHE, D. Definição de limites e tipologias de orla sob os aspectos morfodinâmicos e evolutivos. In: MMA/SQA; MP/SQU. **Projeto Orla: Subsídios para um projeto de gestão**. Brasília, DF, p. 13-32, 2004.
- OLIVEIRA, A.M. Morfodinâmica da Praia de Ajuruteua (Pará, Brasil) Sob Efeitos de Bancos Intermareais. Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-graduação em Biologia Ambiental - PPBA, Dissertação de Mestrado. 2017.
- OLIVEIRA, S. M. O.; PEREIRA, L. C. C.; VILA-CONCEJO, A. Morphodynamic processes in a macrotidal beach in the Amazon littoral. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, p. 125-136, 2014.
- PEREIRA, L.C.C., MENDES, C.M., MONTEIRO, M.C., ASP, N.E. 2009. Morphological and sedimentological changes in a macrotidal sand beach in the Amazon littoral (Vila dos Pescadores, Pará, Brazil). **Journal of Coastal Research**, SI 56: 113-117
- SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Methods, and Applications**. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 2003.
- SHORT, A. D. Australia Beach Systems – The Morphodynamics of Wave Through Tide-Dominated beach Dunes Systems. **Journal of Coastal Research**. SI 35. 07-20p. 2003.

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

SOUZA FILHO, P.W.M., TOZZI, H.A.M. & EL-ROBRINI, M. (2003) - Geomorphology, Land-Use and Environmental Hazards in Ajuruteua Macrotidal Sandy Beach, Northern Brazil. **Journal of Coastal Research**., SI35:580-589.

TANAJURA, E.L.X. Investigações quanto aos parâmetros que influenciam no processamento de dados GPS visando a geração do MDT do esporão arenoso da Ilha do Mel.2008. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches a Synthesis. **Marine Geology**, v. 56, 93-118p. 1984.

APÊNDICE A – DADOS GRANULOMÉTRICOS

Tabela 1: Resultados das análises granulométricas referente ao mês de fevereiro de 2019.

Amostras	Diâmetro médio	Classificação	Assimetria	Classificação	Grau de Seleção	Classificação
203	2,261	Areia fina	0,050	Simétrica	0,472	Bem selecionado
204	2,333	Areia fina	0,018	Simétrica	0,477	Bem selecionado
205	2,464	Areia fina	0,004	Simétrica	0,494	Bem selecionado
206	2,258	Areia fina	0,073	Simétrica	0,489	Bem selecionado
207	2,313	Areia fina	0,020	Simétrica	0,475	Bem selecionado
208	2,353	Areia fina	0,027	Simétrica	0,484	Bem selecionado
209	2,294	Areia fina	0,020	Simétrica	0,469	Bem selecionado
210	2,264	Areia fina	0,015	Simétrica	0,454	Bem selecionado
211	2,305	Areia fina	0,018	Simétrica	0,470	Bem selecionado
212	2,315	Areia fina	0,040	Simétrica	0,490	Bem selecionado
213	2,295	Areia fina	0,036	Simétrica	0,480	Bem selecionado
214	2,345	Areia fina	0,011	Simétrica	0,471	Bem selecionado
215	2,346	Areia fina	0,011	Simétrica	0,471	Bem selecionado
216	2,290	Areia fina	0,070	Simétrica	0,501	Moderadamente bem selecionado
217	2,258	Areia fina	0,033	Simétrica	0,463	Bem selecionado
218	2,353	Areia fina	0,027	Simétrica	0,484	Bem selecionado
219	2,294	Areia fina	0,036	Simétrica	0,480	Bem selecionado
220	2,345	Areia fina	0,011	Simétrica	0,471	Bem selecionado
221	2,291	Areia fina	0,069	Simétrica	0,500	Moderadamente bem selecionado
222	2,258	Areia fina	0,033	Simétrica	0,463	Bem selecionado
223	2,332	Areia fina	0,019	Simétrica	0,477	Bem selecionado
224	2,464	Areia fina	0,004	Simétrica	0,494	Bem selecionado

Tabela 2: Resultados das análises granulométricas referente ao mês de junho de 2019.

