



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

LISMARIANE DA SILVA CARDOSO

**VARIAÇÃO MORFODINÂMICA DA LINHA DE COSTA SETENTRIONAL E
MERIDIONAL DO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA, PE – BRASIL
- UTILIZANDO AS TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

Recife

2022

LISMARIANE DA SILVA CARDOSO

**VARIAÇÃO MORFODINÂMICA DA LINHA DE COSTA SETENTRIONAL E
MERIDIONAL DO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA, PE – BRASIL
- UTILIZANDO AS TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Área de concentração: Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria das Neves Gregório.

Recife

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecário Gabriel Luz CRB-4 / 2222

C268v Cardoso, Lismariane da Silva.
Variação morfodinâmica da linha de costa setentrional e meridional do arquipélago de Fernando de Noronha, PE – Brasil - utilizando as tecnologias da geoinformação / Lismariane da Silva Cardoso. 2022.
75 f: figs.

Orientadora: Profa. Dra. Maria das Neves Gregório.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, 2022.
Inclui referências.

1. Ciências geodésicas e tecnologias da geoinformação. 2. Fernando de Noronha. 3. Linha de costa. 4. Progradação. 5. Retrogradação. 6. SIG. I. Gregório, Maria das Neves (Orientadora). II. Título.

UFPE

526.1 CDD (22. ed.)

BCTG / 2022 - 394

LISMARIANE DA SILVA CARDOSO

**“VARIAÇÃO MORFODINÂMICA DA LINHA DE COSTA SETENTRIONAL E
MERIDIONAL DO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA, PE – BRASIL
– UTILIZANDO AS TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO”.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Área de concentração: Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Aprovada em: 31 / 08 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria das Neves Gregório (Orientadora)
Secretária de Educação do Governo do Estado de Pernambuco

Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Marcia Cristina de Souza Matos Carneiro (Examinadora Externa)
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Dedico este trabalho à memória de José Luiz Alves Cardoso, meu pai, que sempre acreditou no poder da educação e se foi cedo, mas nos deixou com condições materiais e imateriais para acreditar que sonhos como este são possíveis.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder saúde e sabedoria para seguir sempre em frente. Obrigada por ser a minha força e o meu guia em todos os momentos.

À minha orientadora, Professora Dra. Maria das Neves Gregório, que sempre acreditou em mim, agradeço a orientação exemplar, marcada por um interesse permanente e constante empenho, os quais contribuíram para enriquecer, com grande dedicação, todas as etapas contidas no trabalho realizado.

À minha mãe, Mariana Laurindo, por tudo, mas principalmente por ter dado suporte econômico e pela força e carinho que sempre me prestou ao longo de toda a minha vida acadêmica.

Ao meu noivo, Deniezio Gomes, por sempre ter acreditado em mim e me incentivado, por toda ajuda e por ter sido sempre suporte emocional nessa jornada.

À minha irmã, Jôsmariane Cardoso, por sempre acreditar, torcer e vibrar com minhas vitórias.

Às minhas avós, Rosa Alves e Maria do Carmo (em memória), pela base familiar que construíram, me transmitindo valores importantes para toda vida.

À minha tia Áurea Cardoso por sempre incentivar e se fazer presente e entusiasmada com minhas conquistas.

Agradeço também a Maria do Socorro, Daniella Gomes e Denise Gomes, por toda torcida e por serem como minha segunda família.

Aos amigos do mestrado, Benevides Bonavides e Camila Miranda, pela parceria e amizade durante todo o curso.

Ao professor Dr. Valdir Manso e a Dra. Márcia Carneiro pela disponibilidade de participarem como banca e contribuírem de forma tão valiosa com o trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, pela grande oportunidade e aos professores por todo conhecimento transmitido.

Por fim, a todos os familiares e amigos, que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

O Arquipélago de Fernando de Noronha é formado por 21 ilhas, ilhotas e rochedos de origem vulcânica, ocupa uma área de vinte e seis quilômetros quadrados, desses, dezessete quilômetros quadrados são da ilha principal “Fernando de Noronha”. Situada no Oceano Atlântico Sul equatorial, distando 545 quilômetros na direção NE da cidade do Recife (PE). Para sustentar o turismo crescente, Fernando de Noronha se desenvolve sacrificando, paradoxalmente, seu principal atrativo turístico, os recursos naturais. O presente estudo visa a análise da variabilidade da linha de costa da ilha principal do Arquipélago de Fernando de Noronha, entre os anos 1997 e 2005, através do Sistema de Informações Geográficas (SIG) a fim de compreender e explicar a evolução espacial e temporal da linha de costa, relacionando-a com as características físicas do ambiente, e uma interação com os fatores morfodinâmicos. Para determinação da linha de costa foram utilizadas fotografias aéreas dos anos 1997 e 2005 obtidas junto a Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife – FIDEM, todas em formato digital. A demarcação da linha de costa foi realizada por vetorização sobre as imagens do ano de 1997 e de 2005. Para esse levantamento foi considerado o limite superior do ambiente praiar, ou seja, o contato entre o ambiente marinho e o terrestre, devido a não observação da linha da maré no ambiente. Entretanto, a linha foi definida através da presença da faixa arenosa nas imagens mais antigas. Tomou-se como base a linha mais antiga (1997) a fim de analisar a variação do deslocamento, e foi identificada por meio do cálculo das taxas de deslocamento (m/ano) a erosão e acreção através da ferramenta *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) integrada no programa *ArcGis10.2.2*, por meio de cálculos estatísticos. Para à análise das taxas de deslocamento da linha de costa foi levado em consideração a direção da costa e o seu posicionamento em relação aos hemisférios e o posicionamento na ilha, sendo classificadas em setores setentrionais e setores meridionais, levando-se em consideração a distribuição e a mudança da linha de costa, sendo essa constituída de praia arenosa (1997) e/ou da ausência dessa (2005). Dessa forma foram distribuídos cinco setores Meridionais e cinco setores Setentrionais. Os dados relacionados a velocidades e direção dos ventos e a precipitação foram obtidos no Banco de Dados do Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA-INPE). Após a vetorização da linha de costa e o processamento no DSAS foram gerados os seguintes resultados: o setor

1 meridional apresentou uma variação média de -1,772 m/ano; no setor 2 Meridional a média da taxa de deslocamento foi de -1,31 m/ano; o setor 3 meridional deslocou-se -0,933 m/ano. Para o setor 4 meridional, a variação média da taxa foi de 2,193 m/ano, a taxa de deslocamento foi positiva, porém sem o arco praial; o setor 5 meridional apresentou uma taxa de -3,682 m/ano. Para os setores Setentrionais, o setor 1 obteve -0,371 m/ano de deslocamento; O setor 2 setentrional apresentou uma taxa média de -0,472 m/ano; No setor 3 foi constatada uma taxa média no valor de -0,565 m/ano; Para o setor 4 setentrional o deslocamento médio foi de -1,700 m/ano. O setor 5 setentrional apresentou o deslocamento médio da taxa de -1,237 m/ano. Em relação a mediana dos setores meridionais e setentrionais, a maior parte dos resultados apresentaram valores próximos da média. Para o desvio padrão, os maiores valores de dispersão dos dados foram observados nos setores 1 e 4 meridionais e no setor 5 setentrional. Em relação as médias dos dados observados nas taxas de deslocamento, apenas o setor 4 Meridional apresentou uma média positiva entre todos os setores estudados. Os setores Meridionais e Setentrionais apresentaram retrogradação da linha de costa, exceto o setor 4 meridional, entre 1997 a 2005, entretanto houve a retirada de sedimento, expondo a rocha abaixo desses. É necessária uma pesquisa mais profunda para o deslocamento negativo da linha de costa da ilha de Fernando de Noronha, levando em consideração o aumento do nível oceânico, bem como as mudanças climáticas e fenômenos como a El Niño e La Niña.

Palavras-chave: Fernando de Noronha; linha de costa; progradação; retrogradação; SIG.

ABSTRACT

The archipelago of Fernando of Noronha is formed for 21 island, islet and rock of origin volcanic, occupies an area of twenty-six square kilometers, of those, seventeen square kilometers are gives principal island "Fernando of Noronha". Situated at the Atlantic Ocean equatorial, distant 545 kilometers at direccion NE give city of Recife (PE). For to support the growing tourism, Fernando of Noronha if develops sacrificing, paradoxically, your principal attractive tourist, the naturals recurses. The present study intends the analysis the variability give shore line the principal island do archipelago of Fernando of Noronha, between the years 1997 and 2005, trthough of Geographic Information System (GIS) the end under-stand and explain the spacial evolution and temporal give shore line, relating it with the characteristics physics of ambient, and an interection withs factors morphodynamic. For determination from shore line were utilizations air photographs of years 1997 and 2005 obtained together the Foundation of Development from Region Metropolitan of Recife - FIDEM, all in digital formats. The demarcation of shore line was realized by vectorization over the images of year of 1997 and of 2005. For this lifting was considered the higher limit of beach ambient, ie, the contact between the marine ambient and the terrestrial. Meantime, the line was defined through of presence the sandy lane in the images more old. Took up with base the line more old (1997) in order to analyze the variation of displacement, and was identified for mean of calculation of fees of displacement (m/year) the erosion and accretion through of tool Digital Shoreline Analysis System (DSAS) integrated at the software ArcGis 10.2.2, through of statistic calculations. For the analysis of displacements rates of shore line was take in consideration the direction of shore and the your positioning in relation to the hemispheres and the positioning on the island, being classified in sectors northern and sectors southern, taking in consideration the distribution and the change of shore line, being this constituted of sandy beach (1997) and/or of absence of that (2005). Of that form were distributed five sectors southern and five sectors northern. The data related the speeds and direction of winds and the precipitation were obtained in Data Base of System National of Data Environmental (SINDA-INPE). After the vectorization of shore line and the processing in DSAS were generate the next results: the sector 1 southern presented an variation mean of -1,772 m/year; in sector 2 southern the mean of rate of displacements was of -1,31 m/year; the sector 3 southern moved -0,933 m/year. For

the sector 4 southern, the variation mean of rate was of 2,193 m/year, the rate of displacement was positive, however without the beach arc; the sector 5 southern presented an rate de -3,682 m/year. For sectors northern, the sector 1 obtained -0,371 m/year of displacement; the sector 2 northern presented an mean rate of -0,472 m/year; in sector 3 was constated an mean rate in value of -0,565 m/year; for the sector 4 northern the displacement mean was of -1,700 m/year. The sector 5 northern presented the displacement mean of rate of -1,237 m/year. In relation median of sectors southern and northern, the larger part of results presented values nexts of mean. For standard deviation, the largest values of dispersion of data were observed in sectors 1 and 4 southern and in sector 5 northern. In relation the averages of data observed in rates of displacement, only the sector 4 southern presented an mean positive between all the sectors studied. The sectors Southern and Northern presented retrogradation of shore line, except the sector 4 southern, between 1997 and 2005, meantime there was the withdrawal of sediment, exposing the rock below these. Is necessary an research more deep for the displacement negative of shore line of island of Fernando of Noronha, leading in consideration the increase of oceanic level, as well as the changes weather and phenomenon as the El Nino and La Nina.

Keywords: Fernando of Noronha; shore line; progradation; retrogradation; GIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Feições Morfológicas de Praia.....	20
Figura 2 –	Delimitação visual da Linha de Costa.....	22
Figura 3 –	Limites das duas unidades de conservação homologadas por Lei Federal no Arquipélago Fernando de Noronha.....	25
Figura 4 –	Fluxograma de fotogrametria aérea (plataforma aérea, fotografias e produtos cartográficos).	26
Figura 5 –	Enquadramento geográfico do arquipélago de Fernando de Noronha, no estado de Pernambuco.	30
Figura 6 –	Praia do Sancho, Cacimba do Padre, Quixabinha, Bode, Americano e Boldró.	31
Figura 7 –	Praia da Conceição, do Meio e do Cachorro.	31
Figura 8 –	Praia do Porto de Santo Antônio.	32
Figura 9 –	Praia do Sueste.	32
Figura 10 –	Perfil esquemático Leste-Oeste do edifício vulcânico de Fernando de Noronha.....	33
Figura 11 –	Esquema das Zonas de Fraturas e dos Arquipélagos vulcânicos, Arquipélago de São Pedro e São Paulo na Zona de Fratura São Paulo; Atol das Rocas e Arquipélago de Fernando de Noronha, na Zona de Fratura Fernando de Noronha.....	34
Figura 12 –	Mapa Geológico de Fernando de Noronha.....	35
Figura 13 –	Mapa de Padrões de Relevo do proposto Geoparque Fernando de Noronha.....	35
Figura 14 –	Morfodinâmica da praia Cacimba do Padre para os anos de 2000 e 2001.....	36
Figura 15 –	Fotoíndice das fotografias aéreas de Fernando de Noronha de 1986.....	37
Figura 16 –	Mosaico de ortofotocartas de Fernando de Noronha de 1997.....	38
Figura 17 –	Imagem de Fernando de Noronha de 2005.....	38

Figura 18 –	Mapa de localização dos setores Meridionais e Setentrionais da linha de costa da ilha de Fernando de Noronha.....	40
Figura 19 –	Mapa de localização do setor 1 Meridional – a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha.....	42
Figura 20 –	Resultados do deslocamento das distâncias dos transectos nas taxas dos setores Meridionais, do setor 1 ao setor 5 das linhas de costa de 1997 e 2005.	43
Figura 21 –	Resultados dos setores Meridionais do setor 1 ao setor 5 das taxas do deslocamento da linha de costa de 1997 a 2005, da ilha de Fernando de Noronha.	44
Figura 22 –	Mapa de localização do setor 2 Meridional – a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha.....	46
Figura 23 –	Mapa de localização do setor 3 Meridional – a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha.....	48
Figura 24 –	Mapa de localização do setor 4 Meridional – a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha.....	49
Figura 25 –	Mapa de localização do setor 5 Meridional – a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha.....	50
Figura 26 –	Mapa de localização do setor 1 Setentrional - a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha.....	52

Figura 27 –	Resultados do deslocamento das distâncias dos transectos nas taxas dos setores Setentrionais, do setor 1 ao setor 5 das linhas de costa de 1997 e 2005.	53
Figura 28 –	Resultados dos setores Setentrionais do setor 1 ao setor 5 das taxas do deslocamento da linha de costa de 1997 a 2005, da ilha de Fernando de Noronha.	54
Figura 29 –	Mapa de localização do setor 2 Setentrional - a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha.....	55
Figura 30 –	Mapa de localização do setor 3 Setentrional - a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha.....	57
Figura 31 –	Mapa de localização do setor 4 Setentrional - a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha.....	58
Figura 32 –	Mapa de localização do setor 5 Setentrional - a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha.....	60
Figura 33 –	Distribuição das médias das taxas da variação do deslocamento da linha de costa dos setores s meridionais e setentrionais da ilha de Fernando de Noronha.....	61

LISTA DE SIGLAS

ANIMA	Análise de Imagem Ltda
APA	Área de Proteção Ambiental
ASPRS	American Society of Photogrammetry and Remote Sensing
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DSAS	Digital Shoreline Analysis System
EPR	End Point Rate
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FAB	Força Aérea Brasileira
FIDEM	Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife
FN	Fernando de Noronha
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
LMS	Least Median of Squares
LRR	Linear Regression Rate
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NSM	Net Shoreline Movement
PNBOIA	Programa Nacional de Boias
SAD-69	South American Datum 1969
SCE	Shoreline Change Envelope
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINDA	Sistema Nacional de Dados Ambientais
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
USGS	United States Geological Survey
UTM	Sistema Universal Transversa de Mercator
WLR	Weighted Linear Regression
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	18
2.1	Geral.....	18
2.2	Específicos.....	18
3	EMBASAMENTO TEÓRICO	19
3.1	Zona Costeira.....	19
3.2	Feições Morfológicas da Praia	20
3.3	Linha de Costa	21
3.4	Erosão Costeira	23
3.5	Área de Proteção Ambiental (APA) de Fernando de Noronha.....	24
3.6	Fotogrametria.....	25
3.6.1	Fotografias Aéreas.....	27
3.6.2	Ortofotocartas	28
3.7	Digital Shoreline Analysis System (DSAS).....	28
4	METODOLOGIA.....	30
4.1	Área de estudo	30
4.1.1	Clima.....	32
4.1.2	Geologia e Geomorfologia	33
4.1.3	Fauna e Flora	36
4.2	Materiais	37
4.3	Métodos	39
5	RESULTADOS	41
5.1	Setores meridionais.....	41
5.2	Setores setentrionais	51
6	DISCUSSÃO	62
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira compõe uma porção do território de extrema importância para a maioria dos países costeiros de forma geral, e há, por conseguinte, preocupações com o futuro dessa área, pautada principalmente no estado dos recursos naturais que a compõe e que são o suporte de vida e de oportunidades de desenvolvimento econômico para as sociedades costeiras (CLARK, 1994).

