LUMEN ET VIRTUS
ISSN: 2177-2789

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO EROSIVO E CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DA BARRA ARENOSA NA FOZ DO RIO ITABAPOANA, PRESIDENTE KENNEDY-ES

https://doi.org/10.56238/levv15n41-021

Data de submissão: 04/09/2024 **Data de publicação:** 04/10/2024

Jenesca Florencio Vicente de Lima
Doutora em Produção Vegetal (UFES)
Docente e pesquisadora na Universidade Federal do Espirito Santo (UFES)

Breno Lafratta Calandrelli
Bacharel em Geologia (UFES)
Universidade Federal do Espirito Santo (UFES)

Cristiano José de Lima
Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (UFES)
Universidade Federal do Espirito Santo (UFES)

RESUMO

O estado do Espírito Santo, apesar de ser o menor da região Sudeste, apresenta uma significativa diversidade nas variações entre os efeitos de retrogradação e progradação costeira. Essa dinâmica é influenciada por uma complexa interação de fatores variáveis, como a geomorfologia da costa, a hidrodinâmica e a geologia, que afetam diretamente as cidades costeiras e seu desenvolvimento. Os objetivos deste estudo são compreender o fenômeno da erosão costeira e analisar o comportamento morfológico da barra arenosa na foz do Rio Itabapoana e na Praia das Neves, gerando informações relevantes para a preservação do ambiente costeiro e minimizando perdas materiais nas áreas urbanas adjacentes ao mar. Este trabalho utilizou ferramentas como o Radar de Penetração de Solo (GPR) para a interpretação de radarfácies, além de sensoriamento remoto e metodologias de geoprocessamento de imagens de satélite, combinadas com estudos de caracterização sedimentológica aplicados à Geologia Ambiental. A integração dos dados de GPR revelou uma dinâmica sedimentar complexa, com refletores que indicam a progradação dos depósitos de praia, além de influências eólicas, fluviais e marinhas, observando-se a presença de paleocanais preenchidos e depósitos fluviais. A análise das imagens de satélite permitiu identificar variações na morfologia da praia e a localização da barra arenosa na foz do Rio Itabapoana, que apresenta padrões de migração na direção norte-sul. A compilação dos resultados sugere que a erosão costeira na região é cíclica, alternando entre momentos de progradação e retrogradação ao longo do período analisado, reflexo de um complexo ambiente costeiro que envolve fatores climáticos e dinâmicas marinhas e fluviais. Os sedimentos analisados mostraram-se bem selecionados, variando de fração fina a média, com os sedimentos finos pesados oriundos do Orógeno Araçuaí-Ribeira, apresentando baixa maturidade textural.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. GPR. Sedimentologia. Erosão Costeira.

1 INTRODUÇÃO

Durante décadas, a discussão sobre as consequências das mudanças climáticas, como a intensificação de fenômenos naturais, tem sido amplamente abordada por acadêmicos, agências governamentais e ONGs. Catástrofes são noticiadas com frequência crescente, tanto devido a agentes naturais — como correntes geradas por ondas e marés, ventos, tempestades, intemperismo e erosão — quanto a modificações provocadas por agentes antrópicos, como ocupação desordenada, supressão de vegetação e alterações na paisagem (Albino et al., 2006; Teixeira et al., 2009; Albino et al., 2010).

Na região costeira do Brasil, que se estende por cerca de 8.000 km e abriga capitais e cidades de grande relevância econômica, os prejuízos causados pela erosão geram preocupação entre a população e as autoridades. Embora a erosão seja um fenômeno natural, a forma como os seres humanos lidam com essa questão é crucial para a manutenção e prevenção de novos desastres (Albino et al., 2006; Teixeira et al., 2009; Albino et al., 2018).

Diante desse cenário, a Praia das Neves foi escolhida como objeto de estudo. Apesar de sofrer pouca alteração antrópica, a análise bibliográfica e as imagens de satélite revelaram uma intensa variação da linha de costa. Conversas com moradores locais indicaram que a prefeitura implementou ações para mitigar os avanços do mar e das dunas, como aterros na faixa de Pós-Praia e Costa, já que a região é dominada por paleocordões litorâneos.

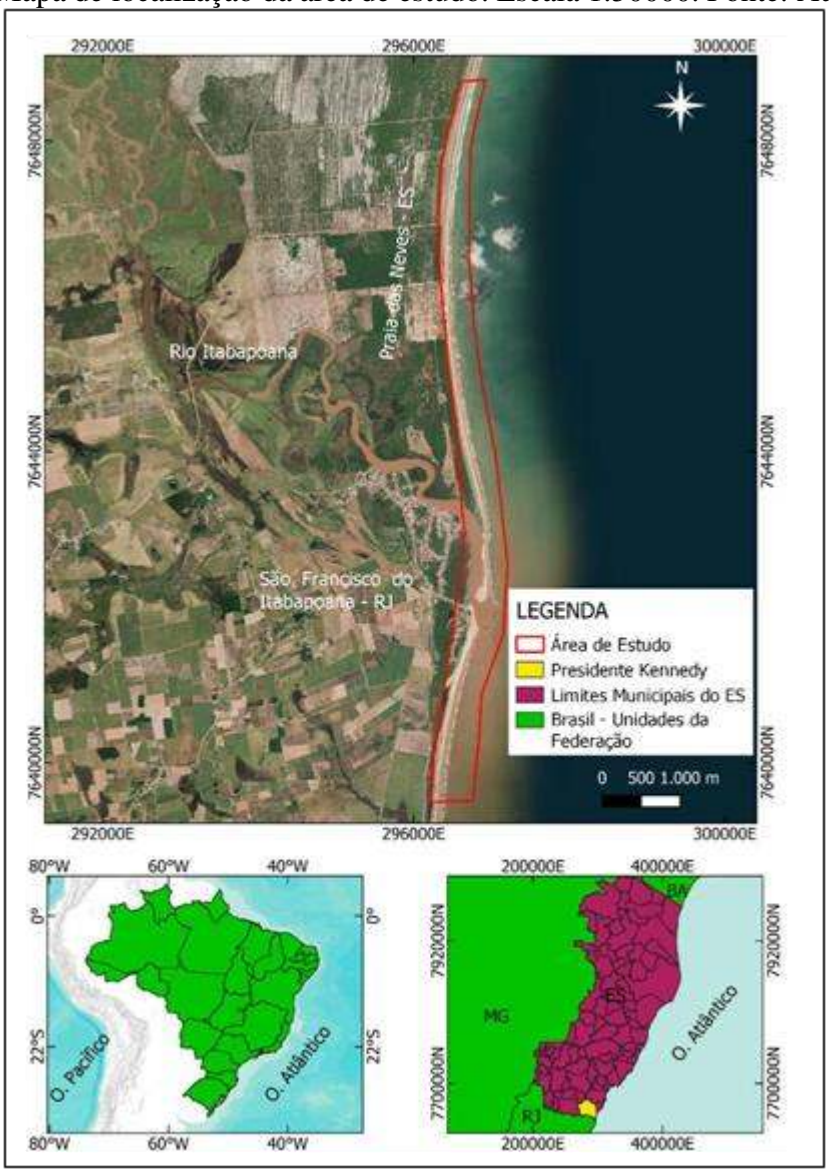
Este estudo é relevante, pois há poucos trabalhos semelhantes na área, e oferece a oportunidade de transformar uma pesquisa acadêmica em material que ajude a compreender e visualizar os efeitos erosivos locais, além de informar a população sobre a prevenção de eventos futuros. Assim, a pesquisa contribui com informações de sensoriamento remoto, caracterização sedimentológica e aplicações geofísicas, apoiando o desenvolvimento dos municípios, o bem-estar da população e a manutenção sustentável da região costeira.

1.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O trabalho foi realizado na região da foz do Rio Itabapoana, que marca a divisa entre os estados do Espírito Santo e do Rio de Janeiro, especificamente nos limites municipais de Presidente Kennedy (ES) e São Francisco do Itabapoana (RJ) (Figura 1). As atividades se concentraram na Praia das Neves, localizada no lado capixaba.

A área de estudo é acessível pela Rodovia Governador Mário Covas (BR-101), em Cachoeiro de Itapemirim (ES). Seguindo em direção ao sul, entre os km 421 e 422, encontra-se o trevo que dá acesso ao município de Presidente Kennedy. A partir desse trevo, é possível acessar a via ES-162, que leva ao centro da cidade. Para chegar à Praia das Neves, deve-se seguir pela ES-060, que, no sentido sul, conduz até o distrito de Praia das Neves.

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Escala 1:50000. Fonte: Autor, 2023.



2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral interpretar e analisar a evolução da barra arenosa na região da foz do Rio Itabapoana. Para melhor entender os efeitos costeiros de retrogradação e progradação na área de estudo, utilizou-se o geoprocessamento de imagens de satélite, permitindo a definição da evolução da margem costeira de sedimentos.

Os objetivos específicos deste trabalho incluíram a elaboração de mapas temáticos que ilustrem a evolução da barra arenosa e da margem costeira, a fim de avaliar a dinâmica da morfologia costeira; o uso de dados geofísicos (GPR) para obter informações sobre o comportamento da sedimentação em subsuperfície; a caracterização sedimentológica por meio da coleta de amostras, utilizando metodologias existentes para entender os minerais e suas características deposicionais; e a geração de informações coerentes para promover a preservação do ambiente costeiro de interação flúvio-marinha, visando informar autoridades e a população local da região da foz do Rio Itabapoana.

3 GEOLOGIA LOCAL

De acordo com Heilbron et al. (2016) e Nascimento (2018), os depósitos litorâneos quaternários holocênicos são amplamente observados ao longo da costa norte fluminense e ao sul da porção capixaba. Esses depósitos podem ter espessura que varia de dezenas de metros a quilômetros, especialmente nas proximidades da foz de rios, barras e paleocordões arenosos. Trata-se de um ambiente caracterizado por interações deposicionais (Figura 2) entre processos flúvio-marinhos e eólicos, o que evidencia a complexidade dos efeitos de retrabalhamento da linha costeira (Rocha e Fernandez, 2013; Sousa et al., 2017; Albino et al., 2018).