Amostras	Diâmetro médio	Classificação	Assimetria	Classificação	Grau de Seleção	Classificação
203	2,243	Areia fina	0,028	Simétrica	0,454	Bem selecionado
204	2,285	Areia fina	0,042	Simétrica	0,482	Bem selecionado
205	2,366	Areia fina	0,029	Simétrica	0,496	Bem selecionado
206	2,390	Areia fina	0,092	Simétrica	0,566	Moderadamente bem selecionado
207	2,252	Areia fina	0,066	Simétrica	0,482	Bem selecionado
208	2,247	Areia fina	0,052	Simétrica	0,470	Bem selecionado
209	2,249	Areia fina	0,082	Simétrica	0,490	Bem selecionado
211	2,277	Areia fina	0,036	Simétrica	0,475	Bem selecionado
212	2,260	Areia fina	0,093	Simétrica	0,502	Moderadamente bem selecionado
213	2,304	Areia fina	0,069	Simétrica	0,507	Moderadamente bem selecionado
214	2,251	Areia fina	0,050	Simétrica	0,471	Bem selecionado
215	2,260	Areia fina	0,041	Simétrica	0,469	Bem selecionado
216	2,363	Areia fina	0,052	Simétrica	0,521	Moderadamente bem selecionado
217	2,254	Areia fina	0,053	Simétrica	0,475	Bem selecionado
218	2,297	Areia fina	0,032	Simétrica	0,479	Bem selecionado
219	2,348	Areia fina	0,014	Simétrica	0,474	Bem selecionado
220	2,322	Areia fina	0,059	Simétrica	0,507	Moderadamente bem selecionado
221	2,394	Areia fina	0,055	Simétrica	0,532	Moderadamente bem selecionado
223	2,248	Areia fina	0,035	Simétrica	0,460	Bem selecionado
224	2,329	Areia fina	0,022	Simétrica	0,478	Bem selecionado

Tabela 3: Resultados das análises granulométricas referente ao mês de setembro de 2019.

Amostras	Diâmetro médio	Classificação	Assimetria	Classificação	Grau de Seleção	Classificação
203	2,330	Areia fina	0,011	Simétrica	0,470	Bem selecionado
204	8,929	Silte muito fino	0,119	Positiva	3,111	Muito pobremente selecionado
206	2,426	Areia fina	0,000	Simétrica	0,507	Moderadamente bem selecionado
207	2,249	Areia fina	0,062	Simétrica	0,477	Bem selecionado
209	2,287	Areia fina	0,010	Simétrica	0,460	Bem selecionado
210	2,245	Areia fina	0,022	Simétrica	0,449	Bem selecionado
211	2,257	Areia fina	0,055	Simétrica	0,478	Bem selecionado
212	2,350	Areia fina	0,045	Simétrica	0,510	Moderadamente bem selecionado
213	2,276	Areia fina	0,062	Simétrica	0,491	Bem selecionado
214	2,274	Areia fina	0,042	Simétrica	0,478	Bem selecionado
215	2,280	Areia fina	0,020	Simétrica	0,465	Bem selecionado
216	2,332	Areia fina	0,037	Simétrica	0,495	Bem selecionado
217	2,273	Areia fina	0,047	Simétrica	0,481	Bem selecionado
218	2,308	Areia fina	0,016	Simétrica	0,469	Bem selecionado
219	2,355	Areia fina	0,016	Simétrica	0,476	Bem selecionado
220	2,319	Areia fina	0,030	Simétrica	0,485	Bem selecionado
221	2,263	Areia fina	0,051	Simétrica	0,479	Bem selecionado
222	2,309	Areia fina	0,042	Simétrica	0,491	Bem selecionado
223	2,391	Areia fina	-0,008	Simétrica	0,481	Bem selecionado
224	2,284	Areia fina	0,007	Simétrica	0,458	Bem selecionado

Tabela 4: Resultados das análises granulométricas referente ao mês de dezembro de 2019.

Amostras	Diâmetro médio	Classificação	Assimetria	Classificação	Grau de Seleção	Classificação
203	2,295	Areia fina	0,026	Simétrica	0,474	Bem selecionado
204	2,325	Areia fina	0,031	Simétrica	0,487	Bem selecionado
205	2,444	Areia fina	0,011	Simétrica	0,511	Moderadamente bem selecionado
206	2,592	Areia fina	0,027	Simétrica	0,525	Moderadamente bem selecionado
207	2,298	Areia fina	0,053	Simétrica	0,495	Bem selecionado
208	2,353	Areia fina	0,009	Simétrica	0,470	Bem selecionado
209	2,229	Areia fina	0,057	Simétrica	0,463	Bem selecionado
210	2,374	Areia fina	0,059	Simétrica	0,531	Moderadamente bem selecionado
211	2,369	Areia fina	0,048	Simétrica	0,520	Moderadamente bem selecionado
212	2,243	Areia fina	0,057	Simétrica	0,471	Bem selecionado
213	2,349	Areia fina	0,008	Simétrica	0,469	Bem selecionado
214	2,306	Areia fina	0,036	Simétrica	0,484	Bem selecionado
215	2,345	Areia fina	0,043	Simétrica	0,506	Moderadamente bem selecionado
216	2,420	Areia fina	0,006	Simétrica	0,510	Moderadamente bem selecionado
217	2,256	Areia fina	0,050	Simétrica	0,474	Bem selecionado
218	2,305	Areia fina	0,016	Simétrica	0,469	Bem selecionado
219	2,265	Areia fina	0,039	Simétrica	0,470	Bem selecionado
220	2,260	Areia fina	0,046	Simétrica	0,472	Bem selecionado
221	2,370	Areia fina	-0,012	Simétrica	0,477	Bem selecionado
222	2,418	Areia fina	-0,007	Simétrica	0,471	Bem selecionado
223	2,385	Areia fina	-0,014	Simétrica	0,471	Bem selecionado
224	2,298	Areia fina	0,020	Simétrica	0,470	Bem selecionado