Consideradas áreas muito dinâmicas, as linhas de costas são passíveis de mudanças tanto naturais quanto por atividades humanas. Segundo Marino e Freire (2013), sob o ponto de vista estrutural, dentre os vários tipos morfológicos de regiões costeiras, as que apresentam formação geológica recente (pleistocênica e holocênica) são as mais sensíveis e dinâmicas.

Em muitas regiões a economia movimentada pela atração litorânea constitui a principal fonte de renda da população, por isso se dá a importância de estudar e analisar como se comportam as áreas costeiras, podendo assim serem detectados problemas oriundos do mau uso ou forma de exploração que a região vem sofrendo.

As mudanças de posição da linha de costa são de natureza complexa, envolvendo diversos processos ligados às variações do nível do mar (em curto e longo prazo), balanço de sedimentos, movimentos tectônicos e reológicos, e antrópicos (CAMFIELD; MORANG, 1996).

Para o recuo da linha de costa e conseqüente perda de território dá-se o nome de erosão costeira. Áreas com problemas de erosão costeira, apresentam problemas como: retrogradação da linha de costa nas últimas décadas; diminuição da largura da praia, em toda sua extensão ou mais acentuadas em determinados locais; exumação e erosão de depósitos paleolagunares da costa, arenitos de praias ou terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos, construção ou destruição de estruturas artificiais, erguidas sobre depósito marinhos ou eólicos holocênicos (GREGÓRIO, 2009).

De acordo com Ferreira (2014), ao abordar o fenômeno da erosão costeira, assume-se que, de fato, houve uma alteração no comportamento e na dinâmica da linha da costa em que se registra, efetivamente, um recuo da mesma. Na prática, a sua delimitação revela-se um pouco mais difícil, dada a sua dinâmica natural. Para Gomes (2007), é necessário continuar a investigar muitos aspectos de dinâmica costeira e a investir na monitorização das situações para que se aprofundem os

conhecimentos necessários à compreensão dos fenômenos, à previsão das evoluções e à sustentação das intervenções a nível de ordenamento e de defesa costeira.

Conhecer e analisar o comportamento da linha da costa, ao longo de vários períodos temporais revela-se um processo importante, na medida em que a informação que se gera constitui-se como uma base essencial para inúmeros projetos, de proteção da zona costeira, estudos sobre a variação do nível médio das águas e a determinação das respectivas zonas de risco, assim como, estudos sobre a erosão costeira (FERREIRA, 2014). A existência de imagens de sensores remotos de diferentes épocas possibilita, com o uso da análise multitemporal, realizar estudos geomorfológicos costeiros que proporcionam o entendimento da história evolutiva de uma determinada região.

Em Pernambuco, com uma zona costeira que representa cerca de 4% do território, vive 43,8% da população, o crescimento demográfico exponencial na zona costeira acompanhado pela explosão desordenada das atividades turísticas, precipitaram a sua descaracterização, já irreversível em alguns setores praias de vários municípios (MANSO et. al., s.d).

A Zona Costeira tem uma importância estratégica em termos ambientais, econômicos e sociais. A resolução e mitigação dos seus problemas assume essa mesma importância estratégica no âmbito de uma política de desenvolvimento sustentável, necessitando de ser enquadrada numa gestão integrada e coordenada destas áreas (GOMES, 2007).

Outro fator importante para realização dessa análise na região em questão é que corresponde a uma área de preservação ambiental e sofre com o processo de urbanização, aumentando assim, a vulnerabilidade da costa a erosão. A ocupação de Fernando de Noronha é quase tão antiga quanto a do continente. Em decorrência de sua posição geográfica, o arquipélago foi uma das primeiras terras localizadas no Novo Mundo, já aparecendo em 1500 no planisfério do cartógrafo espanhol Juan de la Cosa e, em 1502, no mapa do português Alberto Cantino, neste com o nome de “Quaresma” (CONDEPE/FIDEM, s.d).

Para sustentar o turismo crescente, Fernando de Noronha se desenvolve sacrificando, paradoxalmente, seu principal atrativo turístico: os recursos naturais. O complexo turístico emergente na ilha sofre com a ameaça de um colapso geral e já extrapolou em vários aspectos o nível de risco. O arquipélago corre o risco de esgotar

seus atributos naturais nas próximas décadas se não adotar um modelo sustentável de desenvolvimento. Os danos são reais e muitos deles irreversíveis (WATSON, 2011).

2 OBJETIVOS

Esta seção apresenta os objetivos deste trabalho.

2.1 Geral

O presente projeto tem o objetivo de estudar a variação da linha de costa do Litoral Setentrional e Meridional, que representa doze praias (Cacimba do Padre, Quixabinha, Bode, Americano, Boldró, da Conceição, do Meio, do Sueste, do Leão, do Leão 2, Enseada dos Abreus e do Atalaia) da ilha principal do Arquipélago de Fernando de Noronha, localizado no Estado de Pernambuco, entre os anos de 1997 e 2005. A fim de compreender e explicar a evolução espacial – temporal da linha de costa do arquipélago, relacionando-a com as características físicas e antrópicas do ambiente, bem como, essa interação com os fatores morfodinâmicos e os parâmetros meteorológicos da ilha, subsidiando a gestão sustentável das praias.

2.2 Específicos

- Realizar o levantamento multitemporal e espacial da linha de costa ao longo dos nove anos selecionados;
- Quantificar e analisar a variabilidade da linha de costa através do cálculo das taxas de progradação e retrogradação (erosão);
- Adquirir dados espaciais e temporais com o emprego de Tecnologias da Geoinformação, em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas);
- Gerar mapas do posicionamento da linha de costa dos anos de 1997 e 2005 das doze praias pesquisadas;
- Elaborar quadros e gráficos Estatísticos, utilizando o software *Statistic*, para comparar os parâmetros da morfologia costeira (Transectos, Média, Mediana, Mínimo, Máximo, e Desvio Padrão) nos anos de 1997 e 2005, das doze praias selecionadas.
- Relacionar a influência dos parâmetros morfodinâmicos na variação da linha de costa.
- Fornecer dados científicos para subsidiar Planos de Gestão Costeira.

3 EMBASAMENTO TEÓRICO

Nesta seção consta a revisão da literatura utilizada como embasamento teórico para o desenvolvimento desta pesquisa.

3.1 Zona Costeira

A zona costeira ou faixa litorânea corresponde à zona de transição entre o domínio continental e o domínio marinho. É uma faixa complexa, dinâmica, mutável e sujeita a vários processos geológicos. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a zona costeira brasileira, conforme Decreto Nº 5300/04, é uma faixa territorial para efeitos de gestão ambiental e, no parágrafo 4º do artigo 255 da Constituição Federal, é considerada como patrimônio nacional.

De acordo com Gomes (2007), para entender melhor o assunto, deve-se considerar os seguintes conceitos:

- Litoral – termo geral que descreve porções do território que são influenciadas direta e indiretamente pela proximidade do mar;
- Zona costeira – é uma zona de transição entre o domínio continental e o domínio marinho. É uma faixa complexa, dinâmica, mutável e sujeita a vários processos geológicos;
- Orla costeira – porção do território onde o mar exerce diretamente a sua ação, coadjuvado pela ação eólica, e que tipicamente se estende para o lado de terra por centenas de metros e se estende, do lado do mar, até à batimétrica dos 30 m (englobando a profundidade de fecho);
- Linha de costa – fronteira entre a terra e o mar; materializada pela intercepção do nível médio do mar com a zona terrestre (GOMES, 2007).

Segundo Martins et. al. (2004), todo e qualquer estudo sobre linha costeira deve levar em consideração uma série de fatores, como:

- a) Características básicas intrínsecas ao próprio ambiente, tais como: topografia, embasamento geológico, natureza dos sedimentos, propriedades físicas e químicas das massas d'água;
- b) Forças externas, incluindo astronômicas, meteorológicas, geodinâmicas, ingerência humana, ingresso de elementos químicos através da atmosfera e intensidade da radiação solar;

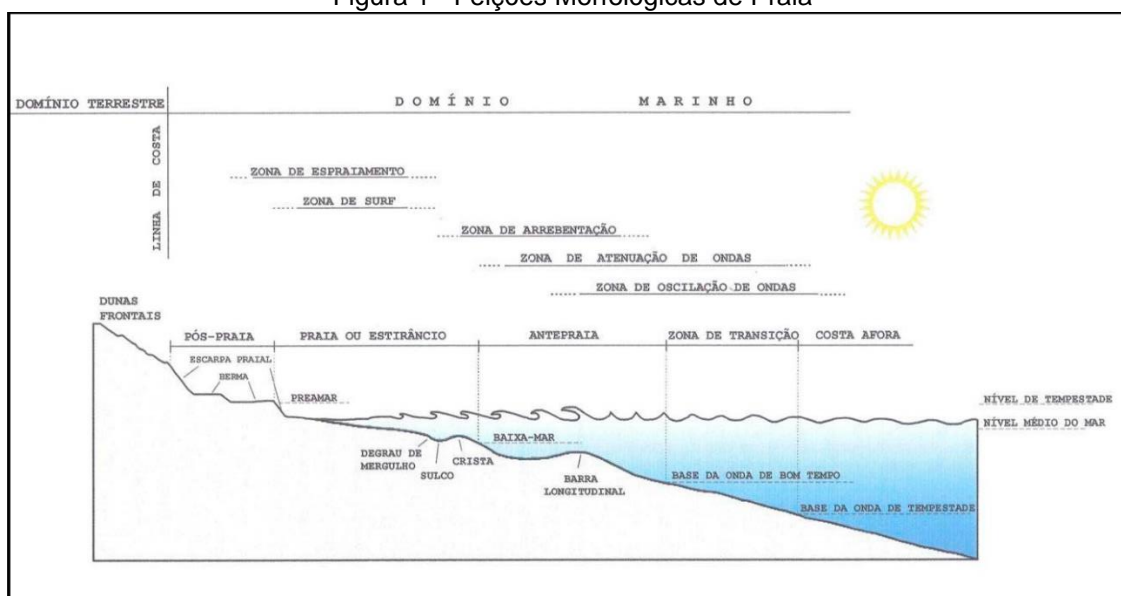
- c) Aportes tais como material solúvel e sedimentos detritais em suspensão, tração e rolamento.

3.2 Feições Morfológicas da Praia

A morfologia costeira é resultante da união de vários fatores e entre eles estão os processos hidrodinâmicos, geológicos e climatológicos. A interferência de forças naturais pode ser classificada em processos de longa duração e processos de curta duração. Aos de longa duração, pode-se atribuir, por exemplo, a forma da morfologia costeira sobre longas escalas espaciais, na ordem de quilômetros, já os processos de curta duração podem ser, por exemplo, as ocorrências de tempestade que provocam impactos em apenas poucas horas (MENEZES, 2008).

Chamadas de feições morfológicas as subdivisões dos setores de praias, que segundo Reading & Collisson (1996), o ambiente praiado divide-se em dunas frontais, pós praia, praia ou estirâncio e antepraia. Essa classificação ainda varia muito de autor para autor, desde o continente em direção ao mar, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Feições Morfológicas de Praia



Fonte: DUARTE (2002).

- Dunas Frontais: são depósitos formados na pós-praia ou antepraia superior pela retenção de sedimento, sendo, no primeiro caso muitas vezes retido pela vegetação.

- Pós-praia: representa o setor, até certo ponto estreito, localizado acima da linha de preamar, que só é inundado em marés muito altas ou de tempestades.
- Praia ou Estirâncio: equivale a feição que se encontra entre o limite superior de preamar e, que é marcado pela berma, vegetação ou marcas de deixa, e a linha de baixa mar. Mantém-se exposto ao longo da maré baixa e submerso no decorrer da maré alta.
- Antepraia: é a extensão entre marés, isto é, entre o nível da maré baixa e o da maré alta. É a parcela da praia que passa pela ação das marés e os efeitos do espraiamento e refluxo da água.
- Zona de Transição: estende-se da base média da onda de tempestade à base média da onda de bom tempo e é por essa razão, caracterizada por alternâncias de condições de alta e baixa energia.

De acordo com Neves e Muehe (2008), a incidência oblíqua das ondas sobre a praia produz uma corrente longitudinal limitada pela largura da zona de arrebatção das ondas, que é um dos mecanismos responsáveis pelo transporte de sedimentos na zona costeira.

As praias são formadas por acumulações de sedimentos ao longo do litoral. Os sedimentos que se encontram junto à linha de costa, estão em constante movimentação, procurando sua posição no perfil de equilíbrio em função das características geomorfológicas e hidrodinâmicas do ambiente costeiro (GREGÓRIO et al., 2017).

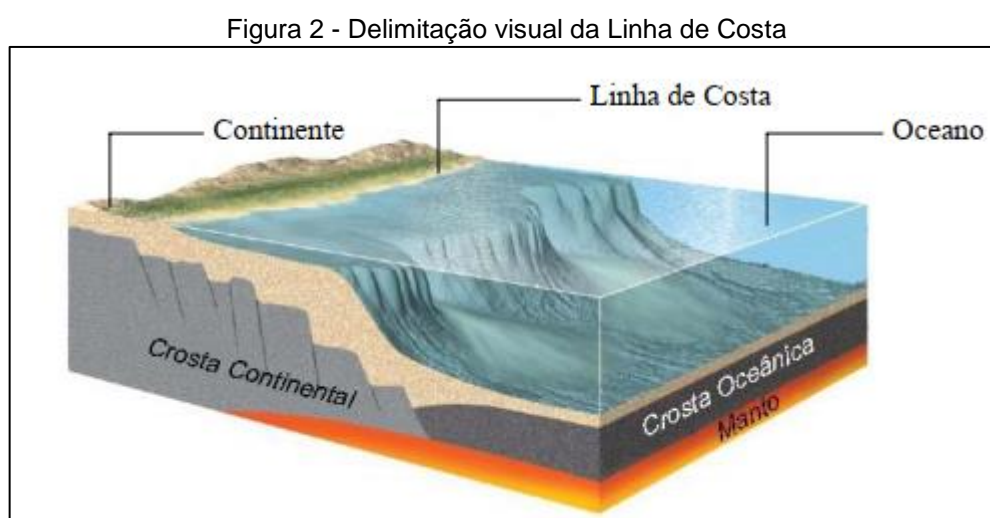
Os movimentos das águas provocam mudanças no padrão hidrodinâmico, exercendo atritos sobre os sedimentos da praia causando variações espaciais e temporais em seu transporte (BIRD, 1985).

3.3 Linha de Costa

Segundo Muehe e Oliveira (2014), pode-se definir a linha de costa como sendo o cruzamento entre o nível do mar e a terra firme. A definição dessa linha é diretamente influenciada pela maré, por isso é necessário definir qual maré deve ser analisada, isto é, qual das alturas entre as marés máximas e mínimas de sizígia deve ser considerada.

Os critérios definidores da linha de costa devem ser rigorosos, de forma que os resultados obtidos sejam fidedignos para que se faça comparações. Alguns indicadores podem representar fisicamente o seu limite, e a escolha desses fatores vai depender essencialmente do material de estudo disponível e da escala temporal em análise, associada à mobilidade de tal indicador (BOAK; TURNER, 2005; HANSLOW, 2007).

No entanto, deve-se entender que a linha de costa é uma linha móvel, e dependendo do tipo de costa em estudo, a sua posição pode variar de milímetros por ano ou vários metros (ALMEIDA, 2008). Na Figura 2 observa-se a delimitação visual de uma linha de costa.



Fonte: ALMEIDA, 2008.

A falta de sedimentos é a maior causa das variações da linha de costa. Isso ocorre através da transferência de sedimentos que pode se dar de forma natural ou pela ação do homem ao construir barragens ou obras que ocasionam a retenção do fluxo de sedimentos na costa (PBMC, 2014). De acordo com Camfield e Morang (1996), na etapa inicial de um estudo, é importante um completo conhecimento dos processos atuantes na área em foco, para que as mudanças que ocorrem na costa, em qualquer escala temporal, sejam melhor compreendidas.

Entre os processos que ocorrem nas linhas de costas estão a progradação e a retrogradação. A progradação é um processo orgânico de expansão da costa, provocado pelo mar, que deposita sedimentos na costa, provocando uma ampliação e ocorrendo, conseqüentemente, uma progradação positiva. Sempre que a taxa de

aportes de sedimentos for maior que a taxa de retirada, acontece progradação (SILVA, 2011).

De acordo com Conceição (2019), a retrogradação pode ser entendida como sendo um fator indicativo para o estabelecimento do processo erosivo, seja em margens costeiras ou estuarinas. Ela se dá ao desgaste (mecânico ou químico) que acontece ao longo da orla, e se deve à ação das ondas, correntes marinhas e/ ou intra estuarinas, ação das marés, entre outros aspectos. De modo geral, a retrogradação, consiste na perda frequente de material arenoso no sistema praias, tendo como consequência um recuo da linha de costa em direção ao continente (VAN RIJN, 2011).