Figura 2: Praia das Neves, Presidente Kennedy-ES. (A) barra arenosa na foz do Rio Itabapoana (B) zona de pós praia com interação eólica (C) zona de praia na frente da orla do distrito. Fonte: Autor, 2023.



Os paleocordões arenosos são registros sedimentares recentes, resultantes da variação eustática do nível do mar, com a mudança mais significativa ocorrendo há cerca de cinco mil anos, quando houve uma variação de aproximadamente quatro metros. Esses depósitos marcam antigas linhas de praia e são retrabalhados por sistemas fluviais e eólicos, que alteram a morfologia dos paleocordões. A barra arenosa, por sua vez, forma-se devido à interação flúvio-marinha estuarina, depositando sedimentos nas desembocaduras dos rios (Teixeira et al., 2009; Heilbron et al., 2016; Albino et al., 2018).

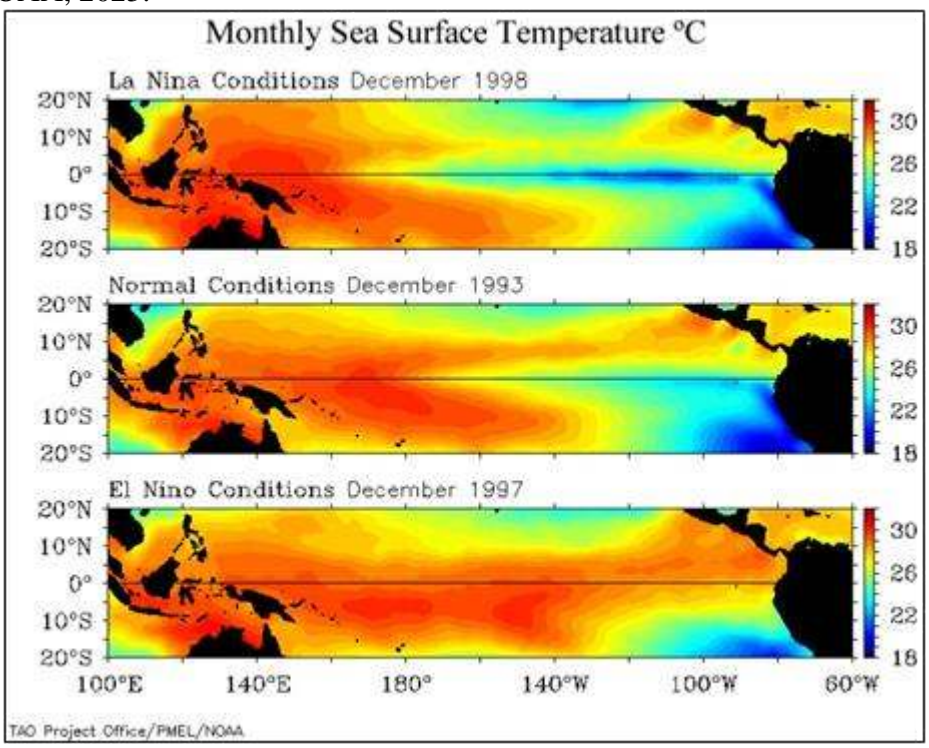
A composição dos sedimentos quaternários é, em geral, bem selecionada, variando de médio a grosso, com predominância de quartzo. Também são encontrados minerais pesados, conchas marinhas e silte rico em matéria orgânica. As estruturas sedimentares são caracterizadas por laminações planas paralelas, assim como superfícies costeiras e eólicas, com granulação mais fina (Heilbron et al., 2016; Sousa et al., 2017; Nascimento, 2018).

Embora haja poucos estudos na área de pesquisa e nas proximidades, autores como Souza et al. (2017) caracterizaram as frações granulométricas e descreveram os minerais pesados presentes em São Francisco do Itabapoana (RJ). Nascimento (2018) utilizou GPR para investigar os paleocordões. O ambiente é predominantemente composto por areias finas a médias, de origem marinha e fluvial. Os minerais identificados incluem anfibólio, apatita, biotita, cianita, epidoto, espinélio, estaurolita, granada, ilmenita, limonita, monazita, moscovita, piroxênio, rutilo, silimanita, turmalina e zircão.

3.1 EROSÃO COSTEIRA

Diante do cenário nacional, diversas praias e cidades ao longo da costa brasileira estão sendo duramente afetadas, em parte, por ações antrópicas, como a ocupação desordenada e a supressão da vegetação, além da intensificação dos fenômenos climáticos, entre os quais se destaca o El Niño. Este fenômeno natural sazonal, caracterizado pela elevação da temperatura média das águas do Pacífico equatorial (Figura 3), provoca alterações nos sistemas de circulação atmosférica global, afetando o transporte de umidade, as temperaturas e a precipitação (NOAA, 2023; CPTEC/INPE, 2023).

Figura 3: Temperadora da superfície do mar em ºC em condições normais, no El Nino e na La Nina.Fonte: NOAA, 2023.



Os efeitos do El Niño geram consequências catastróficas de Norte a Sul do Brasil, um país de dimensões continentais localizado na Plataforma Sul-Americana. Por se tratar de uma nação subdesenvolvida e desigual, muitas regiões não contam com planos de prevenção a desastres nem com infraestrutura ou planejamento urbano adequados para lidar com esses eventos climáticos, mesmo que estejam previstos em diretrizes federais, estaduais e municipais (Teixeira, 2009; Albino et al., 2018; Nascimento, 2018).

No Norte do país, a seca severa resulta na estiagem dos rios, comprometendo o principal meio de transporte socioeconômico local: o fluvial. Enquanto isso, as regiões Sul e Sudeste enfrentam fortes tempestades (Figura 4), causadas por zonas de baixa pressão atmosférica que favorecem a formação de ciclones; só em 2023, já foram registrados mais de uma dezena desses eventos (Teixeira, 2009; Albino et al., 2018; Nascimento, 2018; NOAA, 2023; CPTEC/INPE, 2023).

É importante também mencionar o fenômeno La Niña, que ocorre de forma sazonal, mas com menor frequência que o El Niño. La Niña é caracterizada pelo resfriamento das águas no Oceano Pacífico (Figura 3), próximo à costa do Peru. Esse fenômeno altera a circulação atmosférica global, resultando em uma taxa de evaporação mais baixa, o que se traduz em menores índices de precipitação, maior estiagem e mudanças nos padrões de vento, afetando o clima global. No Brasil, os impactos dessas alterações incluem seca e ondas de calor no Sul, clima frio e seco a úmido no Sudeste e temperaturas quentes e úmidas, com maior precipitação, no Norte do país (NOAA, 2023; CPTEC/INPE, 2023).

Figura 4: Ilustração de diferentes regiões do Brasil, com forte aspectos erosivo. (A) Praia do Campeche, Florianópolis-SC (B) Praia de Massaguaçu, Caraguatatuba-SP (C) Praia de Ponta Negra, Natal-RN (D) Praia de Atafona, São João da Barra-RJ. Fonte: Sites jornalísticos regionais.



O estado do Espírito Santo, embora seja o menor da região Sudeste, apresenta uma significativa variação nos efeitos de retrogradação e progradação costeira, resultante de uma complexa interação de fatores, como geomorfologia da costa, hidrodinâmica e geologia. Esses fatores impactam diretamente as cidades costeiras e seu desenvolvimento. No Norte do estado, localidades como Conceição da Barra, Regência, Marataízes e Presidente Kennedy enfrentam uma forte tendência erosiva (Figura 5), uma realidade frequentemente noticiada pela imprensa e evidenciada pelo Projeto do Ministério do Meio Ambiente (MMA) intitulado “Panorama da Erosão Costeira no Brasil” (Albino et al., 2018; Nascimento, 2018).

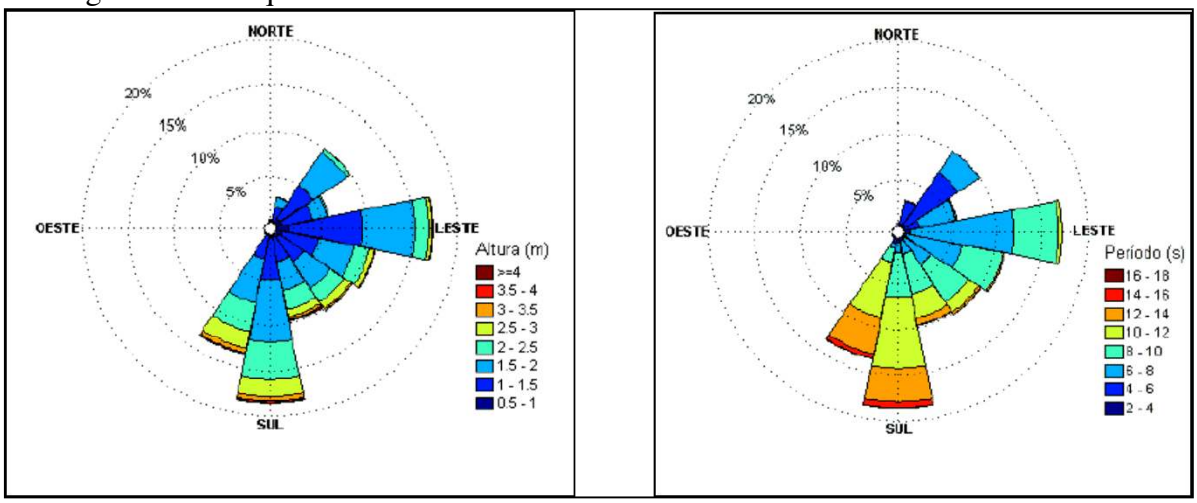
Figura 5: Ilustração de diferentes regiões do estado do ES, com forte aspectos erosivo. (A) trecho de rodovia aterrado Anchieta-ES (B) Rodovia erodida pelas ondas na Praia de UBU (C) Praia da Areia Preta, Guarapari-ES (D) Praia das Neves em 1970 (E) Praia das Neves em 2013 (F) Praia das neves em 2022. Fonte: Sites jornalísticos regionais e Defesa Civil.



A Praia das Neves, em Presidente Kennedy, localiza-se em uma área costeira composta por planícies flúvio-marinhas quaternárias. A presença da foz do Rio Itabapoana aumenta a susceptibilidade à erosão costeira, agravada pelos cordões litorâneos, que promovem migrações e formação de dunas, especialmente devido aos intensos ventos característicos desta região, a mais ventosa do estado. Esta planície quaternária possui uma praia classificada entre os estágios morfodinâmicos intermediário e dissipativo, inserida no Setor 5 da subdivisão da morfologia costeira, que se estende da margem norte do Rio Itabapoana até o Rio Itapemirim (Albino et al., 2018).

O regime de maré é de micro-maré, com amplitude máxima de 1,7 m. Durante o verão e a primavera, o regime de ventos é dominado pelo Anticiclone do Atlântico Sul, resultando em ventos predominantes de direção leste (E) e nordeste (NE), caracterizando uma costa dissipativa (DHN 2015 Apud Albino et al., 2018). Conforme ilustrado na Figura 6, no outono e inverno, frentes polares vindas do sul deslocam-se em direção ao norte, gerando ondas de sudeste (SE) e sul (S), que são mais intensas que os ventos predominantes. Essas ondas podem atingir até 2,0 m em condições de tempestade (Albino et al., 2018; Nascimento, 2018).

Figura 6: (Esquerda) Gráfico de altura e direção das ondas ao longo do ano (Direita) gráfico com o período em segundos da frequência das ondas. Fonte: Defesa Civil.



4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia ocorreu de acordo com seis etapas principais: levantamento bibliográfico, Geoprocessamento, levantamento geofísico, coletas de amostras, análise granulométrica e descrição sedimentológica. Cada etapa está descrita a seguir.

4.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O trabalho teve início com um levantamento bibliográfico, focando na busca por estudos relacionados à área de Presidente Kennedy, Praia das Neves-ES. No entanto, observou-se a escassez de pesquisas sobre o tema na região, o que levou à consulta de trabalhos com temáticas semelhantes realizados em diversas partes do Brasil, abordando tópicos como caracterização geofísica, geoprocessamento, análises granulométricas, estratigráficas e unidades geológicas. No decorrer da aplicação das metodologias, novas pesquisas foram ocasionalmente realizadas para complementar com informações relevantes de estudos em ambientes semelhantes.

4.2 GEOPROCESSAMENTO

Nesta etapa, foi utilizado o programa de geoprocessamento e sensoriamento remoto QGIS, versão 3.22. As imagens de satélite foram obtidas gratuitamente no portal Earth Explorer, mantido pelo USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos), e adquiridas por meio dos satélites LANDSAT 5 (L5) e LANDSAT 8 (L8), cobrindo o período de 2000 a 2010 e 2013 a 2023, com 0% de cobertura de nuvens e resolução multiespectral de 30 m.

O processamento foi realizado com base em metodologias parcialmente adaptadas dos trabalhos de Akel (2010) e Rodrigues & Souza Filho (2011). Para o LANDSAT 5, a composição das bandas foi R4-G5-B3, enquanto para o LANDSAT 8 foi R5-G6-B4. A reclassificação teve como objetivo destacar a refletância dos sedimentos, em especial nas faixas arenosas, na vegetação de restinga e na mancha

urbana. Após gerar novas imagens em formato raster, foi feito o recorte da área de estudo, identificando-se os valores dos pixels. Em seguida, utilizando a ferramenta de reclassificação por tabela, foi realizado o processamento em lote, atribuindo valores de 0 e 1 aos pixels (Tabela 1).

Tabela 1: Determinação dos valores dos pixels para o processamento de reclassificação por tabela. Fonte: Autor, 2023.

Valor do pixel	Valor determinado para reclassificação	Ambiente descrito
0 – 14000	0	Vegetação, água e cidade
14000 – 40000	1	Sedimentos (praia e barra)

Por fim, as imagens reclassificadas em formato matricial foram vetorizadas e transformadas em arquivos vetoriais utilizando as ferramentas disponíveis no QGIS. Esse processo permitiu a avaliação da extensão dos sedimentos na área de estudo, em metros quadrados. Os mapas gerados para cada ano avaliado foram confeccionados na escala gráfica de 1:90.000, seguindo o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator, com o Datum Horizontal WGS84/Zona 24S, conforme apresentado ao longo do trabalho.

4.3 LEVANTAMENTO GEOFÍSICO (GPR)

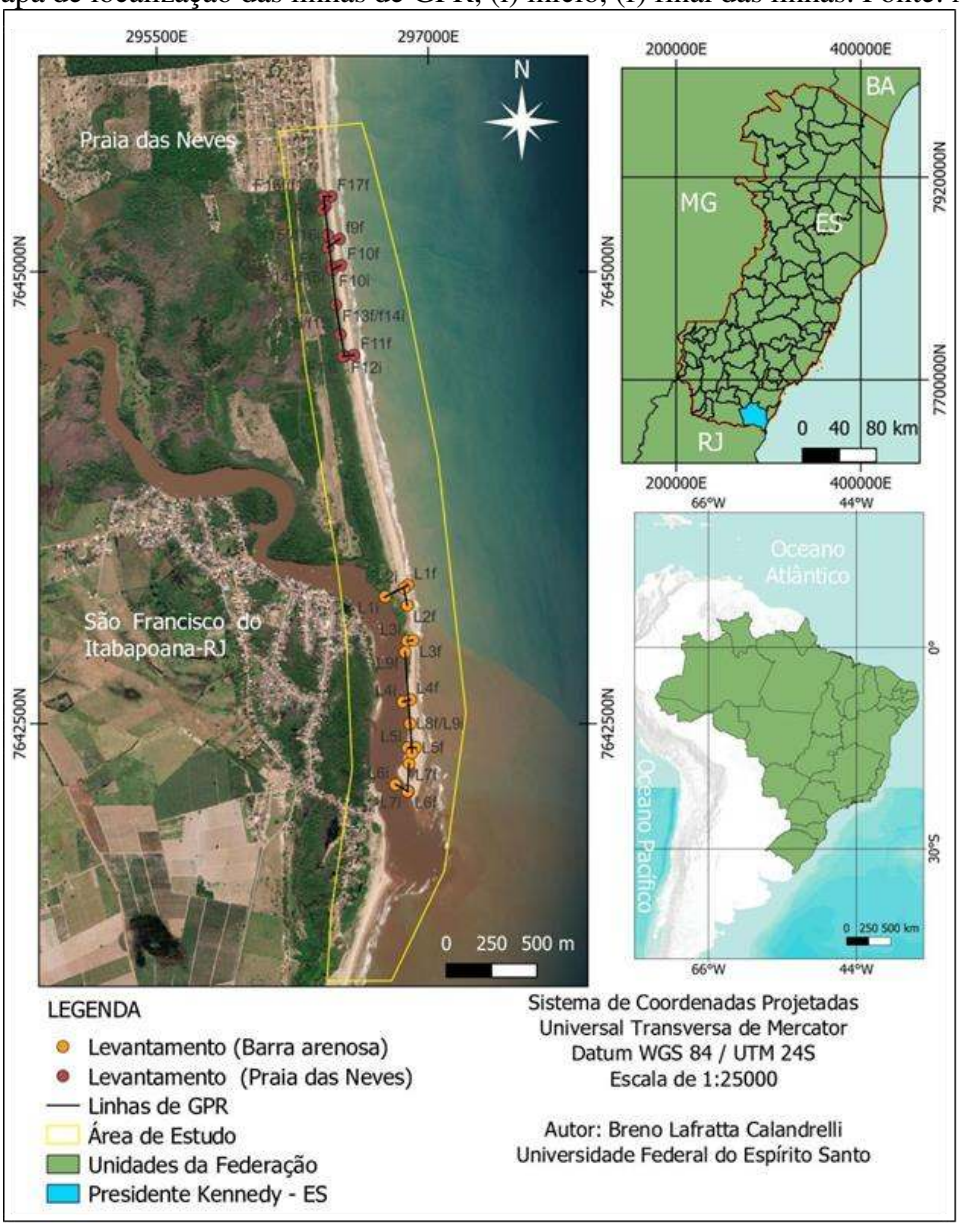
O georradar, ou GPR (Ground Penetrating Radar), é um método geofísico que emite um pulso curto de ondas eletromagnéticas com a frequência fixa da antena transmissora, direcionadas ao solo. Parte dessa onda é refletida nos horizontes, dependendo das diferenças nas propriedades elétricas do material, enquanto a outra parte se propaga e se dissipa no meio. Essas variações ocorrem devido à presença de água doce ou salgada e estão relacionadas a fatores como variações sedimentológicas (tamanho dos grãos), porosidade e compactação. A onda refletida é captada pelo receptor da antena, que amplifica, digitaliza e armazena o sinal no equipamento, gerando uma imagem 2D do transecto percorrido, permitindo a visualização do substrato em subsuperfície no visor do equipamento (Kearey, Brooks e Hill, 2009; Duarte, 2016; Leandro, 2018).

O levantamento foi realizado utilizando um sistema de aquisição de dados por georradar (Figura 4). O equipamento, modelo SIR-2000 da Geophysical Survey Systems, Inc. (GSSI™), estava disponível no Departamento de Geologia (DGEO) e foi acoplado a uma antena de 200 MHz e a um medidor de distância.

Durante o trabalho de campo (Figura 7), foram levantadas mais de dezoito linhas. No entanto, devido à pouca variação de refletores entre elas, apenas cinco linhas, com comprimentos variando de

dezenas a centenas de metros, serão apresentadas, contemplando as variações de ambientes e refletores na área de estudo.