3.4 Erosão Costeira

Conforme Bird (2008), a erosão costeira ocorre em 70% das praias arenosas do planeta, o que torna esse processo uma preocupação global.

No âmbito do planejamento e ordenamento territorial, a erosão costeira pode-se definir por um movimento, não desejado, da linha da costa em direção à terra. A erosão de praias é um crônico problema, especialmente em praias arenosas expostas, onde geralmente há uma forte pressão antrópica (MENEZES, 2011).

Uma das principais causas da erosão é a falta de suprimento sedimentar, seja ela por escassez de fonte natural ou pela retenção de sedimentos nos rios. De certo modo, é complicado qualificar e quantificar de maneira isolada cada um dos fatores que influenciam no balanço sedimentar de uma praia, sendo assim necessário o monitoramento da zona litorânea com base nas taxas de recuo da linha de costa (DIAS *et al.*, 1994).

A busca pela identificação das causas da erosão costeira tem se tornado um exercício frequente e para Muehe (2005) isso se deve à falta de informações sobre a tendência de variação dos fatores morfodinâmicos que podem ser o nível do mar, o clima de ondas e a evolução da linha de costa. O fato é que, quando o balanço sedimentar da praia for negativo, isto é, quando a quantidade de sedimentos perdidos da pós-praia e da praia for superior à quantidade adquirida, haverá uma deficiência sedimentar, evidenciando assim, a ocorrência de um processo erosivo (SANTOS JUNIOR, 2017).

As principais fontes de sedimentos para uma praia são suprimento fluvial, materiais depositados por ondas, alimentação artificial e sedimentos transportados

das dunas, pós-praia e falésias ou costas rochosas. Os sumidouros de sedimentos podem ser areias removidas por ondas e correntes que atuam junto à costa, areias transportadas para o continente que irão compor campos de dunas e ou serem depositadas em estuários e a retirada de areia para construção civil (SOUSA, s.d).

Em resumo, fenômenos erosivos são frequentes em todo o litoral, concentrando-se preferencialmente nas proximidades de desembocaduras fluviais e em segmentos localizados em áreas urbanizadas, muitas vezes a jusante de estruturas artificiais que alteram o balanço sedimentar, como, por exemplo, em Fortaleza, Recife e litoral Norte do Rio de Janeiro (MUEHE, 2005).

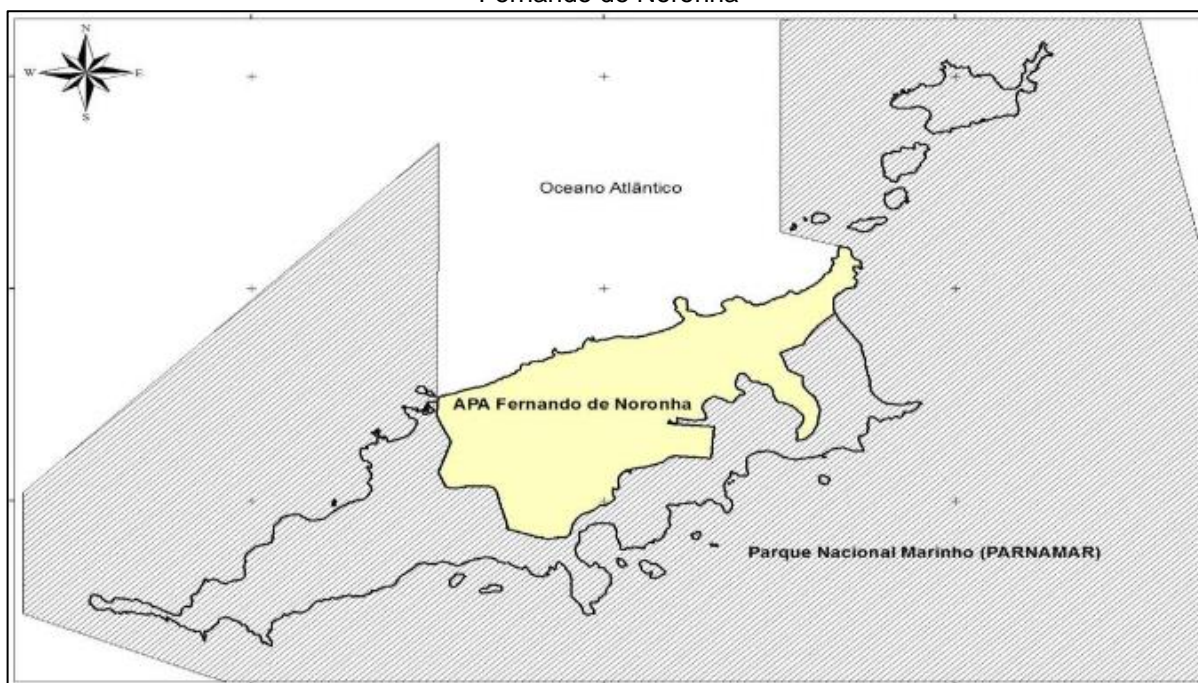
3.5 Área de Proteção Ambiental (APA) de Fernando de Noronha

As discussões sobre o tema "meio ambiente" têm sido abordadas nas mais diferentes instâncias da sociedade nas últimas décadas, sendo possível identificar na esfera pública, na comunidade acadêmica e na própria sociedade civil, uma crescente consciência de que dá proteção e conservação dos sistemas naturais depende o futuro da humanidade (CARVALHO, 2011).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2013), Área de Proteção Ambiental (APA) é um tipo de unidade de conservação elaborada com a intenção de proteger a qualidade ambiental e os recursos naturais presentes em uma determinada área. O objetivo é preservar os processos naturais do bioma em que está inserida, além de direcionar o desenvolvimento e adequar as atividades de uso múltiplo às necessidades ambientais de cada área.

A APA de Fernando de Noronha (Figura 3) foi criada em 5 de junho de 1986 pelo Decreto nº. 92.755, possui uma área total de 79. 706 ha e é dividida em três áreas: 30% da parte terrestre do Arquipélago de Fernando de Noronha e entorno marinho; Entorno da Reserva Biológica do Atol das Rocas; Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Figura 3 - Limites das duas unidades de conservação homologadas por Lei Federal no Arquipélago Fernando de Noronha



Fonte: SANTANA, *et al.*, 2016.

As belezas naturais e o estado de preservação ambiental da ilha são fatores de reconhecimento da importância, em nível mundial, do Arquipélago de Fernando de Noronha. Um estudo relacionado às Zonas Costeira e Marinha, realizado pelo Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Biodiversidade e Floresta (2002), conhecido como “Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha”, classificou o Arquipélago de Fernando de Noronha como área de extrema importância biológica para a conservação da Zona Marinha (SANTANA, *et al.*, 2016).

O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) é o encarregado pelo controle ambiental no que se refere à aplicação da legislação ambiental (proteção, monitoramento e autorização). A gestão dos serviços públicos como: educação, fornecimento de água potável, tratamento de esgoto, coleta de lixo, manutenção de vias, praças, trilhas e praias da APA, são de responsabilidade do Governo de Pernambuco.

3.6 Fotogrametria

A fotogrametria é uma das principais tecnologias, dentre as utilizadas, na obtenção dos materiais necessários para a demarcação e análise de linha de costa.

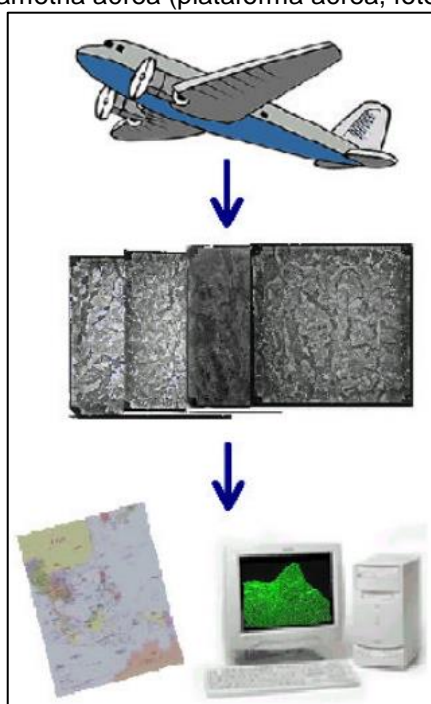
A *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing* (ASPRS), define a fotogrametria como arte, ciência e tecnologia de obter informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente, utilizando processos de gravação, medição e interpretação de imagens e padrões de energia eletromagnética radiante e outros fenômenos (CÓRDOBA, 2012).

A principal finalidade da Fotogrametria, segundo Coelho e Brito (2007) é a reconstrução de um espaço tridimensional, chamado de espaço-objeto, com base em um conjunto não vazio de imagens bidimensionais, chamado de espaço-imagem. Isto é, transformar um sistema bidimensional, que é o fotográfico em um sistema tridimensional que representa o espaço objeto documentado.

A Fotogrametria pode ser classificada em Fotogrametria Terrestre ou Fotogrametria Aérea ou Aerofotogrametria. Na Fotogrametria Aérea ou Aerofotogrametria as imagens são obtidas por câmeras acopladas em aeronaves com o eixo ótico da câmera na vertical. Já na Fotogrametria Terrestre são utilizadas fotografias obtidas de estações fixas e de posições determinadas sobre o terreno, com o eixo ótico da câmara na horizontal (DUARTE, 2004).

A Figura 4 demonstra de forma esquematizada como é realizada a fotogrametria aérea.

Figura 4 - Fluxograma de fotogrametria aérea (plataforma aérea, fotografias e produtos cartográficos).



Fonte: COELHO; BRITO, 2007.

Outros tipos de classificações da Fotogrametria estão relacionados com a tecnologia envolvida quanto a evolução dos equipamentos e materiais envolvidos nos processos fotogramétricos. O Quadro 1 demonstra as principais diferenças entre os diferentes tipos de fotogrametria.

Quadro 1 - Características das diferentes classes da fotogrametria

Fotogrametria	Entrada	Processamento	Saída
Analógica	Fotografia analógica (em filme)	Analógico (Óptico-mecânico)	Analógica (<i>scribes</i> ou fotolitos) no passado ou digital (CAD, por exemplo) no presente
Analítica	Fotografia analógica (em filme)	Analítico (Computacional)	Analógica (<i>scribes</i> ou fotolitos) no passado ou digital (CAD, por exemplo) no presente
Digital	Imagem Digital (obtida de câmara digital, por exemplo) ou digitalizada (foto analógica submetida a um <i>scanner</i>)	Analítico (Computacional)	Digital

Fonte: COELHO; BRITO, 2007, p.22. (Adaptada de AUGUSTO, 1999).

De acordo com Rocha (2015), a fotogrametria é comumente utilizada na elaboração de materiais cartográficos a partir de fotos aéreas. A câmara fotogramétrica transportada pela aeronave é ajustada para fotografar cada ponto da superfície terrestre por diversas vezes e em diferentes posições, afim de se obter produtos fotogramétricos como fotografias aéreas e ortofotocartas, dentre outros.

3.6.1 Fotografias Aéreas

As fotografias aéreas também podem ser denominadas de fotografias verticais ou nadirais. São consideradas aéreas quando no momento da exposição, o eixo óptico da câmara encontra-se aproximadamente na vertical, com uma tolerância de desvio inferior a 3°. A fotografia aérea concede informações, que são gravadas através de sensores que existem nas câmaras fotográficas e servem de base para a localização de feições no espaço tridimensional através da estereoscopia. Os aspectos físicos como a drenagem, topografia e vegetação apresentam diversas formas, texturas, tonalidades e sombras que permitem fazer a diferenciação dos alvos terrestres (CARVALHO; ARAÚJO, 2009).

Segundo Casaca, Matos e Baio, 2007, são necessárias as seguintes condições para a obtenção de fotografias verticais:

- A utilização de aeronaves que apresentem um elevado grau de estabilidade durante o voo;
- As condições atmosféricas devem estar favoráveis para o voo;
- A navegação deve ser cercada de cuidados por parte do piloto.

3.6.2 Ortofotocartas

A combinação entre uma imagem aérea ortorretificada e uma carta digital origina uma ortofotocarta, que pode ser definida como uma representação desenvolvida a partir de uma fotografia vertical e transformada geometricamente (ortoretificada) de forma que possa ser empregada como uma projeção ortogonal do terreno sobre o plano, numa determinada escala (ROCHA, 2015).

De acordo com Gaspar (2005), as ortofotocartas são mais simples de serem geradas se comparadas com as cartas topográficas, no entanto, apresentam limitações de quantidade e legibilidade da informação apresentada.

3.7 Digital Shoreline Analysis System (DSAS)

A ferramenta *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) é um sistema digital de análise de linha de costa que funciona acoplado ao programa *ArcGis*. Disponibilizado gratuitamente pela *United States Geological Survey* (USGS), trabalha no Sistema de Informações Geográficas do Instituto de Pesquisa de Sistemas Ambientais. O DSAS calcula estatísticas de taxa de variação para uma série temporal de dados vetoriais da costa (USGS, 2018).

De acordo com Himmelstoss (2009 *apud* Souza *et al.*, 2016), o DSAS realiza as análises da linha de costa por meio dos procedimentos matemáticos e estatísticos seguintes:

- *Shoreline Change Envelope* (SCE): analisa a mudança da linha costeira;
- *Net Shoreline Movement* (NSM): encontra o movimento líquido da linha costeira;

- *End Point Rate* (EPR): esse processo calcula a taxa de variação por ano da linha de costa;
- *Linear Regression Rate* (LRR): analisa a taxa de regressão linear da linha de costa;
- *Weighted Linear Regression* (WLR): calcula a taxa de regressão linear ponderada;
- *Least Median of Squares* (LMS): calcula a menor mediana dos quadrados.

Para a geração dos cálculos o DSAS necessita de pelo menos três arquivos vetoriais, que são: uma linha de base, que deve ser paralela à linha de costa, em uma distância que possibilite o cálculo; alguns vetores de linha de costa de variados anos, contendo um atributo de data vinculado e um de incerteza (em metros) derivado da resolução espacial da imagem; e vários transectos, ou seja, linhas retas transversais à linha de costa, geradas automaticamente pelo DSAS com espaçamento predefinido pelo usuário que saem da linha de base, cruzam os vetores de linha de costa e servem para calcular as variações no tempo.

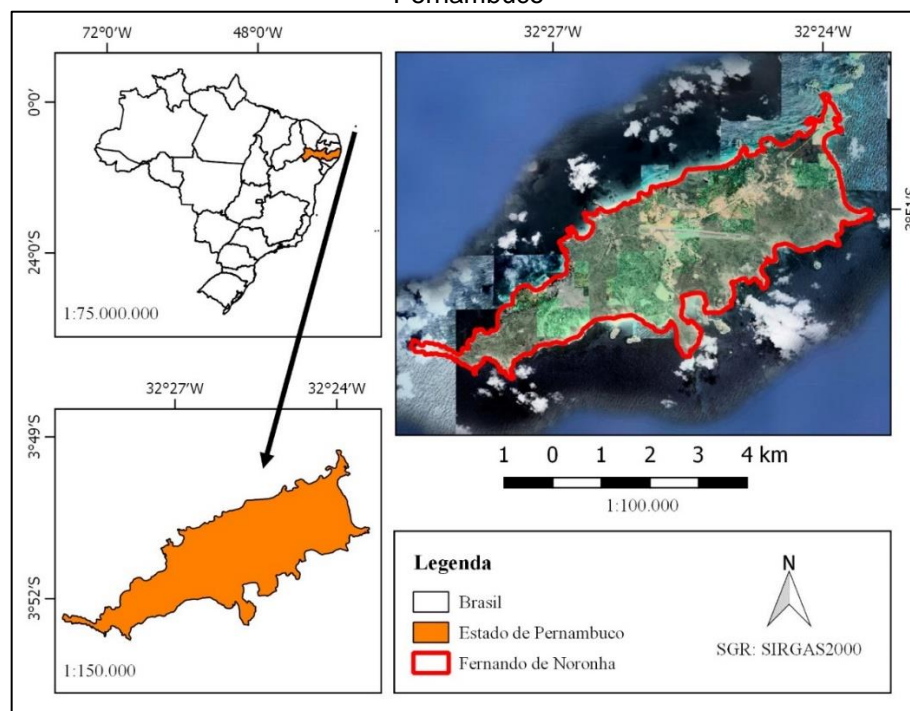
4 METODOLOGIA

Nesta seção são expostas a área de estudo escolhida para a análise, os materiais que foram utilizados e a descrição dos métodos.

4.1 Área de Estudo

A área de estudo é a faixa litorânea da ilha principal do Arquipélago brasileiro Fernando de Noronha (Figura 5). O arquipélago é formado por 21 ilhas, ilhotas e rochedos de origem vulcânica e ocupa uma área de 26 km², desses, 17 km² são da ilha principal “Fernando de Noronha”. Possui população estimada em 3140 habitantes (IBGE, 2021) e está situado no Oceano Atlântico Sul Equatorial, entre os paralelos de 3° 48' e 3° 53' S e meridianos de 32° 22' e 32° 29'W, distando 545 quilômetros na direção NE da cidade do Recife (PE), 360 quilômetros da cidade de Natal (RN), 710 quilômetros de Fortaleza (CE) (ALMEIDA, s.d; CPRM, s.d).