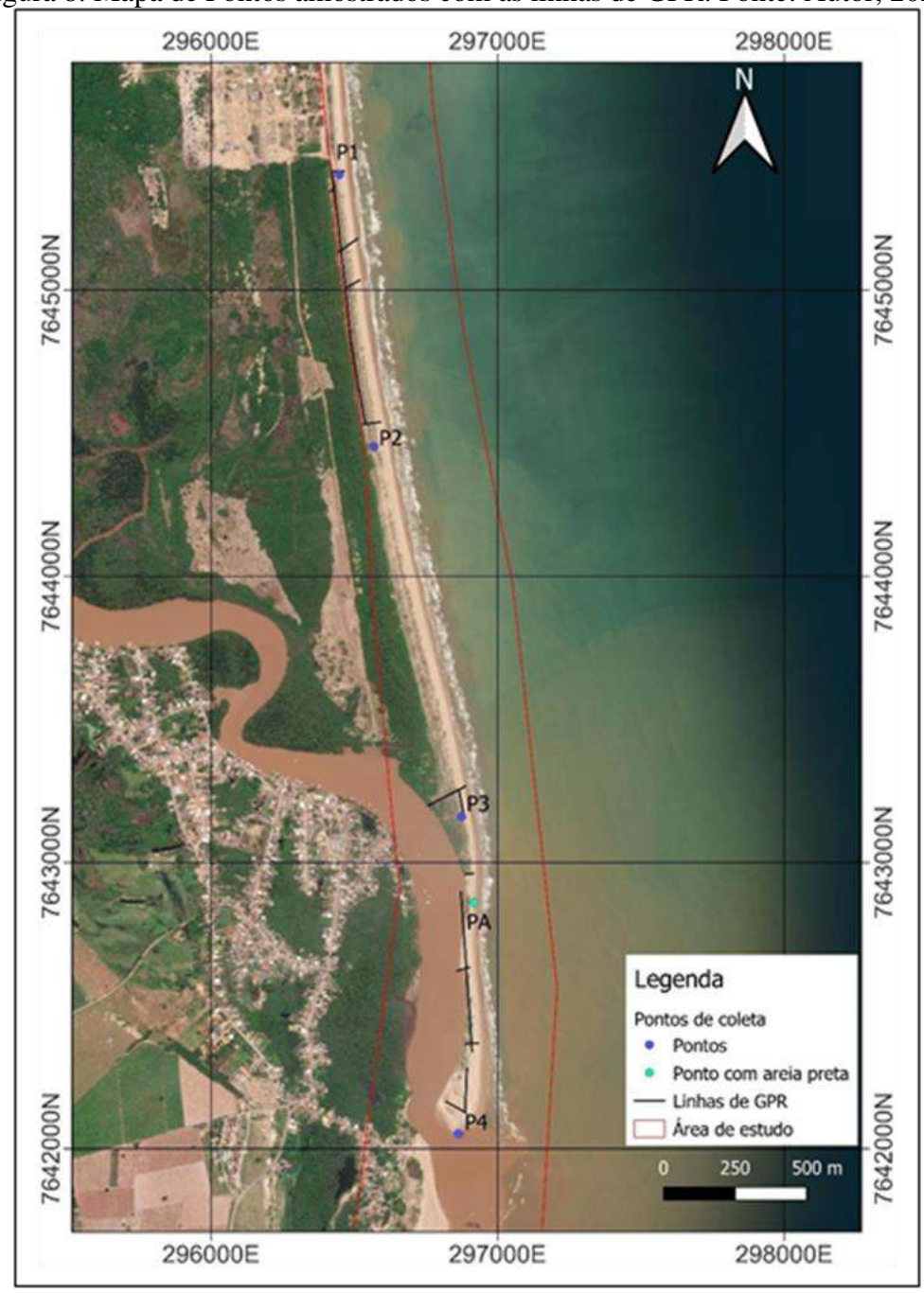
Figura 7: Mapa de localização das linhas de GPR, (i) início, (f) final das linhas. Fonte: Autor, 2023.



4.4 COLETA DE AMOSTRAS

As amostras foram coletadas em cinco pontos: duas ao longo da Praia das Neves (P1 e P2), uma em uma zona de interação entre a praia e a barra arenosa (P3), uma na barra arenosa próxima à desembocadura do Rio Itabapoana (P4), e a amostra de areia preta foi coletada no centro da barra (PA) (Figura 8).

Figura 8: Mapa de Pontos amostrados com as linhas de GPR. Fonte: Autor, 2023.



Foram retiradas duas amostras nos pontos, sendo uma de 0-20 cm e entre 80-100 cm

(Figura 8), o ponto PA somente em superfície. Para realizara perfuração nos locais de coleta, foi empregado o uso de inchada e trado mecânico para realizar retirada de material descartado e o trado manual que auxiliou na recuperação das amostras naprofundidade desejada.

4.5 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Para a análise granulométrica foi utilizada a mesma metodologia adotada por Vicente et al. (2010), Sousa et al. (2017) Duarte (2020) e conforme a NBR 7181. As amostras foram homogeneizadas, separadas em porções de 400 gramas e secas em estufa por 30 horasa 60º C. Em

seguida, as amostras foram quarteadas a mão e cada amostra foi peneirada com oauxílio de um agitador automático de peneiras por 10 a 15 minutos e com uma frequência de 15Hz.

Para realizar a separação granulométrica dos sedimentos foi utilizado um agrupamento específico de peneiras com as faixas granulométricas dadas em mesh (abertura em mm), sendo elas: 10 (2,00 mm), 16 (1,18 mm), 20 (0,84 mm), 30 (0,60 mm), 40 (0,42 mm), 60 (0,250 mm) e 100 (0,149 mm). 120 (0,125 mm). 200 (0,074 mm). O cálculo do parâmetro estatístico para a curva phi, foi feito segundo a classificação de Folk e Ward (1957).

4.6 DESCRIÇÃO MINERALÓGICA

A descrição dos sedimentos coletados foi realizada utilizando um estereomicroscópio binocular da marca Oleman, disponível no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia da UFES. Para uma melhor compreensão dos grãos sedimentares, a descrição geral incluiu todos os minerais presentes em cada ponto, com base nas referências de Pereira et al. (2005), Sousa et al. (2017), Chaves et al. (2011) e Costa (2018). Foram considerados parâmetros como grau de arredondamento, esfericidade e cor, a fim de identificar os minerais presentes.

5 RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados referentes aos estudos de geoprocessamento, levantamento geofísico, análise granulométrica e descrição mineralógica.

5.1 GEOPROCESSAMENTO

Diante da metodologia empregada, por meio de interpretações dos dados e consequentemente produção dos mapas temáticos (figuras 9 e 10), foi possível analisar os resultados. Considerou-se os dois principais alvos objetos de estudo, sendo a erosão costeira ou definição da extensão da faixa de areia, a morfologia e o comportamento da zona costeira nafoz do Rio Itabapoana.

Partindo da evolução da barra arenosa, é nítido uma migração e variação da morfologia da barra na foz do rio. Por seguir um padrão ao longo dos anos é possível delimitar um polígonode coordenadas 7644000N e 7641000N, 296000E e 298000E ou o quadrado verde nas figuras 8 e 9. É neste quadrante onde estrito sensu, a barra arenosa evolui morfologicamente e se desloca, como observado na cor laranja nas imagens de satélites dos anos obtidos (figura 8 e 9).

Conforme a figura 7, a barra arenosa migra no sentido sul em (2000) e atinge o ápice da migração para sul em (2002). Nos próximos anos (2004), (2006) e (2008), o deslocamento muda drasticamente de direção, migrando lentamente para o sentido norte, atingindo o ápice de deslocamento em (2010). Na figura 8 em (2013), a barra arenosa, novamente muda drasticamente sua

direção, voltando a migrar sentido sul, de forma lenta, até os dias atuais estando novamente no extremo sul (2023).

Vale ressaltar que em (2006) houve o rompimento da barra, permitindo um aumento do fluxo do rio e consequentemente menor extensão da faixa arenosa, assim como a formação de uma pequena lagoa que nos anos seguintes foi seca, de acordo com a migração da foz ao norte.Também, existe uma grande variação da forma que a foz do rio apresenta, por ora mais estreitacom alguns metros e por ora mais larga com dezenas de metros.

Já em relação ao comportamento erosivo da faixa arenosa de praia, de antemão, nota-seuma grande variação nas dimensões do aporte sedimentar que molda a zona costeira sul do ESe norte do RJ, ao longo dos anos. Por meio de uma definição visual da variação da extensão depraia, foi observado que existe uma ciclicidade quase que de dois em dois a quatro anos, onde apresentam mudanças na progradação (Regressão marinha) e retrogradação costeira (Transgressão marinha).

De acordo com a figura 9 entre (2000) e (2002) existe uma tendência retrogradacional, maior erosão costeira, ou seja, diminuição da extensão de praia e de deposição de sedimentos.De (2002) a (2004) uma tendência progradacional, logo em (2006) novamente a tendência retrogradacional com a erosão completa da barra na foz do rio. Até o ano de (2013) vai predominar a progradação costeira, engordando vagarosamente a faixa arenosa e a recomposição da barra até o ano de (2013).

Em relação a figura 10, no período de (2013) até o ano de (2017), acontece novamente a retrogradação costeira, para até (2019) seguir a tendência de progradação costeira, onde apresenta o maior aporte sedimentar e extensão de faixa arenosa. Entre (2019) e (2021) ocorreuma tendência sutil erosiva, ou seja, iniciando outro ciclo de retrogradação costeira, que até o ano de (2023) é intensificada e consequentemente diminuição da faixa arenosa.

Portanto, diante dos resultados obtidos a partir do processamento das imagens de satélite,além da visualização das diferenças do comportamento morfológico da barra arenosa e praia, ao longo dos anos, acima descrito, pode-se complementar os dados por meio da tabela 2. Tratam-se de informações em quilômetros quadrados, sobre a dimensão da faixa de areia e suavariação, baseada na metodologia empregada neste trabalho, a partir do cálculo da área dos vetores por geoprocessamento.

Segundo a tabela abaixo é possível observar em uma grandeza matemática a ciclicidadedos eventos, ou seja, por ora aumento e por ora diminuição do aporte sedimentar costeiro presente no local. Foi identificado, um maior aporte sedimentar nos anos de (2019) e (2021), comparado aos demais anos analisados e um aporte sedimentar menor ou uma tendência deerosão costeira, nos anos de (2002), (2006) e (2023).

Tabela 2: Área da faixa arenosa em cada ano do estudo, após o geoprocessamento das imagens de satélite. Fonte: Autor, 2023.

Ano	Área (km²)

2000	1,26
2002	0,82
2004	1,21
2006	0,88
2008	1,38
2010	1,45
2013	1,48
2015	1,40
2017	1,29
2019	1,64
2021	1,60
2023	0,84

Figura 9: Mapas gerados a partir dos geoprocessamentos de imagem de satélite, a faixa de praia (amarelo), região da foz do rio Itabapoana e sem dados (preto). Fonte: Autor, 2023.

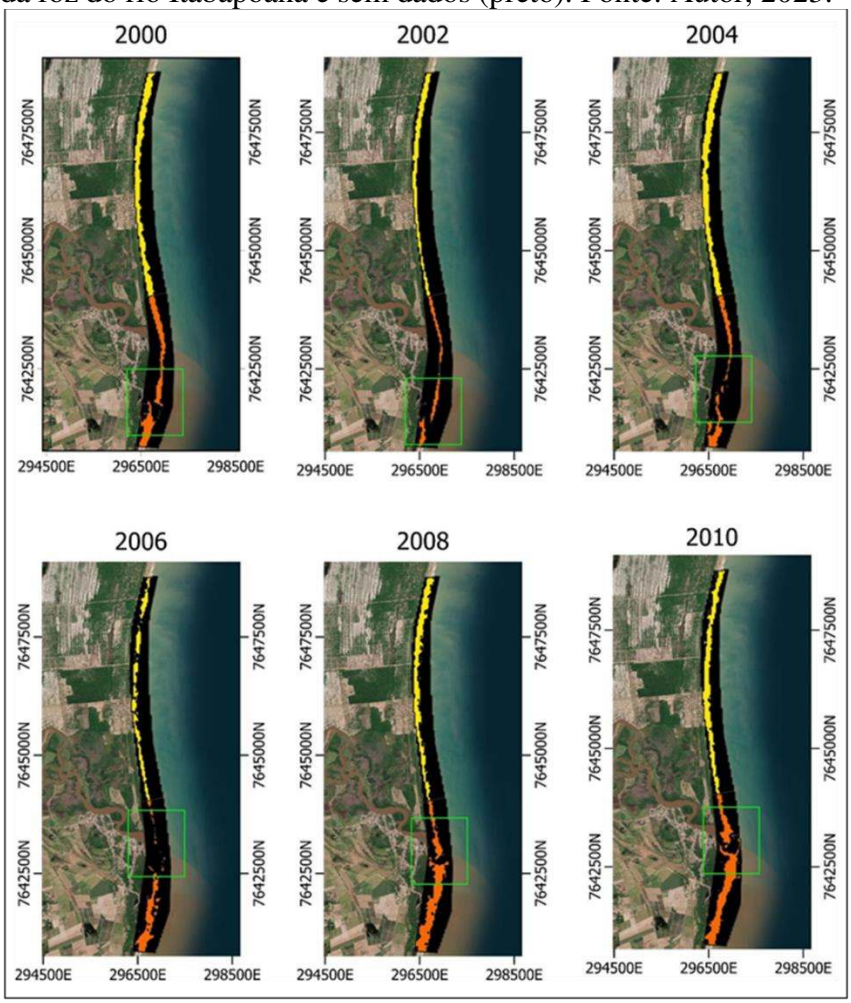
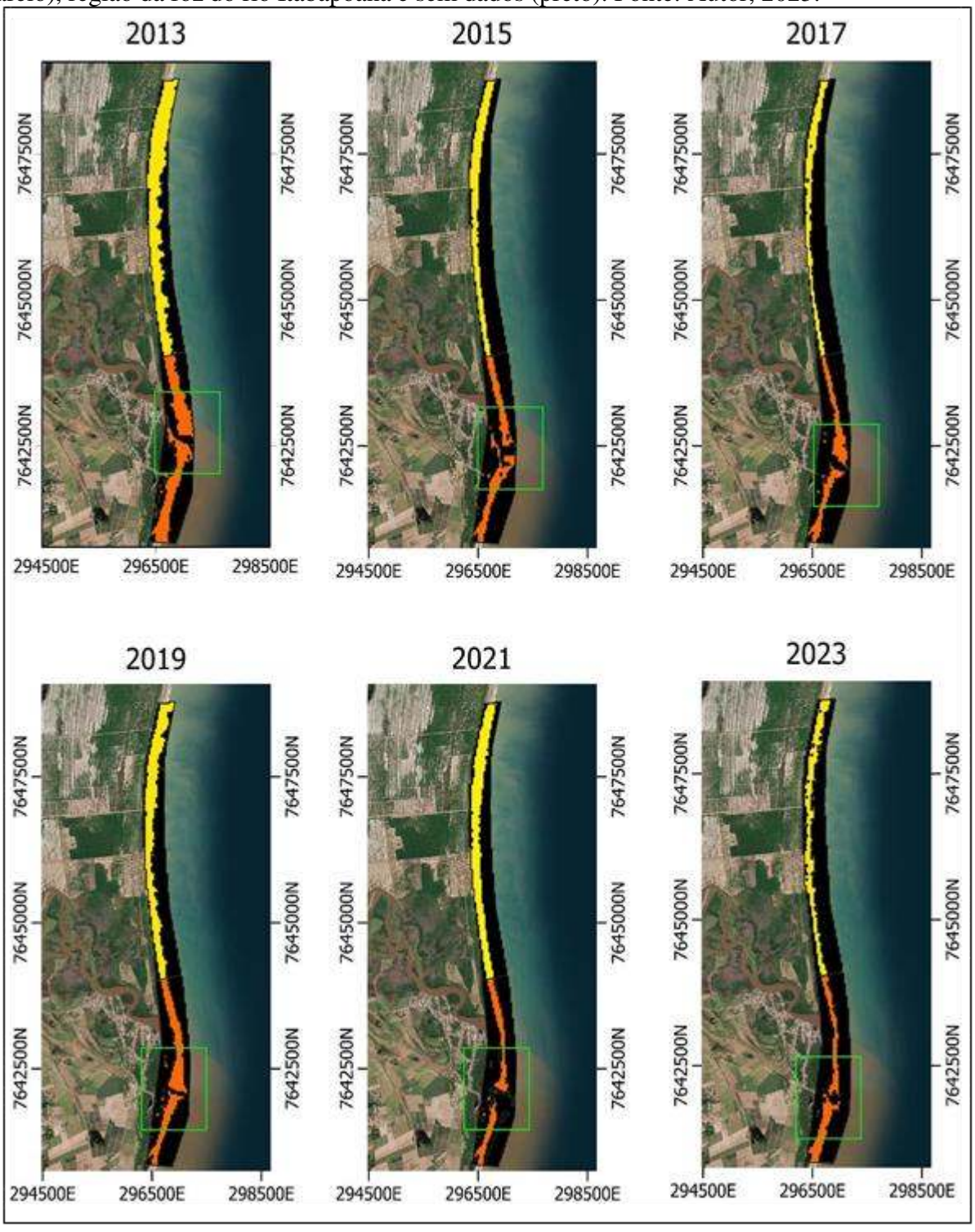


Figura 10: Mapas gerados a partir dos geoprocessamentos de imagem de satélite, a faixa de praia (amarelo), região da foz do rio Itabapoana e sem dados (preto). Fonte: Autor, 2023.

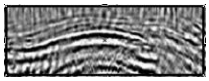
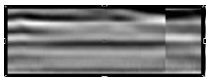


5.2 LEVANTAMENTO GEOFÍSICO

Os dados geofísicos, sendo respectivamente, as linhas de GPR, foram analisadas,interpretadas e descritas, integralmente, sendo usado como parâmetro as radarfácies dispostasna tabela 3, indicando os principais refletores identificados. Esse quadro teve como base trabalhos de autores como, Ribeiro e Rosas (2006), Muehe (2011), Rocha e Fernandes (2013) Leandro (2018) e Nascimento (2018), que usam GPR no ambiente costeiro. Os refletores podemse repetir de diferentes formas, ao longo de cada

linha levantada. Foram definidos sete radarfacie, onde os seus refletores estão imageados e correspondem a uma interpretação de uma zona específica, de um ambiente com base na descrição das principais características destacadas, que equivalem a zonas de interação, marinha, flúvio-marinha e eólico.

Tabela 3: Identificação e caracterização de radarfácies das imagens de GPR. Fonte: Autor, 2023.

Radarfácie	Descrição	Refletor	Interpretação
RF – 01	Ondulado côncavo pouco contínuo		Zona entre marés
RF – 02	Ondulado, não contínuo com padrão côncavo/convexo		Zona pós-praia com influência de tempestades
RF – 03	Sub horizontal, convexo e continuo, predominante em profundidades de até 2m.		Duna e capeamento eólico
RF – 04	Horizontal paralelo a sub-horizontais de baixo ângulo e pouco contínuo.		Flúvio-marinho
RF – 05	Horizontal paralelo a sub-horizontais de baixo ângulo e contínuo.		Fluvial
RF – 06	Sub-horizontal de baixo ângulo, paralelo a sigmoidal e sub contínuo.		Zona de praia/pós praia
RF – 07	Ruído de amplitude variada, relacionado com medias a altas profundidades (a parit de 2m).		Presença de água salobra
RF – 08	Horizontal paralelo e contínuo .	 	Água marinha em zona de praia.