Figura 5 - Enquadramento geográfico do arquipélago de Fernando de Noronha, no estado de Pernambuco

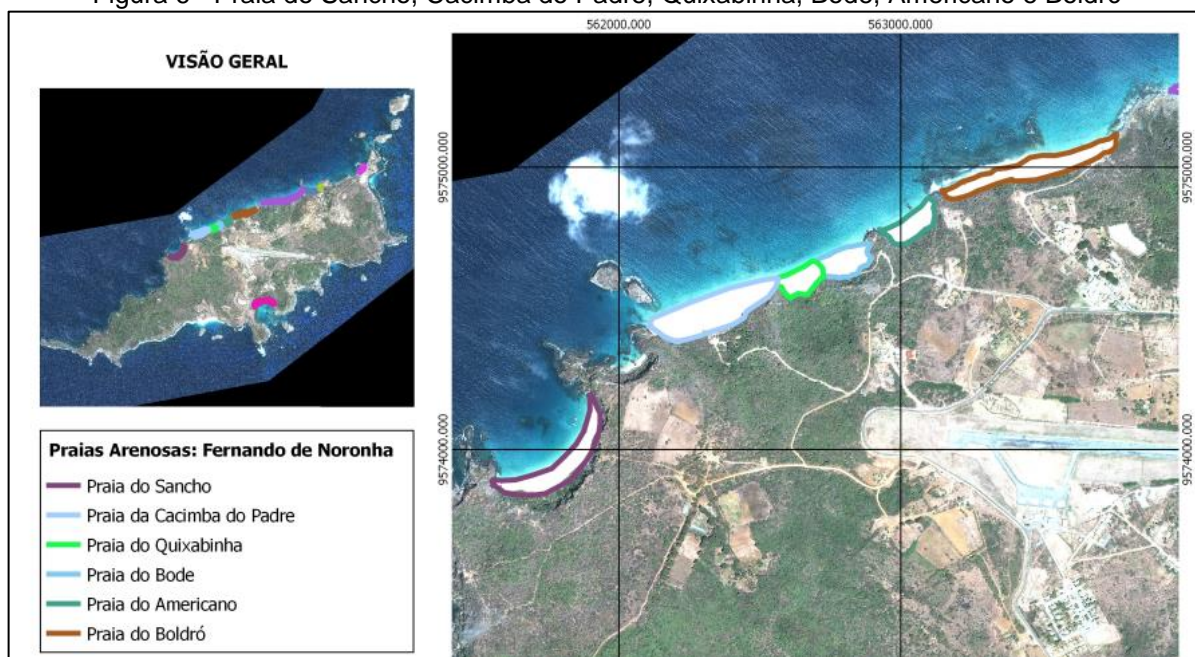


Fonte: Google Earth (2022); IBGE (2022). Adaptado pela autora (2022).

As praias arenosas são utilizadas pelo homem para diversos fins, e em Fernando de Noronha destacam-se as utilizações de natureza recreacional e turística.

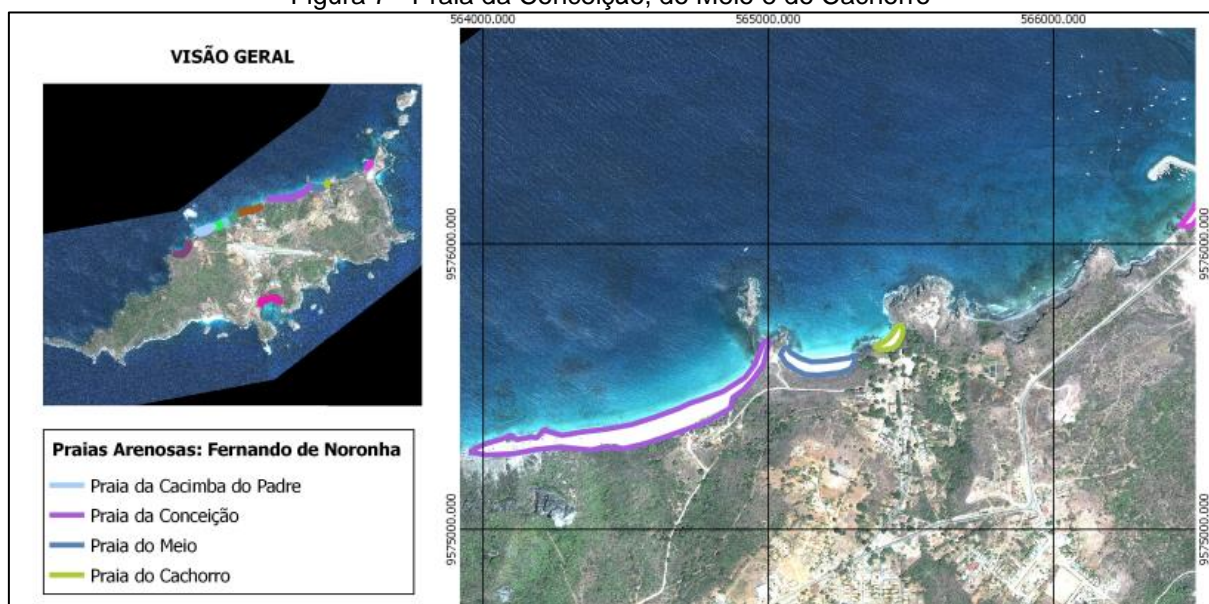
Dentre as diversas praias da ilha para este trabalho foram destacadas as seguintes praias: Praia do Sancho, Cacimba do Padre, Quixabinha, Bode, Americano e Boldró (Figura 6), Praia da Conceição, do Meio e do Cachorro (Figura 7), Praia do Porto de Santo Antônio (Figura 8) e Praia do Sueste (Figura 9).

Figura 6 - Praia do Sancho, Cacimba do Padre, Quixabinha, Bode, Americano e Boldró



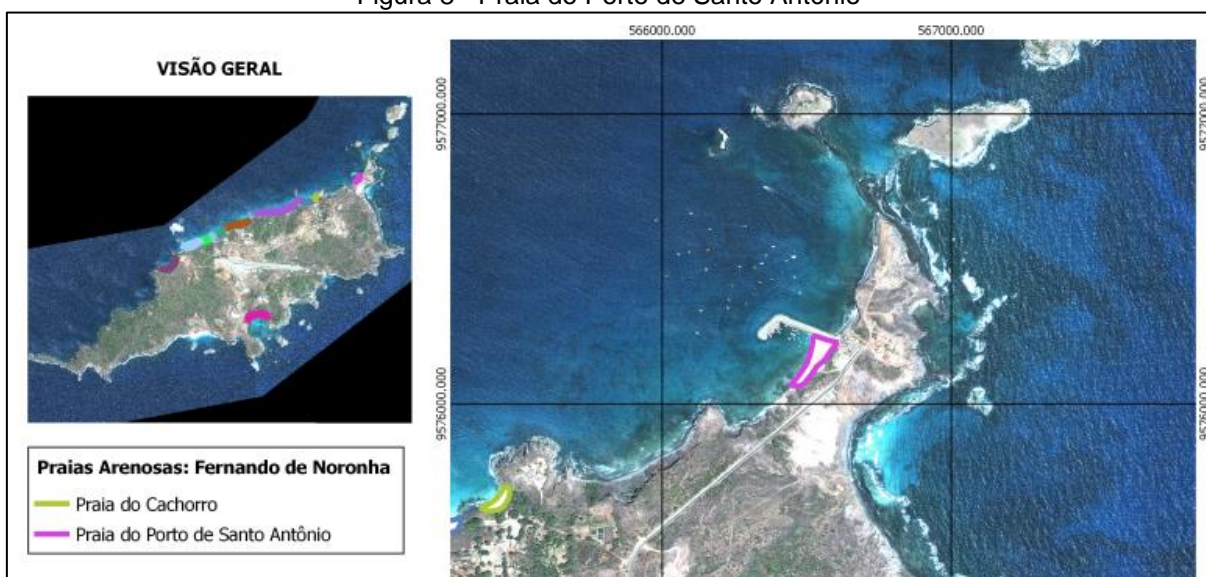
Fonte: A autora (2022).

Figura 7 - Praia da Conceição, do Meio e do Cachorro



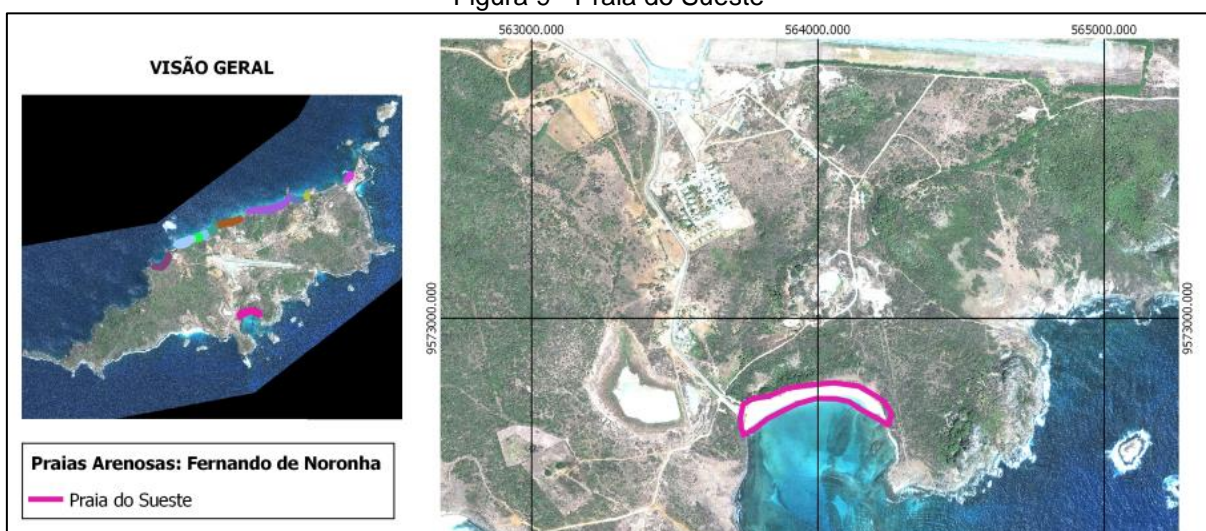
Fonte: A autora (2022).

Figura 8 - Praia do Porto de Santo Antônio



Fonte: A autora (2022).

Figura 9 - Praia do Sueste



Fonte: A autora (2022).

4.1.1 Clima

O clima de Fernando de Noronha se caracteriza como tropical quente, com duas estações bem definidas, um período seco, que vai de setembro a fevereiro e o período chuvoso, com precipitações ocasionais (CPRM, s.d.).

A temperatura tem pouca variação durante o ano, mantendo uma média de 28°C, com amplitude térmica de 4°C, com muito sol e uma brisa refrescante. No que se refere às chuvas, a precipitação média anual é de 1.300 mm, concentrada essencialmente na estação úmida que vai de março a maio, chegando a atingir no

período chuvoso 2.000 mm, enquanto que na estação seca pode chegar a índices similares às regiões mais secas do semiárido nordestino, com precipitações na casa dos 500 mm. (OLIVEIRA et al, 2011).

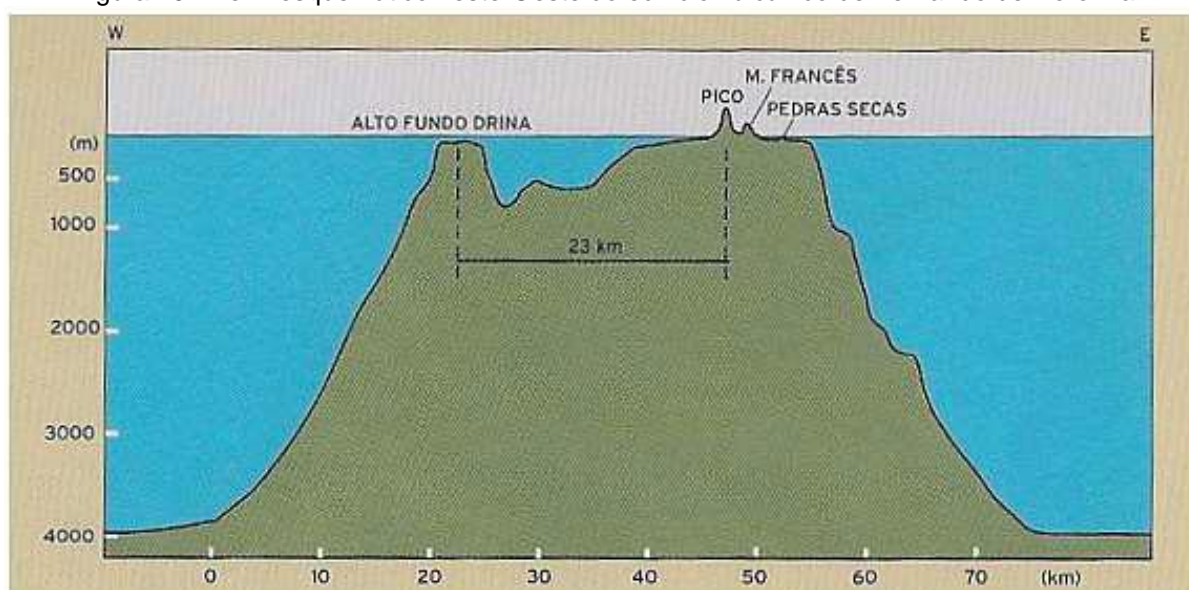
4.1.2 Geologia e Geomorfologia

De acordo com Serafini *et.al.* (2010), o arquipélago é caracterizado por um monte cônico vulcânico que repousa sobre o assoalho oceânico a cerca de 4.000 m de profundidade (Figura 10). Faz parte de uma cadeia de montanhas submarinas que se estende até a costa do estado do Ceará.

A origem do arquipélago está relacionada a sucessivas erupções vulcânicas ocorridas devido ao movimento de afastamento das placas tectônicas Sul-Americana e Africana, que originaram o oceano Atlântico. Essas erupções se iniciaram quando da passagem da placa Sul-Americana por um ponto quente (*hotspot*), que são colunas superaquecidas provenientes do interior da terra, expelindo grandes quantidades de magma (SCHOBENHAUS; SILVA, 2012).

O Arquipélago de Fernando de Noronha é hoje a parte emersa do que resta de um edifício vulcânico oceânico, extinto, com cerca de 60 km de diâmetro na base, alongado no sentido NE-SW, que se desenvolve desde o assoalho marinho a profundidades de 4000 m (ALMEIDA, 1955; ROCHA, 1995, *apud* MANSO *et al.* 2011).

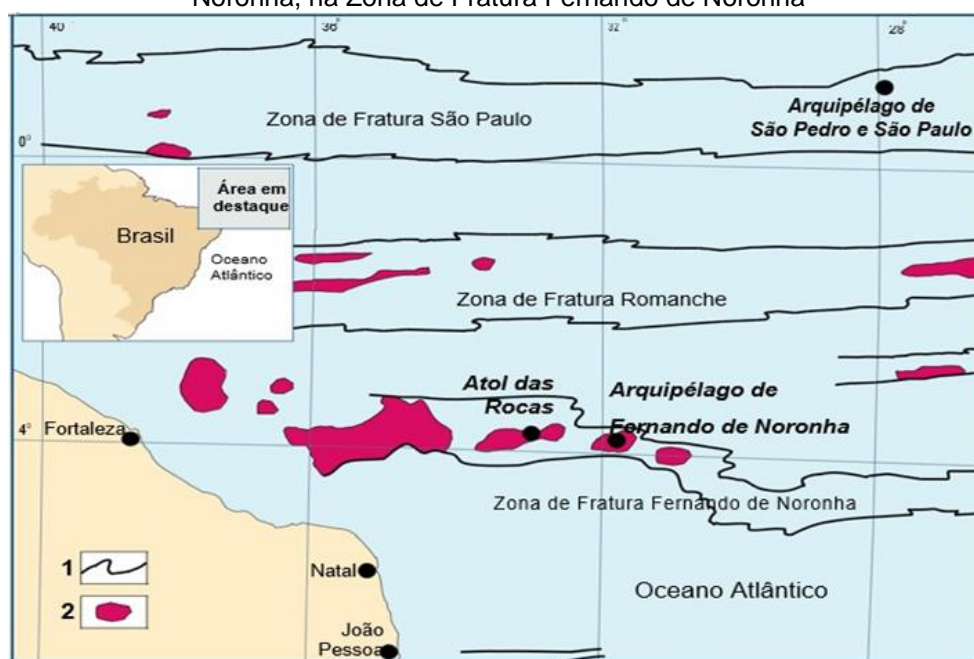
Figura 10 - Perfil esquemático Leste-Oeste do edifício vulcânico de Fernando de Noronha



Fonte: Teixeira et al, 2003.

O arquipélago é a porção emersa de uma extinta cadeia vulcânica que se formou em torno de 12 milhões de anos, quando magma na crosta oceânica extravasou e gerou uma cadeia de montanhas vulcânicas submarinas. O arquipélago foi formado por sistema de falhas e fraturas tectônicas (Figura 11) (IBANEZ, 2021).

Figura 11 - Esquema das Zonas de Fraturas e dos Arquipélagos vulcânicos, Arquipélago de São Pedro e São Paulo na Zona de Fratura São Paulo; Atol das Rocas e Arquipélago de Fernando de Noronha, na Zona de Fratura Fernando de Noronha



Fonte: Almeida, 2006.

O primeiro evento eruptivo ocorreu há cerca de 12,3 milhões de anos até cerca de 10 milhões de anos, e gerou as rochas da chamada Formação Remédios (Figura 12), o segundo evento ocorreu há cerca de 3 milhões de anos até cerca de 1,8 milhões de anos, gerando as Formações Quixaba e São José. As rochas mais antigas ocorrem como corpos subvulcânicos e são predominantemente fonólitos (um tipo de rocha alcalina vulcânica), e os sedimentos e rochas sedimentares ocupam 7,5% do arquipélago (IBANEZ, 2021)

A zona costeira da ilha de Fernando de Noronha é essencialmente constituída por franjas de abrasão marinha, formando falésias ou estreitas praias de seixos e calhaus retrabalhados, com precária acessibilidade. Contudo, cerca de um terço desse litoral é orlado por praias arenosas, de natureza essencialmente bioclástica (MANSO, et. al., 2011). A ilha principal por exemplo é bastante recortada, com enseadas e diversas praias arenosas, apresentando um processo morfodinâmico, com erosão e deposição em constante mudança (Figura 14).

Figura 14 - Morfodinâmica da praia Cacimba do Padre para os anos de 2000 e 2001



Fonte: Manso, 2022.

4.1.3 Fauna e Flora

Com relação ao bioma, a vegetação original foi quase toda destruída. Hoje, o revestimento vegetal constitui-se de escassa vegetação arbustiva ou arbórea de pequeno porte e grandes áreas de macega, ervas e gramíneas (ALMEIDA, s.d). Encontram-se áreas com vegetação arbórea relativamente preservada no morro da Quixaba e ponta da Sapata (TEIXEIRA *et al.*, 2003). Na enseada do Sueste, encontra-se uma pequena área de vegetação de mangue, considerada a única em ilhas oceânicas do Atlântico Sul.

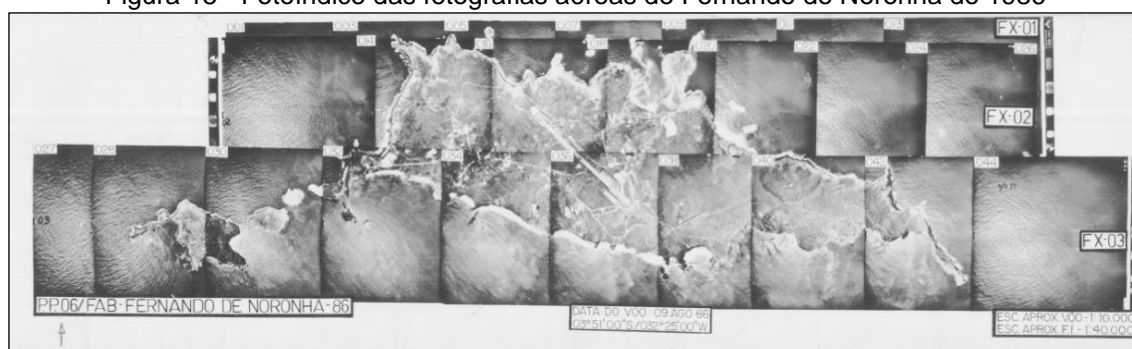
O conjunto de ilhas é considerado um berçário para a reprodução de aves marinhas, destacadamente a Ilha Rata, para onde migram periodicamente várias espécies. O ecossistema marinho conta com uma grande variedade de peixes multicolores, além de diversos tipos de tubarões, arraias e tartarugas. Destacam-se

na fauna marinha, os golfinhos rotadores, que podem ser observados em grande quantidade na enseada dos Golfinhos. Dos animais terrestres, o único nativo é um pequeno lagarto, chamado pela população local de Mabuia, que ocorre em toda a extensão da ilha principal (SCHOBENHAUS; SILVA, 2012).

4.2 Materiais

Para determinação da linha de costa foram utilizadas fotografias aéreas dos anos 1986, 1997 e 2005. As fotografias dos anos de 1986, 1997 e 2005, foram obtidas junto a Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife – FIDEM, todas em formato digital. As fotografias de 1986 são fotos aéreas na escala 1:6000, tiradas em um voo realizado pela Força Aérea Brasileira – FAB, conforme mostra o fotoíndice (Figura 15).

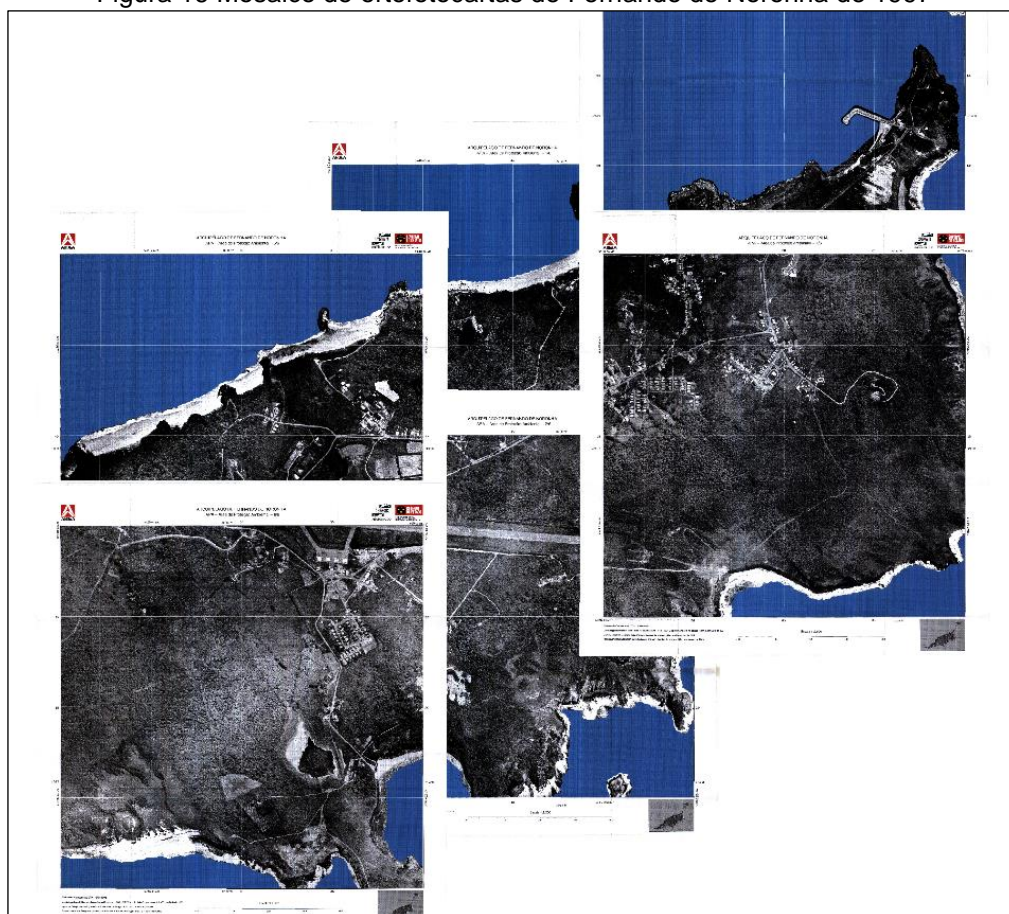
Figura 15 - Fotoíndice das fotografias aéreas de Fernando de Noronha de 1986



Fonte: FAB, 1986.

Já as fotografias de 1997 foram ortofotocartas também obtidas pela FAB, com apoio de campo e processamento de imagem executado pela Análise de Imagem Ltda – ANIMA em janeiro de 2000. Possuem uma escala 1:8000 e grade de coordenadas no Sistema Universal Transversa de Mercator – UTM no sistema de referência SAD 69/96 e transformada para SIRGAS2000 25S. São 6 cartas, cada uma cobrindo cerca de 4 km², que quando unidas em mosaico apresentam uma visão completa da ilha (Figura 16).

Figura 16 Mosaico de ortofotocartas de Fernando de Noronha de 1997



Fonte: Adaptado de ANIMA, 2000.

Na Figura 17 têm-se a fotografia do ano de 2005.

Figura 17 - Imagem de Fernando de Noronha de 2005



Fonte: FIDEM, 2005.

4.3 Métodos

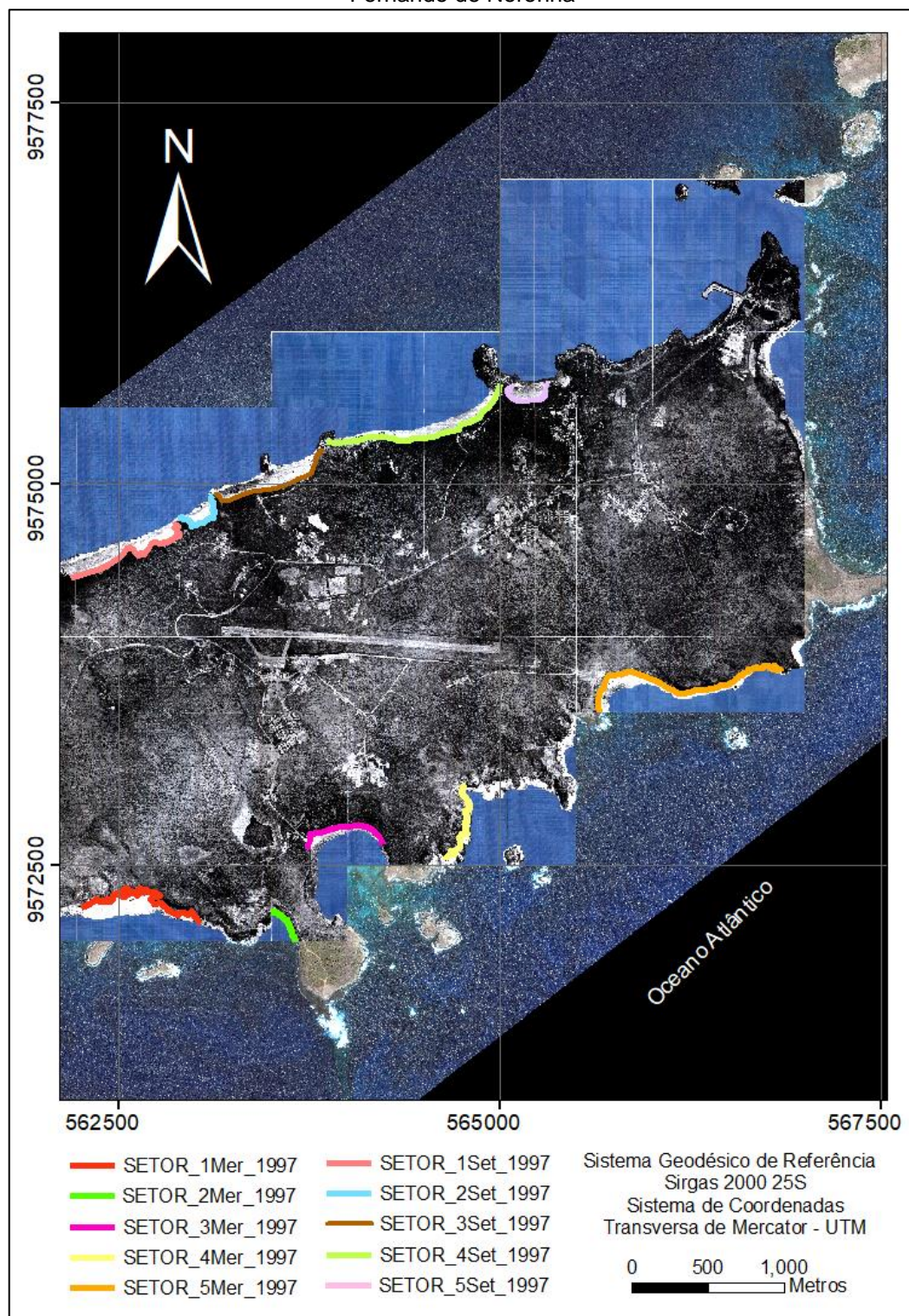
Utilizando as imagens de 1997 como base cartográfica foi realizado o georreferenciamento das fotografias aéreas de 1986 através do software *ArcGis* 10.2.2. De posse das imagens georreferenciadas, foi definida e demarcada a linha de costa.

A demarcação da linha de costa foi realizada por vetorização sobre as imagens do ano de 1997 e de 2005. Para esse levantamento foi considerado o limite superior do ambiente praiial, ou seja, o contato entre o ambiente marinho e o terrestre, devido a não observação da linha da maré alta no ambiente. Entretanto, a linha foi definida através da presença da faixa arenosa nas imagens mais antiga, a do ano de 1997, sendo o mesmo levantamento realizado para o ano de 2005, a partir da demarcação da linha de 1997.

Tomou-se como base a linha mais antiga (1997) a fim de analisar a variação durante os anos, através do cálculo da taxa de deslocamento em m/ano. A variação da linha de costa foi identificada por meio do cálculo das taxas de erosão e acresção, feito através da ferramenta *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), integrada no programa *ArcGis* 10.2.2 a qual funciona dentro da *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) e por meio de cálculos estatísticos como média, variância e desvio padrão.

Para à análise das taxas de deslocamento da linha de costa foi levado em consideração a direção da costa e o seu posicionamento em relação aos hemisférios e o seu posicionamento na ilha, sendo classificadas em setores setentrionais e setores meridionais, não se levando em consideração o nome da praia, mas a distribuição e mudança da linha de costa, sendo essa constituída de praia arenosa (1997) e/ou da ausência dessa (2005). Dessa forma foram distribuídos 5 setores Meridionais e 5 setores Setentrionais (Figura 18). Devido ao material digital disponível para a pesquisa foi considerado a localização que foi observada nas imagens de 1997 e 2005. Sendo utilizada como base para o cálculo da taxa de deslocamento da linha de costa extraída da imagem de 1997.

Figura 18 - Mapa de localização dos setores Meridionais e Setentrionais da linha de costa da ilha de Fernando de Noronha



Fonte: A autora (2022).

5 RESULTADOS

Nesta seção estão listados os resultados obtidos para os dois setores após a aplicação dos métodos.

5.1 Setores Meridionais

Os resultados das taxas dos setores Meridionais estão demonstrados na Tabela 1 e nas Figuras 19 a 25 e Figura 33.