Para melhor entendimento das linhas de GPR e suas radarfácies interpretadas, a figura 11, demonstra a total delimitação de cada radar facie, nas linhas 01, 04, 06, 09 e 17. Foram definidas estas linhas, devido a sua melhor qualidade, maior representatividade diante das demais linhas interpretadas e pela limitação de páginas deste trabalho. Destaca-se que o Rf-07,se tratam de refletores, com ruído variado, possivelmente relacionados a presença do freático.

A linha 01 contém elementos arquiteturais com refletores interpretados como fluvial a oeste (Rf- 05) próximo ao Rio Itabapoana, sendo referente a deposição de sedimentos sazonais,conforme a épocas chuvosas ou de estiagem. Enquanto que a radarfácie Rf – 03, foi interpretadoe atestado em

campo, que existem depósitos eólicos (Dunas). Em seguida em direção ao mar, a radarfácie Rf-02 corresponde a zona de pós-praia, um ambiente em que ocorre uma abrupta variação da maré, fruto de ondas de tempestades (confirmado por residentes locais). Posteriormente, a radarfácie Rf-01, a zona entre marés (Sedimentos insaturados), onde os sedimentos são constantemente retrabalhados pela ação das ondas e marés conforme ciclo lunar. No final da linha 01, a leste, encontra-se a radarfácie Rf-08 que é uma zona de praia saturada em água, sendo exposta devido a maré baixa.

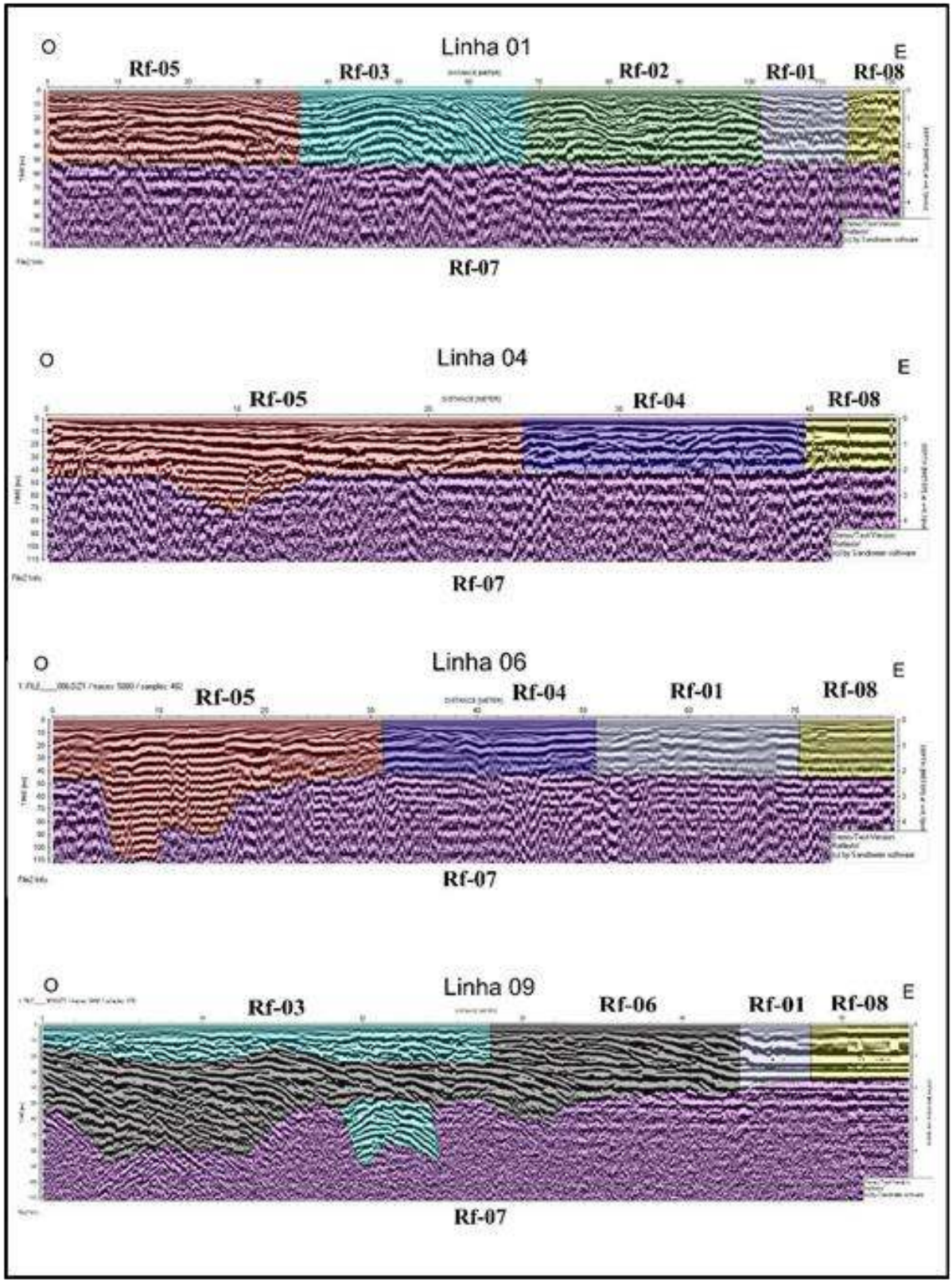
Já a linha 04 representa o meio da barra arenosa, entre o Rio Itabapoana a oeste e o mara leste. Na extremidade oeste da linha, a radarfácie Rf-05 demonstra refletores, com características de depósitos fluviais, sendo possível correlacionar com um paleocanal, devido aforma de erosão côncava dos refletores. Seguindo ocorre a radarfácie Rf-04, equivalendo a um ambiente de interação flúvio-marinha, onde foi observado a ruptura da barra em determinados períodos conforme a figura 11 (2006). Na extremidade leste encontra-se a radarfácie Rf-08, sendo uma zona de praia com sedimentos saturados e uma reflexão mais forte.

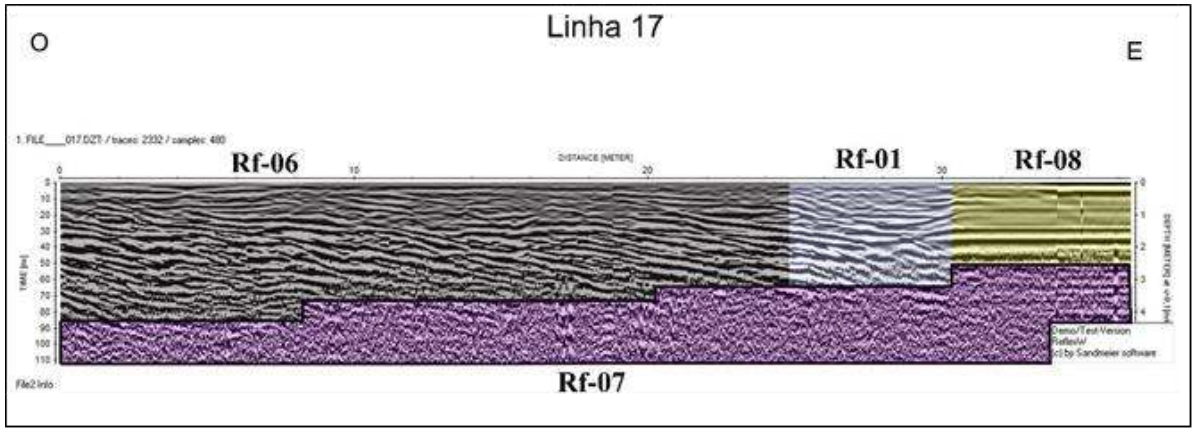
A linha 06 está localizada na extremidade da barra arenosa com a foz do Rio Itabapoana,na porção esquerda da linha, verifica-se uma reflexão muito boa e de maior profundidade, sem ruídos, sendo representada pela Rf-05, ou seja, refletores de ambiente exclusivamente fluvial. Já a radarfácie Rf-04, traz refletores, que podem ser definidos como radarfácies de ambiente deinteração flúvio-marinha. Mas a Leste, em direção ao mar, se destaca refletores, provavelmenteinsaturados, Rf-01 que trazem uma zona entre marés, em constante retrabalhamento costeiro. Por fim temos na extremidade Leste, a Rf-08, que são radarfácies que refletem a zona de praia,saturada, sendo exposta devido a ação da maré seca.

Já a linha 09 se destaca, pois, apesar de estar em ambiente semelhante a linha 17, tema radarfácie Rf-03, bem marcada, demonstrando um ambiente de intenso retrabalhamento eólico, com pouca similaridade das estruturas refletidas. As reflexões sub-horizontais de baixo ângulo, se destacam na radarfácie Rf-06, repetido da Rf-01 e Rf-08 chegando ao mar.

Por fim a linha 17, em sua porção oeste e grande parte da linha é composto pela radarfácieRf-06, sendo a zona de praia para pós praia, onde os refletores mergulham em baixo ângulo emdireção ao mar, indicando a regressão marinha (Progradação). Na extremidade leste as radarfácies Rf-01 e Rf-08, já descritas, é a zona de praia (Insaturada e saturada) e podem ter refletores mais fortes, assim como, perturbação das camadas em consequência das ondas. A radarfácie Rf-07 está presente nas três linhas descritas, onde apresentam fortes refletores com ruído, logo se assume que são sedimentos saturados, ou seja, o freático visível a partir de 2 a 3m de profundidade, provavelmente uma mistura de água salobra.

Figura 11: interpretação dos refletores e correlação com as radarfácies presentes nas linhas 01, 04, 06, 09 e 17 de GPR. Autor do trabalho, 2023.