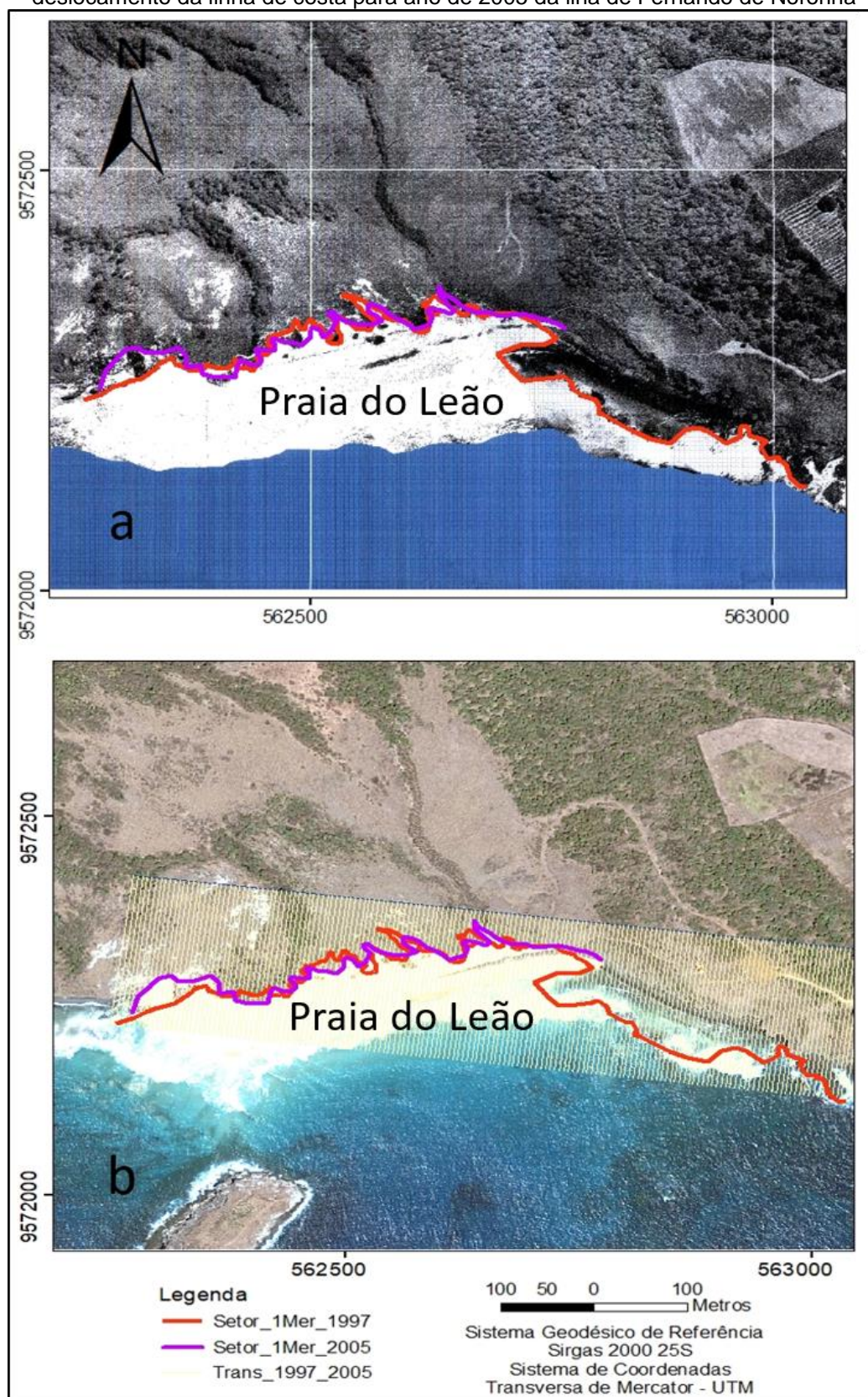
Tabela 1 - Resultados das taxas m/ano do deslocamento da linha de costa dos setores meridionais de 1997 a 2005, da ilha de Fernando de Noronha

Praias	Setor/Período	Transectos	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Padrão
Praia do Leão	Setor_1Mer_1997_2005	98	-1,772	-0,718	-10,058	3,214	3,381
Praia do Leão 2	Setor_2Mer_1997_2005	45	-1,031	-0,979	-2,237	-0,408	0,318
Praia de Sueste	Setor_3Mer_1997_2005	97	-0,933	-0,626	-7,188	3,562	1,199
Praia Enseada dos Abreus	Setor_4Mer_1997_2005	102	2,193	2,182	-6,012	8,753	3,054
Praia da Atalaia	Setor_5Mer_1997_2005	242	-3,682	-3,768	-18,857	0,122	1,795

Fonte: A autora (2022).

O setor 1 (Praia do Leão) está localizado no lado ocidental e meridional da ilha e possui uma direção leste – oeste, no sopé de uma encosta, formado por uma praia arenosa. A faixa arenosa apresentou uma largura média de 105,4 m, com um comprimento de 727,8 m para o ano de 1997 (Figura 19a), porém para o ano de 2005 a praia obteve uma largura média de 88,3 m e um comprimento médio de 461,7 m (Figura 19b), perdendo sedimentos na faixa da praia, na sua largura e no seu comprimento.

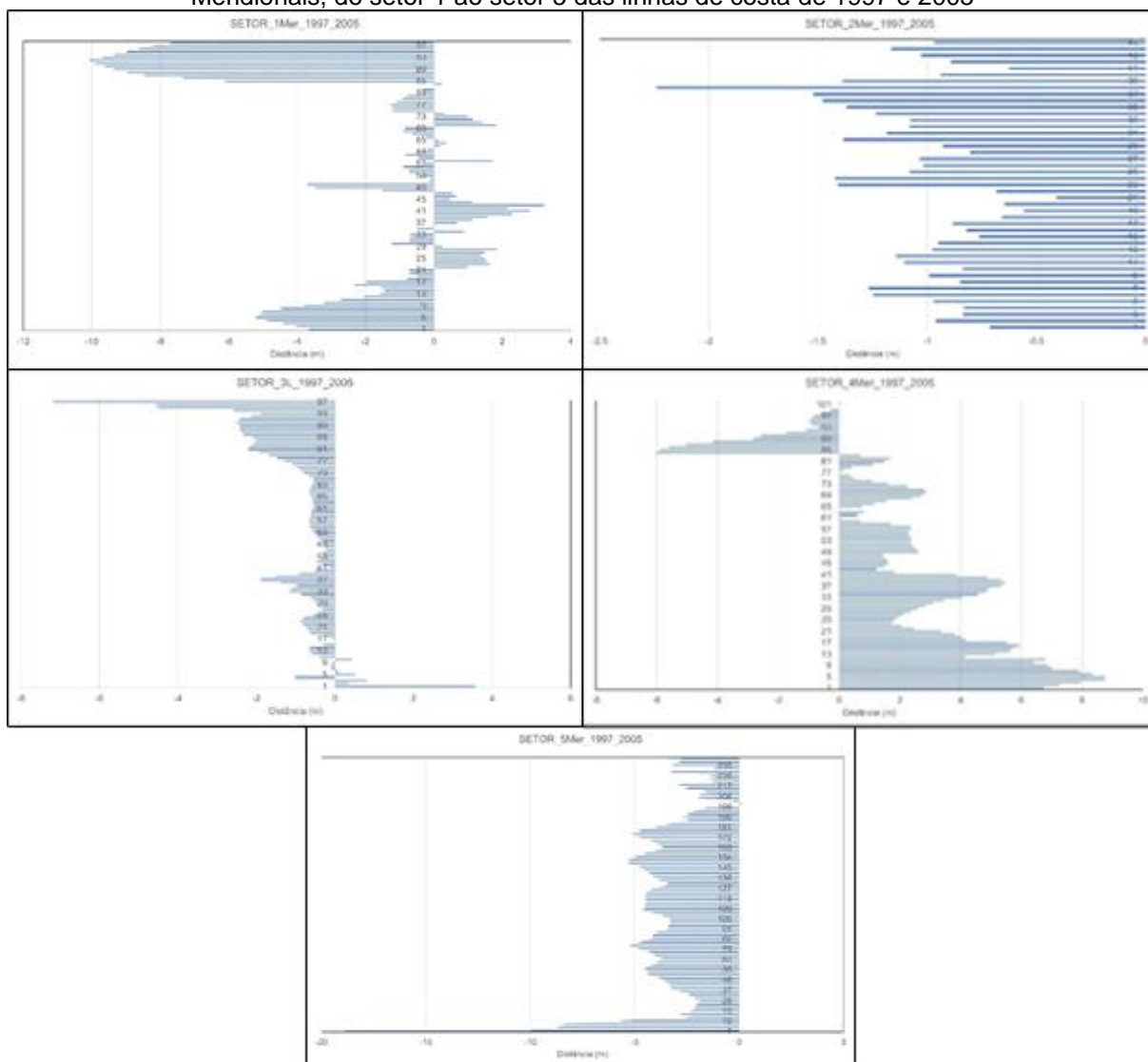
Figura 19 - Mapa de localização do setor 1 Meridional – a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha



Fonte: A autora (2022).

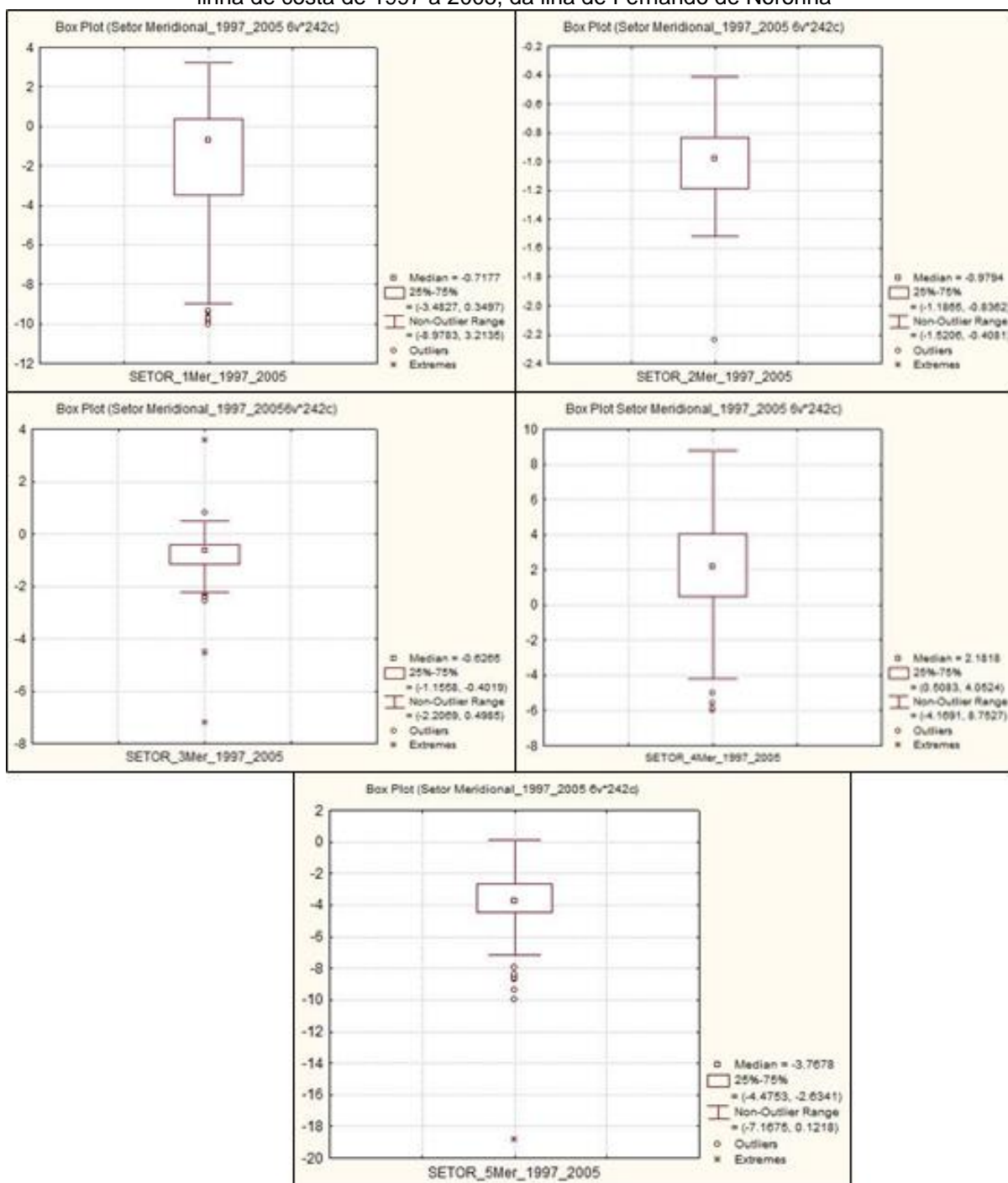
Na variação da linha de costa durante os anos de 1997 a 2005, o deslocamento médio da taxa foi negativo no valor de $-1,772$ m/ano, apresentando retrogradação para o período (Tabela 1). Sendo observado, que os valores se concentram abaixo do valor zero, bem como a sua média (Figura 20 e 21). O maior valor correspondeu a $3,214$ m e o menor valor de $-10,058$ m (Tabela 1), apresentando os menores valores (*outliers*) negativos (Figura 21).

Figura 20 - Resultados do deslocamento das distâncias dos transectos nas taxas dos setores Meridionais, do setor 1 ao setor 5 das linhas de costa de 1997 e 2005



Fonte: A autora (2022).

Figura 21 - Resultados dos setores Meridionais do setor 1 ao setor 5 das taxas do deslocamento da linha de costa de 1997 a 2005, da ilha de Fernando de Noronha

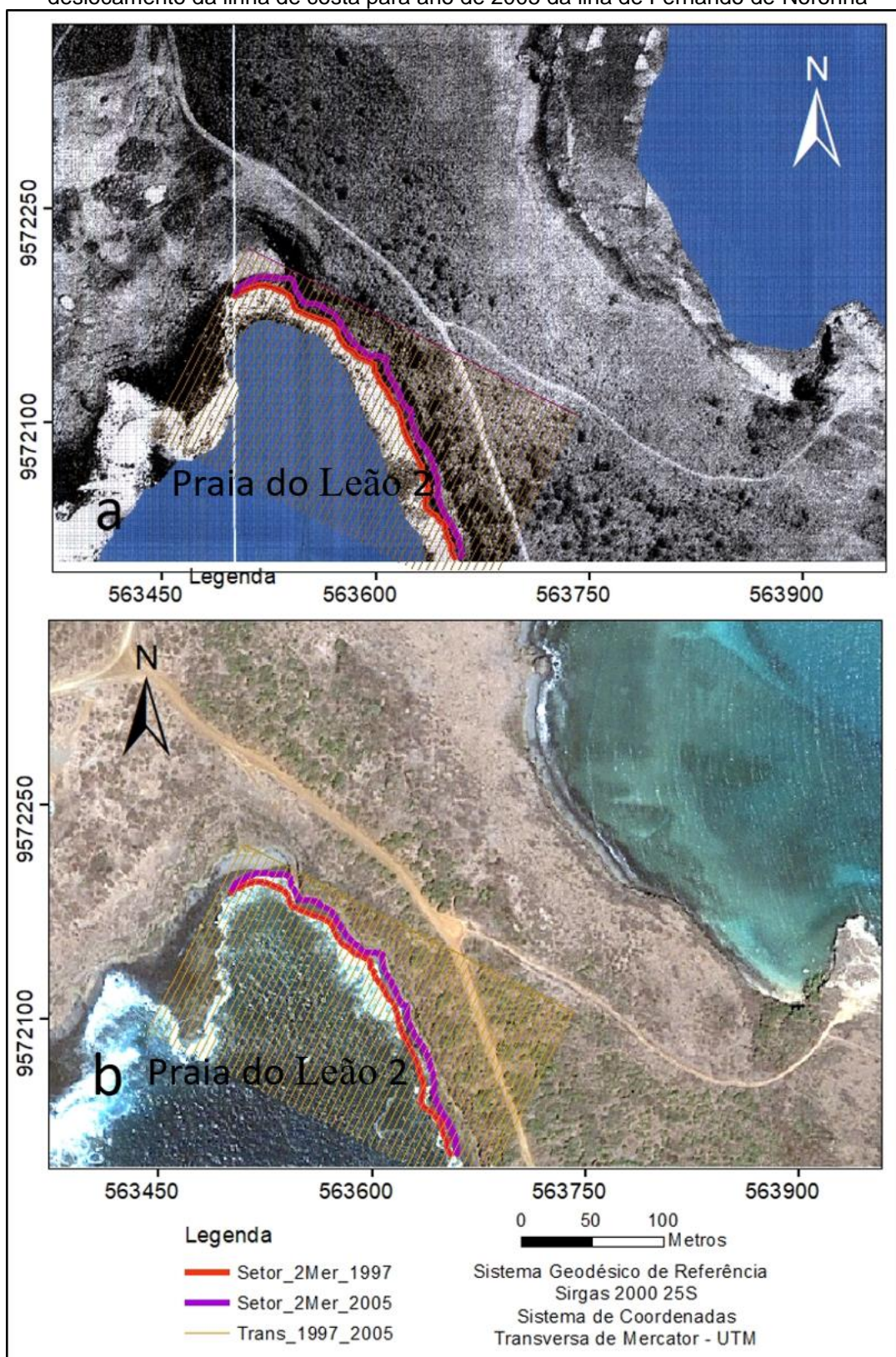


Fonte: A autora (2022).

O setor 2 Meridional (Praia do Leão2, Figura 22) está localizado no lado ocidental e meridional da ilha, entretanto com a direção do arco praiar noroeste – sudeste, fazendo parte de um promontório com a mesma direção, no sopé da encosta oeste, formado também por uma praia arenosa, que apresentou uma largura média de 13,7 m, com um comprimento de 225 m, para o ano de 1997. Entre o período de

1997-2005, no setor 2 para o ano de 2005 a faixa praial não foi observada, sendo suprimida do ambiente, com uma linha de costa representada pelo sopé do promontório. Apresentou assim, uma total regressão da costa nesse trecho (Figuras 20, 21 e 22).

Figura 22 - Mapa de localização do setor 2 Meridional – a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha



Fonte: A autora (2022).

Na variação da linha de costa entre 1997 e 2005, nesse setor, a média da taxa foi no valor de -1,31 m/ano (Tabela 1), apresentou uma retrogradação para toda a

extensão do arco praial (Figuras 20 e 22). Bem como, observado na Figura 21, os valores apresentados se localizam abaixo do valor de -0,4. O valor máximo foi de -0,408 m e valor mínimo de -2,237 m (Tabela 1 e Figuras 20 e 21). Os *outliers* foram observado entre -2,2 m e -2,4 m (Figura 21).

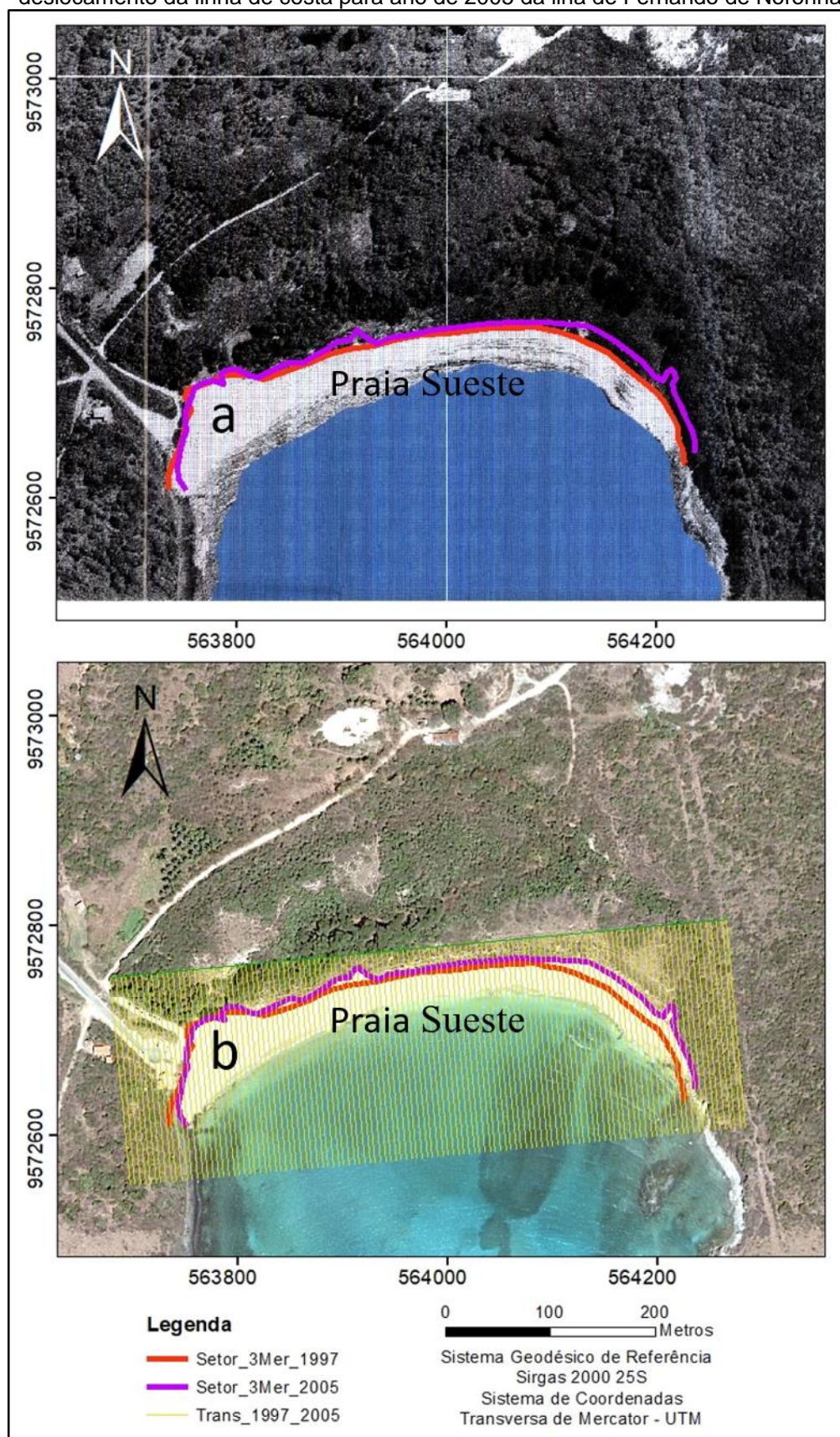
O setor 3 Meridional (Praia de Sueste) é formado por uma faixa de praia arenosa (Figura 23) e está localizado também no lado ocidental e meridional da ilha, corresponde a uma baía, situado em uma área protegida entre dois promontórios, com uma direção do arco praial leste - oeste. A faixa praial apresentou uma largura média de 56,9 m e um comprimento de 380,8 m observados durante o ano de 1997. Foi verificado uma faixa de praia com 38,74 m, de largura e 366,8 m de comprimento para o ano de 2005, indicando perda de sedimentos para o período entre 1997 e 2005, em sua extensão e largura.

O deslocamento da linha de costa entre 1997 e 2005 nesse setor obteve a variação média da taxa de -0,933 m/ano (Tabela 1, Figuras 20 e 21), apresentando uma retrogradação menor em relação aos setores anteriores. Os valores máximos e mínimos observados foram de 3,562 m e -7,188 m respectivamente (Tabela 1 e Figuras 20). Entretanto a maioria dos valores se concentraram entre -4 e 2 m com *outliers* representando os valores máximos e mínimos (Figura 21).

O setor 4 Meridional (Praia Enseada dos Abreus, Figura 24) também é formado por uma faixa de praia arenosa localizado na parte ocidental da ilha, no lado leste do promontório da baía do setor 3, seu o arco praial apresenta a direção norte – sul. A faixa de praia possui uma extensão média de 1.341,28 m e uma largura média de 46,98 m, para o ano de 1997. Durante o período de 1997- 2005, o ano de 2005 não apresentou a faixa de praia, como ocorrido no setor 2, a praia arenosa foi suprimida (Figura 24) para o período estudado. Entretanto houve uma progradação da costa, com a desnudação e a retirada dos sedimentos do ambiente praial e provavelmente expondo a costa rochosa, para a linha se deslocar, em termos de progradação.

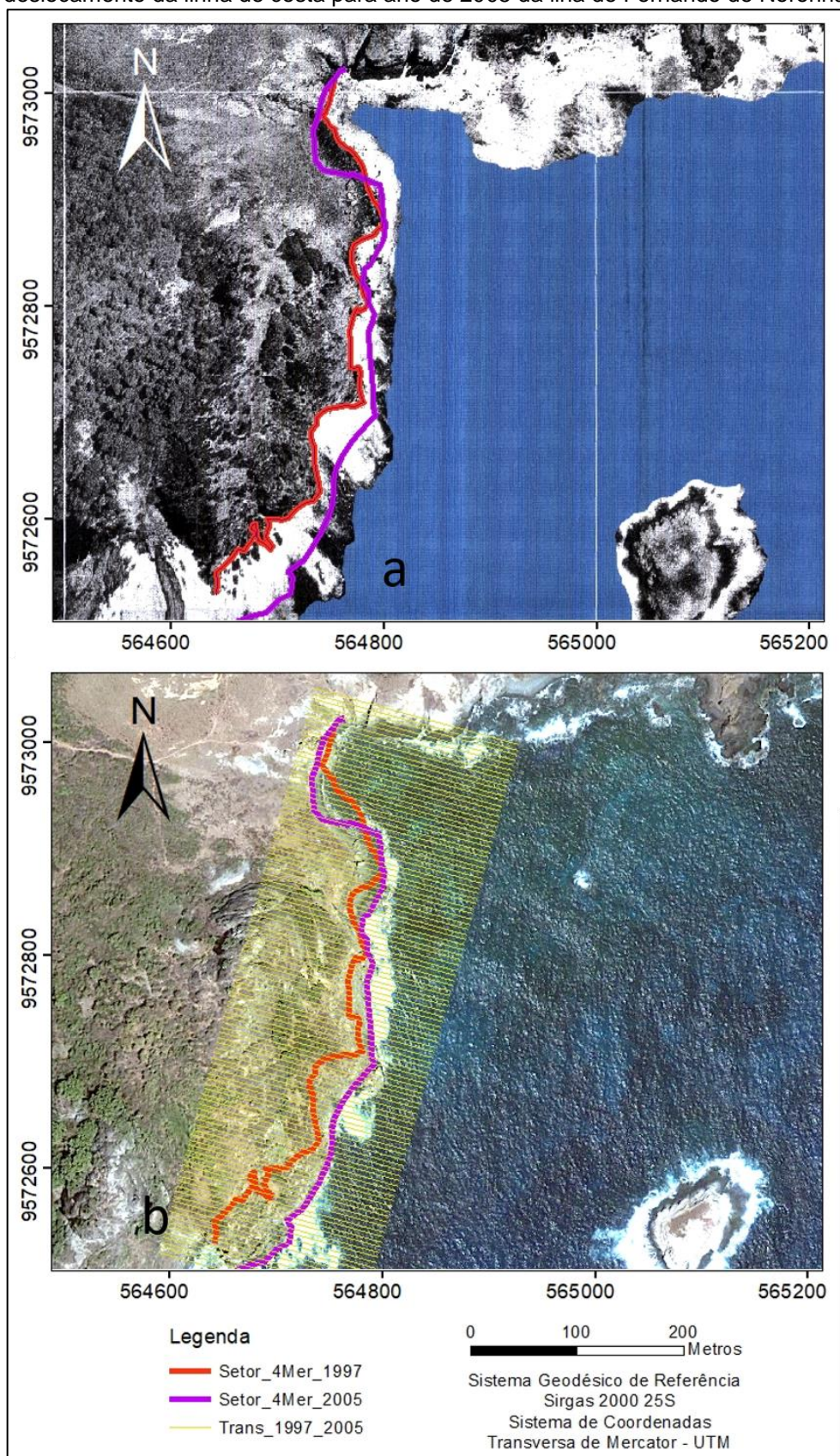
Dessa forma a taxa média do deslocamento da linha de costa do setor 4, para o período entre 1997 e 2005 foi positiva, porém sem a faixa arenosa do arco praial. Assim, mesmo com a retirada de sedimentos do ambiente praial, a média foi de 2,193 m/ano, com um valor máximo de 8,753 m e o valor mínimo de -6,012 (Tabela 1, Figuras 20 e 21). Havendo uma menor exposição da costa ao norte do setor (Figura 24).

Figura 23 - Mapa de localização do setor 3 Meridional – a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha



Fonte: A autora (2022).

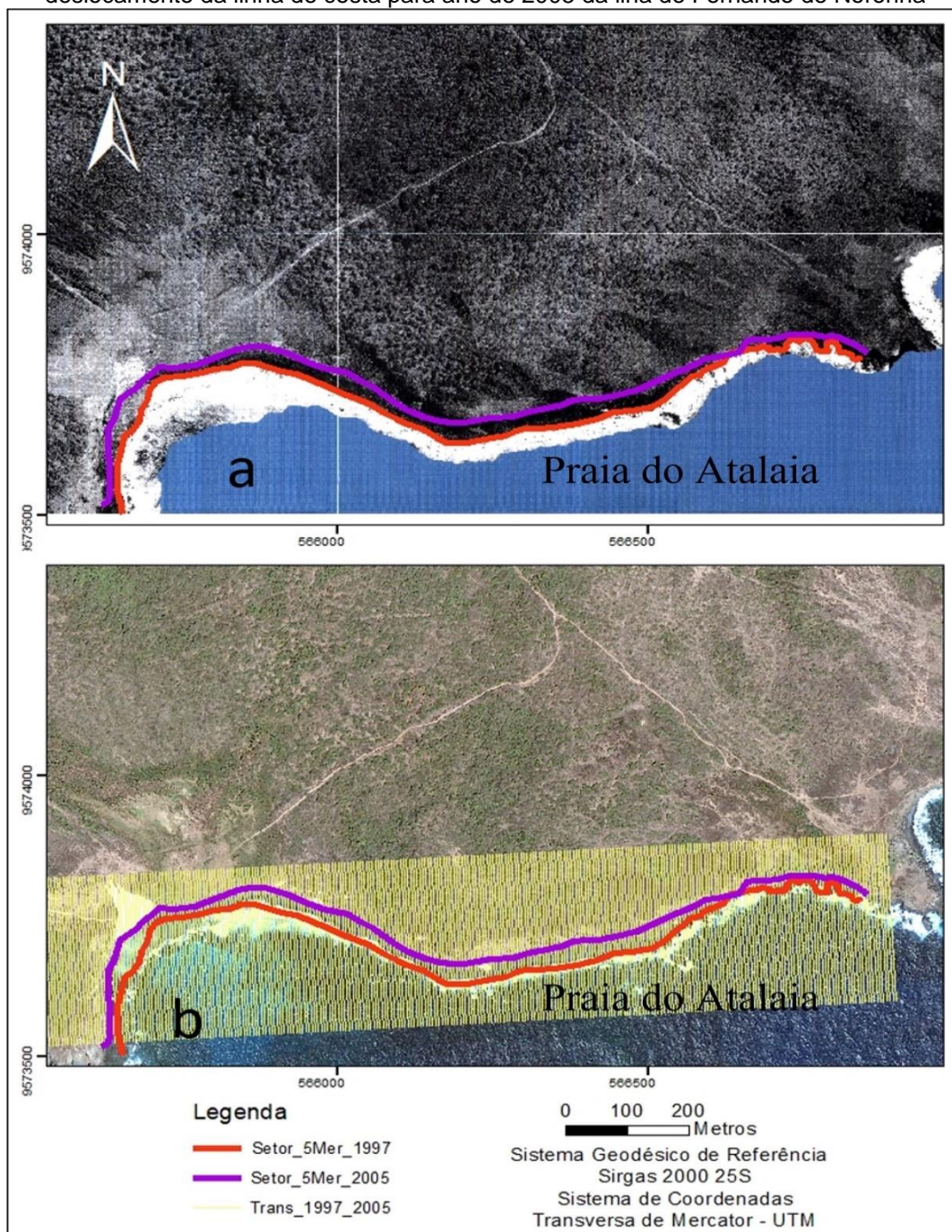
Figura 24 - Mapa de localização do setor 4 Meridional – a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha



Fonte: A autora (2022).

O setor 5 Meridional (Praia do Atalaia), localizado na parte oriental da ilha, possui uma orientação do arco praial leste – oeste; em um ambiente sem proteção de promontório ou baía, em mar aberto (Figura 25).

Figura 25 - Mapa de localização do setor 5 Meridional – a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha



Fonte: A autora (2022).

A faixa de praia possui uma extensão média de 131,88 m e uma largura média de 50,7 m, para o ano de 1997. Durante o período de 1997- 2005, o ano de 2005 não

apresentou a faixa de praia, como ocorrido nos setores 2 e 4, a praia arenosa foi suprimida (Figura 25) para o período estudado. Entretanto diferente do setor anterior, a costa não progradou, houve a retirada dos sedimentos, e a retrogradação da linha de costa (Figura 25).

Para o setor 5, o deslocamento da linha de costa entre 1997 e 2005 apresentou a maior média da taxa negativa dos setores meridionais, no valor de -3,682 m/ano (Tabela 1, Figuras 20 e 21), apresentando uma maior retrogradação da linha de costa. Os valores máximos e mínimos foram de 0,122 m e -18,857 m respectivamente (Tabela 1 e Figura 20). Os valores negativos ficaram concentrados entre -2 e -20 m, com *outliers* representados pelos valores negativos (Figura 21).

5.2 Setores Setentrionais

Os setores setentrionais se encontram entre pequenas enseadas, formados por 5 setores, separados uns dos outros por pequenos trechos não arenosos que adentram nas faixas arenosas (Figura 18). Os resultados dos setores setentrionais se encontram na Tabela 2 e nas Figuras 26 a 32.