5.3 DESCRIÇÃO MINERALÓGICA

Os minerais encontrados na análise em lupa de aumento, no laboratório desedimentologia, permitiram a identificação e descrição dos principais minerais presentes nas amostras. Não foi realizado quantificação em porcentagem de cada mineral encontrado. Pode- se destacar que o ambiente estuarino, de interação flúvio-eólico-marinho é caracterizado por sedimentos de fração granulométrica fina a media, com maior angulosidade e pouca esfericidade. Por serem transportados em suspensão, acabam não predominando ointemperismo físico entre os grãos, logo, estando mais fraturado e anguloso.

Logo ocorre uma grande variedade de minerais pesados, como disposto na figura 12. A descrição de cada mineral, está contida na Tabela 4, seguindo os parâmetros de morfologia dosgrãos. Vale ressaltar a grande quantidade de monazita, quartzo e os minerais pesados. Também,a principal diferença para efetuar a identificação e distinção visual principalmente do quartzo e monazita, foram parâmetros como a cor, sendo a monazita acastanhada e o quartzo incolor, o grau de angulosidade maior do quartzo e menor angulosidade e maior brilho da monazita, assimcomo os grãos de quartzo estão menos arredondados em relação a monazita e o quartzo não exibe clivagem evidente, enquanto a monazita pode mostrar clivagem imperfeita.

Tabela 4: Descrição dos minerais identificados. Fonte: Autor, 2023.

Nome	Características diagnósticas
Zircão	Grãos prismáticos e incolores, com menos de 0,4mm.
Rutilo	Grãos de coloração vermelha intensa, bordas foscas e interior sub metálico, subarredondados.
Ilmenita	Grãos tabulares, sub-arredondados de coloração preta.
Cianita	Grãos prismáticos euédricos e com clivagem. Podem ser Incolores, verde a tons de azul pálidos.
Piroxênio	Grãos sub-arredondados, de cor verde acastanhado a translucido.

Epidoto	Grãos de coloração verde amarelado, grão arredondado.
Espinélio	Exemplares arredondados a sub-arredondados de coloração azul etranslúcidos.
Granada	Grãos sub-arredondados, com coloração rosa claro a incolor.
Anfibólio	Apresenta coloração verde escuro a preto, sendo grãos anédricos e angulosos.
Apatita	Grãos prismáticos alongados, incolores de brilho vítreo.
Monazita	Grãos mais arredondados de coloração castanho-avermelhado a amareladointensos com brilho sedoso a vítreo.
Limonita	Apresentam grãos arredondados a sub arredondados, bastante angulosos e irregulares. Sua coloração varia de vermelho a ocre.
Quartzo	Grãos incolores bem angulosos e baixa esfericidade.
Sílex	Grãos grandes arredondados a sub-arredondados de coloração marrom claro a bege.
Biotita	O mineral encontra-se com coloração dourada a esverdeada com o brilho. Grãos pequenos e lamelares em clivagem basal.
Silimanita	Exemplares alongados e angulosos com algumas estrias. Tem coloração amarelado a incolor predominante.

Figura 12: Foto dos minerais identificados por meio da lupa de aumento no laboratório de sedimentologia. Fonte: Autor, 2023.



5.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica indicou que o ambiente é predominantemente composto por areia média na maior parte das amostras. A Tabela 5 apresenta uma síntese da fração granulométrica e do grau de seleção para cada ponto.

Tabela 5:Síntese dos dados de granulometria e seleção. Autor do trabalho, 2023. Fonte: Autor, 2023.

Amostra	Fração Granulométrica Predominante	Grau de seleção

P1A	Areia média	Bem Selecionado
P1B	Areia média	Bem Selecionado
P2A	Areia média	Bem Selecionado
P2B	Areia média	Bem Selecionado
P3A	Areia média	Bem Selecionado
P3B	Areia média	Bem Selecionado
P4A	Areia média	Bem Selecionado
P4B	Areia média	Bem Selecionado
PA - Areia Preta	Areia fina	Bem Selecionado

6 DISCUSSÃO

Diante dos resultados apresentados anteriormente, com base em dados de geoprocessamento, geofísica, descrição mineralógica e análise granulométrica, torna-se necessário discutir as interpretações obtidas e compará-las com diversos estudos citados no levantamento bibliográfico.

As interpretações dos mapas gerados a partir das imagens de satélite indicaram uma ciclicidade de dois a quatro anos em eventos de progradação e retrogradação costeira, com variações no aporte sedimentar ao longo da costa no período estudado. Também foi observada uma dinâmica morfodinâmica complexa, com ciclos construtivos e destrutivos na barra da foz do Rio Itabapoana, apresentando uma migração no sentido Norte-Sul em um ciclo de aproximadamente dez anos. Em comparação com o estudo de Ribeiro (2006), que descreve eventos de erosão e alargamento da costa, observou-se um comportamento simultâneo, mas distinto na Praia das Neves. Enquanto Ribeiro observou erosão na foz do Rio Paraíba do Sul e engordamento da faixa de praia ao longo da costa, na Praia das Neves, o comportamento é diferente. O trabalho de Albino et al. (2018) identificou um alto índice de risco de eventos retrogradacionais, mas não explorou ciclos de progradação.

Nas interpretações das linhas de GPR, foram identificadas e descritas radarfácies com base em trabalhos anteriores, como Nascimento (2018), que estudou estruturas nos paleocordões arenosos próximos à área de estudo. Nascimento identificou duas principais radarfácies: uma superior, com reflexões voltadas para o oceano, indicando uma regressão marinha, e outra inferior, com reflexões voltadas para o continente, sugerindo uma retrogradação. Comparando com as reflexões observadas no presente estudo, foram encontradas tendências semelhantes de progradação costeira com inclinações para o oceano. Além disso, outras linhas indicaram a presença de estruturas eólicas, fluviais e antigos terraços praiais, sugerindo níveis de praia passados e retrabalhamento intenso devido a marés altas, tempestades e ventos.

Na análise granulométrica, as curvas indicaram predominância de areia média na maioria dos pontos amostrados, exceto no ponto onde se coletou exclusivamente areia preta, composta por

sedimentos finos e pesados, coerente com um sistema deltaico de interação flúvio-eólico-marinha. Essa predominância de areia média reflete o ambiente de transporte seletivo de partículas finas em suspensão, que resulta em grãos com menor esfericidade e maior angulosidade. Comparando com o estudo de Sousa et al. (2017), as características granulométricas observadas convergem, sugerindo um maior controle do aporte sedimentar pelo rio, o que pode reduzir a influência marinha e das correntes de Norte a Sul. No entanto, em eventos de tempestades, esse balanço pode mudar, alterando o comportamento do aporte sedimentar.

Do ponto de vista mineralógico, as amostras coletadas apresentaram predominância de quartzo, monazita, rutilo, zircão, ilmenita, limonita, silimanita, apatita, espinélio, cianita, biotita, entre outros. A morfologia dos minerais é consistente com trabalhos de Sousa et al. (2017), Costa Junior (2018) e Chaves (2011), realizados próximos à área de estudo, o que sugere uma área fonte próxima, intensamente retrabalhada pelos agentes modeladores.

A diversidade mineralógica está diretamente associada à área fonte, que inclui várias litologias do Orógeno Araçuaí-Ribeira, como rochas ortognáissicas, paragnáissicas, charnockíticas, de plutonismo neoproterozoico, rochas alcalinas, entre outras, com diferentes idades e composições. Esses tipos de rochas foram descritos por Fontes et al. (1981), Duarte et al. (2012), Heilbron et al. (2016) e Mendes et al. (2022), e suas descrições são compatíveis com os minerais resistentes encontrados nas amostras coletadas.

Tabela 6: Correlação entre o regime climático e o comportamento erosivo na área de estudo. Fonte: Produção do autor com base no NOAA, 2023.

Ano	Área (km²)	Regime Climático
2000	1,26	La Nina
2002	0,82	Neutro
2004	1,21	Neutro
2006	0,88	Neutro
2008	1,38	La Nina
2010	1,45	El Nino
2013	1,48	Neutro
2015	1,4	Neutro
2017	1,29	Neutro
2019	1,64	Neutro
2021	1,6	La Nina
2023	0,84	El Nino

Conforme eventos cíclicos globais, há uma relação entre processos erosivos e deposicionais e fenômenos climáticos, como El Niño e La Niña, que afetam as condições meteorológicas em todo o

mundo. Pode-se tentar estabelecer uma correlação entre esses fenômenos e os eventos de maior ou menor aporte sedimentar costeiro. Observa-se uma maior tendência de aporte sedimentar significativo durante os eventos de La Niña e em períodos neutros, assim como uma mudança no ciclo após esses eventos. Em contraste, há uma tendência mais erosiva, ou de menor aporte sedimentar, nos anos de El Niño. Isso pode ser explicado pelo aumento dos ciclones e fortes tempestades, que trazem grandes volumes pluviométricos e ressacas, intensificando a dinâmica e a erosão da zona costeira local.

Existem várias formas de mitigar e remediar os impactos da erosão costeira em cidades litorâneas. A Constituição Federal, por meio da Lei Nº 7.661 de 16 de maio de 1988, e o Decreto Nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, que institui e regulamenta o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), delegam aos Estados e Municípios a responsabilidade de planejar, preservar, fiscalizar e executar obras preventivas nas zonas costeiras. Segundo Souza (2009), em áreas de baixo risco de erosão, o monitoramento, a preservação do ecossistema local e pequenas intervenções antrópicas são suficientes para minimizar os impactos. Entretanto, em zonas de alto risco, como áreas em que a cidade já está próxima à praia, foz de rios e paleocordões, são necessárias intervenções mais severas, como obras de contenção especializadas ou aterro, realocação de moradias e estruturas, incentivo à preservação, criação de zonas de vegetação delimitando a cidade da área costeira e, se necessário, a recuperação de dunas frontais.

7 CONCLUSÃO

Por fim, após o desenvolvimento dos resultados e discussão, é evidente a necessidade de apresentar algumas conclusões, iniciando pelos produtos gerados a partir das imagens de satélite. No período analisado, que abrange aproximadamente 20 anos, o comportamento da barra arenosa na foz do Rio Itabapoana, em relação à morfologia e ao aporte sedimentar na praia, demonstra grande variedade. Observa-se uma migração da foz do rio ao longo do eixo Norte-Sul durante aproximadamente uma década.

Esses ambientes são intensamente retrabalhados pelos agentes fluviais, eólicos e marinhos, sendo ainda mais influenciados por ciclos climáticos. Isso resulta em uma ciclicidade caracterizada por grandes períodos de progradação costeira ou regressão marinha. Entretanto, a retrogradação costeira é intensa, especialmente neste complexo ambiente deposicional, onde diversos fatores influenciam a construção e destruição da zona costeira.

As análises de GPR confirmaram a presença de estruturas que registram o sedimentar costeiro. Em comparação com outros trabalhos, pode-se afirmar que as estruturas interpretadas refletem, de fato, o que é visível na superfície e estão de acordo com os ambientes deposicionais observados. Além disso, foram definidas radarfácies padrões para uma melhor caracterização dos refletores em relação a estudos semelhantes.

A análise mineral consistiu na identificação de minerais em grãos, que corroboram estudos anteriores da área. Foi possível relacionar os minerais com a área fonte, que são as litologias do AROS. A baixa maturidade textural dos grãos, caracterizada por baixa esfericidade e alta angulosidade, indica a proximidade com a área fonte e a pouca energia de transporte (transporte em suspensão). Os grãos apresentam fração granulométrica fina a média, alto grau de seleção e são mais esféricos/desgastados por choque. Acredita-se que o principal responsável pelo aporte sedimentar local seja o meio fluvial, com retrabalhamento pelas correntes de Norte-Sul e fortes ressacas de S-SE.

Levando em consideração todos os métodos aplicados neste trabalho, sugere-se que, para a entrega de futuros produtos de pesquisa com maior precisão, sejam empregadas metodologias como a difração de raios X (DRX) para melhor compreensão da composição dos minerais pesados finos da praia; o uso de outros ensaios granulométricos, como de densidade, para a separação de minerais específicos e quantificação em porcentagem; o método de geoprocessamento com complementos específicos do software ArcGIS para a geração do mapa de vulnerabilidade erosiva da costa local; a realização de levantamentos de marés, ondas e pluviometria ao longo do tempo, buscando correlações para identificar o principal agente erosivo; a condução de estudos durante a época do verão (chuvoso), visto que a pesquisa foi realizada no inverno e outono (seco); e a realização de mais estudos utilizando imagens de satélite desde os anos 1980, investigando o início das capturas pelo satélite LANDSAT 5 e explorando mais o intrigante fenômeno da ciclicidade dos eventos de deposição e erosão, que apresentam intervalos médios de 2 a 4 anos.

Por fim, é indispensável a manutenção e o planejamento da zona costeira, onde mais da metade da população do planeta reside, a fim de minimizar os impactos antrópicos, preservar e reconstituir vegetações locais, que desempenham um papel crucial na dissipação da energia das ondas, além de estabelecer políticas que promovam o desenvolvimento socioambiental sustentável.

REFERÊNCIAS

AKEL, Adalberto Rabelo. Mapeamento e detecção de mudanças nas áreas de manguezal noNordeste do Pará a partir da classificação orientada a objetos em imagens TM Landsat-5. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Oceanografia, UFPA.Belém, 2010.

ALBINO, J. Coelho, A. L. N. Girardi, G. Nascimento, K. A. 2018. Panorama da erosão costeirano Brasil – Espírito Santo. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.mma.gov.br/publicacoes-mma

ALBINO, J. Ghisolfi, R. D. Teixeira, J. B. Bastos, A. C. Oliveira, L. A. K. Passos, M. M. Contti Neto, N. 2010. Vulnerabilidade Natural Costeira segundo critérios de Geologia, Geomorfologia e Oceanografia Física. Zoneamento Ecológico e Econômico do EspíritoSanto. Costeiro. IEMA. UFLA, UFES, IJSN.

ALBINO, J. Coelho, A. L. N. Girardi, G. Nascimento, K. A. 2006. Panorama da erosão costeirano Brasil – Espírito Santo. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL. Decreto Nº 5.300, de 7 de Dezembro de 2004. Regulamenta a Lei n o 7.661, de 16 demaio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orlamarítima, e dá outras providências.

DOU – seção 1. Brasília- DF: s/d, 17 p. Disponível em:https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5300.htm. Acesso em: 14 nov. 2023.

CHAVES, Alexandre de Oliveira et al. Mineralogia e proveniência das areias negras de Iriri-ES. Rem: Revista Escola de Minas, v. 64, p. 421-428, 2011.

COSTA JÚNIOR, A. A. Caracterização e distribuição dos minerais pesados ao longo da plataforma continental do Espírito Santo. 2018. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo.

CPTEC/INPE, 2023 – Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/. Acesso: 07 de nov. 2023

DA ROCHA, Thaís Baptista; FERNANDEZ, Guilherme Borges; DE OLIVEIRA PEIXOTO, Maria Naíse. Applications of ground-penetrating radar to investigate the Quaternary evolution ofthe south part of the Paraiba do Sul river delta (Rio de Janeiro, Brazil). Journal of CoastalResearch, n. 65, p. 570-575, 2013.

Defesa Civil – Erosão Costeira do Litoral do Espírito Santo. Giseli Modolo Vieira Machado, 2018. Disponível em: https://defesacivil.es.gov.br/Media/DefesaCivil/Capacitacao/CBPRG2018/Palestra%20Defesa%20Civil_Eros%C3%A3o%20costeira%20ES_set2018.pdf Acesso em: 21/10/2023.

DUARTE, Beatriz Paschoal et al. Geologia e recursos minerais da folha Itaperuna SF. 24-VCI. Belo Horizonte: CPRM 2012.

DUARTE, E. B. Impacto do resíduo proveniente do rompimento da Barragem de Fundão (MG) nos sedimentos do Baixo Rio Doce. 2020. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2020.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, v. 27, p. 3-26, 1957.

FONTES, Cid Queirós et al. Projeto Mimoso do Sul: Geologia da Folha Mimoso do Sul. SF.24-V-A-V-3 SF.24-V-C-I-2, SF.24-V-A-IV-4. Belo Horizonte: CPRM 1981.

HEILBRON, Monica; EIRADO, Luiz Guilherme; ALMEIDA, Julio. Geologia e recursos mineraisdo Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais. Belo Horizonte: CPRM, 2016.

Sites Jornalísticos Regionais - https://viafanzine.jor.br/site_vf/pag/1/na_terra3.htm; https://noticiasdaspraias.com/2022/07/19/agentes-da-defesa-civil-do-litoral-norte- participam-de-curso-sobre-erosao-costeira/; https://https://www.waves.com.br/variedades/ambiente/mar-avanca-no-campeche/
Acesso em: 21/11/2023.

KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. Geofísica de exploração: Tradução Maria Cristina Moreira Coelho. São Paulo, Oficina de Textos, 2009

LEANDRO, Carolina Gonçalves. Aplicação da análise do sinal do GPR na definição de ambientes costeiros. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS. Porto Alegre, 2018.

PEREIRA, Ronaldo Mello; DOS SANTOS LIMA, Paulo Roberto Amorim; ÁVILA, Ciro Alexandre. Minerais em grãos: técnicas de coleta, preparação e identificação. Oficinade Textos, 2005.

NASCIMENTO, Francisco José Santos. Análise cronoestratigrafica dos cordões litorâneos presentes na planície costeira da foz do rio Itabapoana (Espírito Santo, Brasil). Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS. Porto Alegre, 2018.

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Admnistration. Disponível em: https://psl.noaa.gov/enso/past_events.html; https://www.pmel.noaa.gov/elnino/what-is-el- nino; https://www.pmel.noaa.gov/elnino/what-is-la-nina. Acesso em: 13/11/2023.

MENDES, Raíssa Santiago et al. Evolução crustal, geocronologia e geologia isotópica do Orógeno Araçuaí-Ribeira (AROS) no sul do Espírito Santo. Tese de Doutorado,Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências, UFMG. 2022.

MUEHE, Dieter. Erosão costeira-Tendência ou eventos extremos? O litoral entre Rio de Janeiroe Cabo Frio, Brasil. Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of IntegratedCoastal Zone Management, v. 11, n. 3, p. 315-325, 2011.

RIBEIRO, G. P.; ROSAS, R. O. Processos costeiros: erosão em Atafona e progradação em Grussaí, São João da Barra (RJ)–morfometria para retratação espacial desses eventos eidentificação de sua tendência evolutiva. VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, GOIÂNIA, Anais, 2006
.
RODRIGUES, Suzan Waleska Pequeno; SOUZA FILHO, P. W. M. Análise da variação da linhade costa a noroeste do Estado do Pará (Baía de Curuçá) através das imagens Landsat

TM e ETM+ e CBERS 2B. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,Curitiba. Anais, p. 5061, 2011.

SOUZA, C.R. de G. 2009. A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas, Conseqüências, Indicadores de Monitoramento e Risco. In: Bononi, V.L.R., Santos Junior, N.A. (Org.), Memórias do Conselho Cientifico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de Um Ano de Conhecimento Acumulado, pp.48-69, Instituto de Botânica – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. (ISBN 978-85-7523-025-1).

SOUSA, Sarah Siqueira da Cruz Guimarães; DE ALENCAR CASTRO, João Wagner; GUEDES, Eliane. Variações granulométricas e minerais pesados das praias do norte do estado do Rio de Janeiro, SE, Brasil: condições de distribuição e deposição dos sedimentos. Geosciences= Geociências, v. 36, n. 2, p. 365-380, 2017.

TEIXEIRA, Wilson et al. Decifrando a Terra. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 2009.

VICENTE, Jenesca Florencio; DE CARVALHO, Maria Geralda; BARBOSA, Giselle Ramalho. Avaliação Hidrogeológica das Regiões Administrativas de Campo Grande e
Guaratiba/RJ. Águas Subterrâneas, 2010.b +