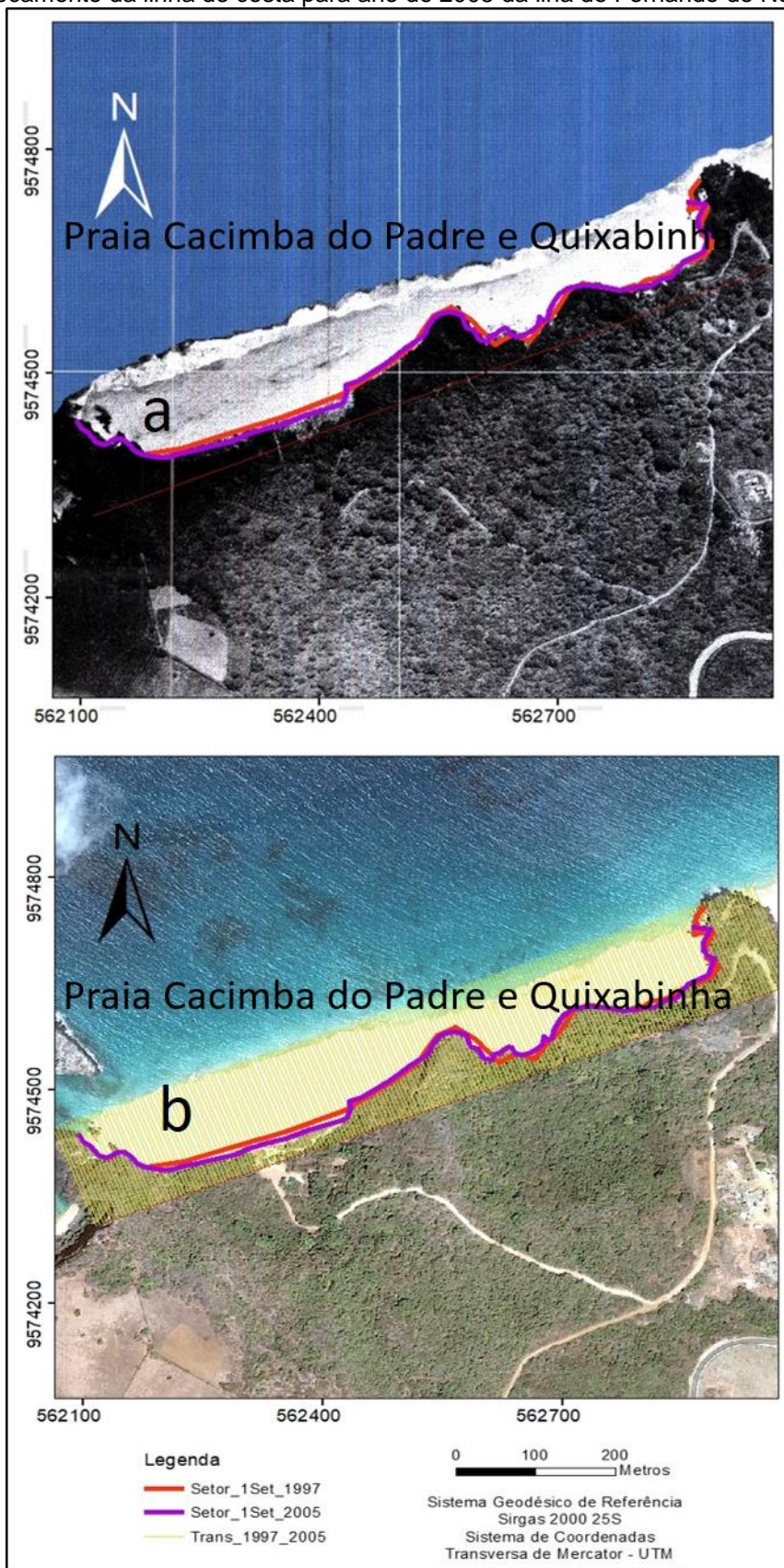
Tabela 2 - Resultados dos setores setentrionais de 1 a 5 dos anos de 1997 a 2005, da ilha de Fernando de Noronha

Praias	Setor/Período	Transectos	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Padrão
Praia Cacimba do Padre e Quixabinha	Setor_1Set_1997_2005	157	-0,371	-0,384	-3,777	1,637	0,951
Praia do Bode	Setor_2Set_1997_2005	44	-0,422	-0,263	-5,927	1,392	1,423
Praia do Americano	Setor_3Set_1997_2005	132	-0,565	-0,456	-5,002	0,810	0,860
Praia do Boldró e da Conceição	Setor_4Set_1997_2005	230	-1,700	-1,705	-4,039	1,222	1,181
Praia do Meio	Setor_5Set_1997_2005	51	-1,237	-0,619	-8,908	1,536	2,097

Fonte: A autora (2022).

O setor 1 Setentrional (Praias Cacimba do Padre Quixabinha) formado por uma faixa arenosa, está situado na parte ocidental da ilha, com o arco praiar na orientação leste – oeste (Figuras 18 e 26) e apresenta vias de acessos próximos ao ambiente praiar. A faixa praiar apresentou uma largura média de 84,6 m e um comprimento de 771,3 m para o ano de 1997. Em relação ao período 1997 - 2005, o ano de 2005 apresentou na faixa arenosa uma largura de 89,786 e 792,41 m de comprimento, indicando um pequeno acréscimo de sedimentos para o período entre 1997 e 2005, com o ganho de sedimentos em sua extensão e largura.

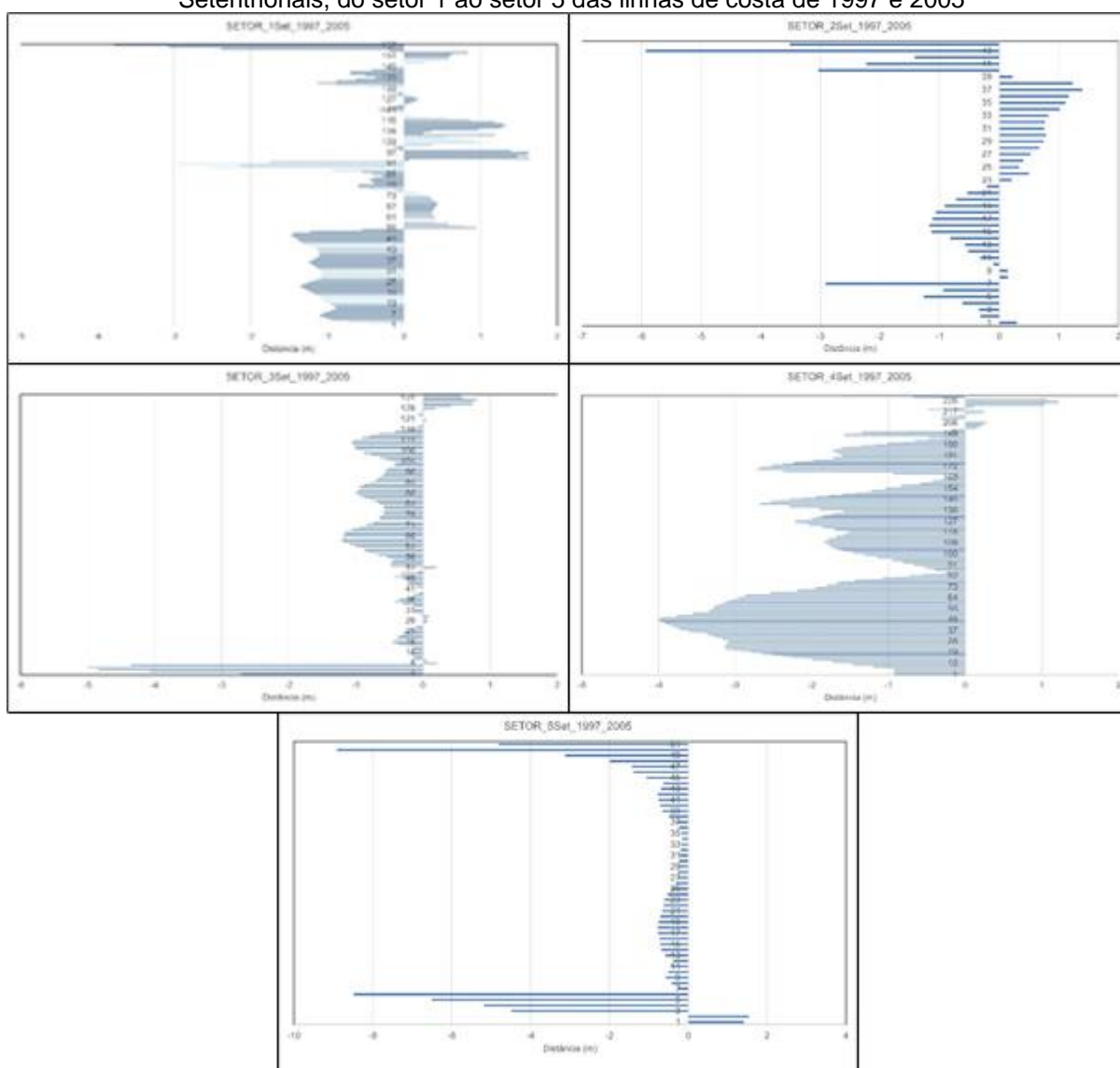
Figura 26 - Mapa de localização do setor 1 Setentrional - a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha



Fonte: A autora (2022).

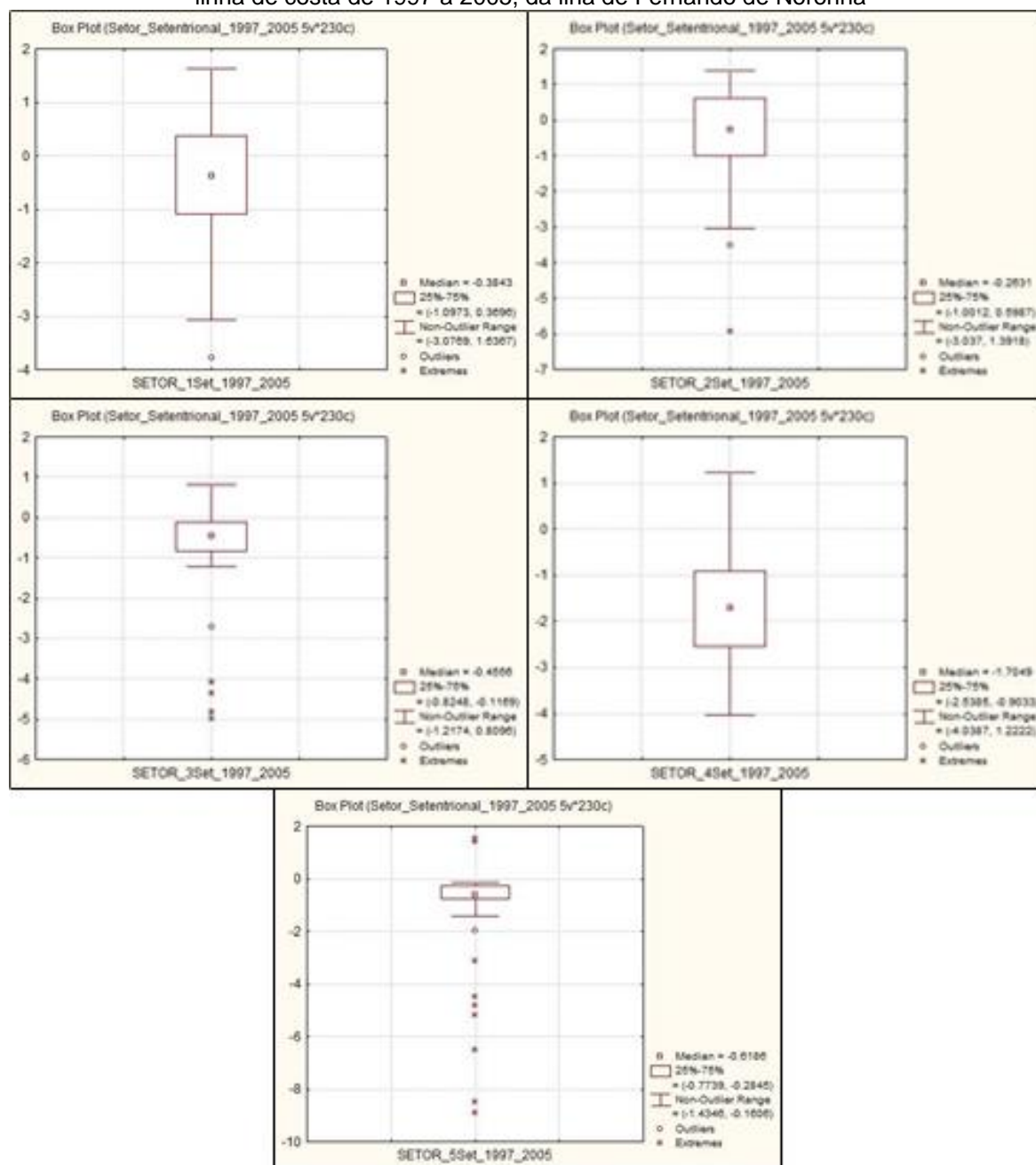
Para o período de 1997 e 2005, a taxa média do deslocamento da linha de costa do setor 1 obteve $-0,371$ m/ano (Tabela 2, Figuras 27 e 28), apresentando retrogradação ao longo do setor (Figura 27). Os valores máximos e mínimos corresponderam a $1,637$ m e $-3,777$ m respectivamente. Os valores das distâncias se encontram entre -4 e 2 , com uma maior concentração desses valores negativos (Figuras 27 e 28).

Figura 27 - Resultados do deslocamento das distâncias dos transectos nas taxas dos setores Setentrionais, do setor 1 ao setor 5 das linhas de costa de 1997 e 2005



Fonte: A autora (2022).

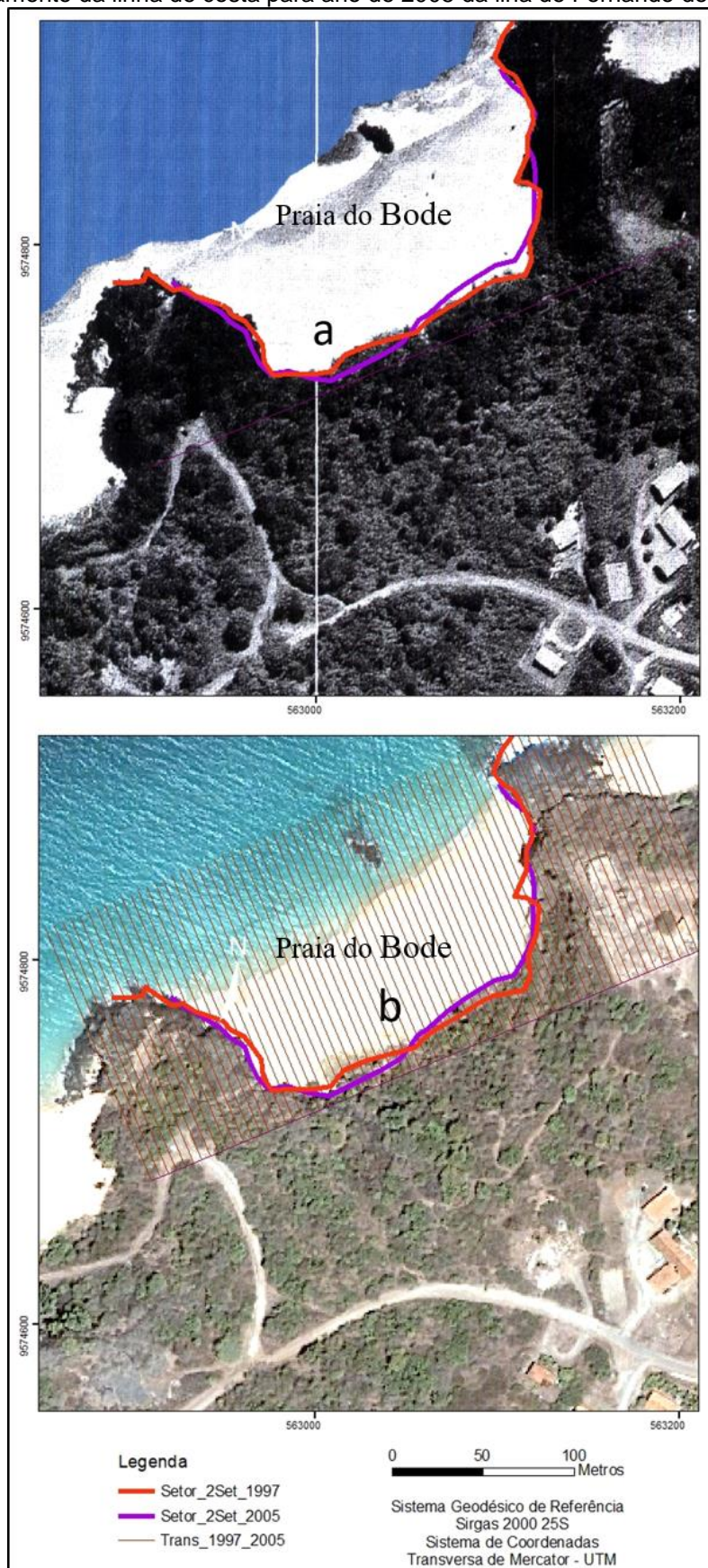
Figura 28 - Resultados dos setores Setentrionais do setor 1 ao setor 5 das taxas do deslocamento da linha de costa de 1997 a 2005, da ilha de Fernando de Noronha



Fonte: A autora (2022).

O setor 2 Setentrional (Praia do Bode) também se localiza na parte ocidental da ilha, formado por um pequeno trecho de faixa arenosa, com a orientação leste – oeste (Figuras 18 e 29) e apresenta vias de acesso próximos ao ambiente praial. A faixa praial teve uma largura média de 94,27 m, e um comprimento de 196,69 m para o ano de 1997. Durante o período de 1997-2005 a faixa de praia apresentou uma largura de 70,1 m e 189,36 m de comprimento. Havendo perda de sedimentos na largura da faixa praial (Figura 27), porém com pouca diferença em seu comprimento.

Figura 29 - Mapa de localização do setor 2 Setentrional - a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha



Fonte: A autora (2022).

Entre o período de 1997 e 2005, o deslocamento da linha de costa do setor 2 apresentou uma taxa média de $-0,472$ m/ano (Tabela 2, Figuras 27 e 28), como no setor anterior foi observado uma retrogradação ao longo do setor (Figura 27). Os valores máximos e mínimos foram $1,392$ m e $-5,927$ m respectivamente. Os valores se concentraram entre -6 a 2 , com outliers negativos (Figura 28).

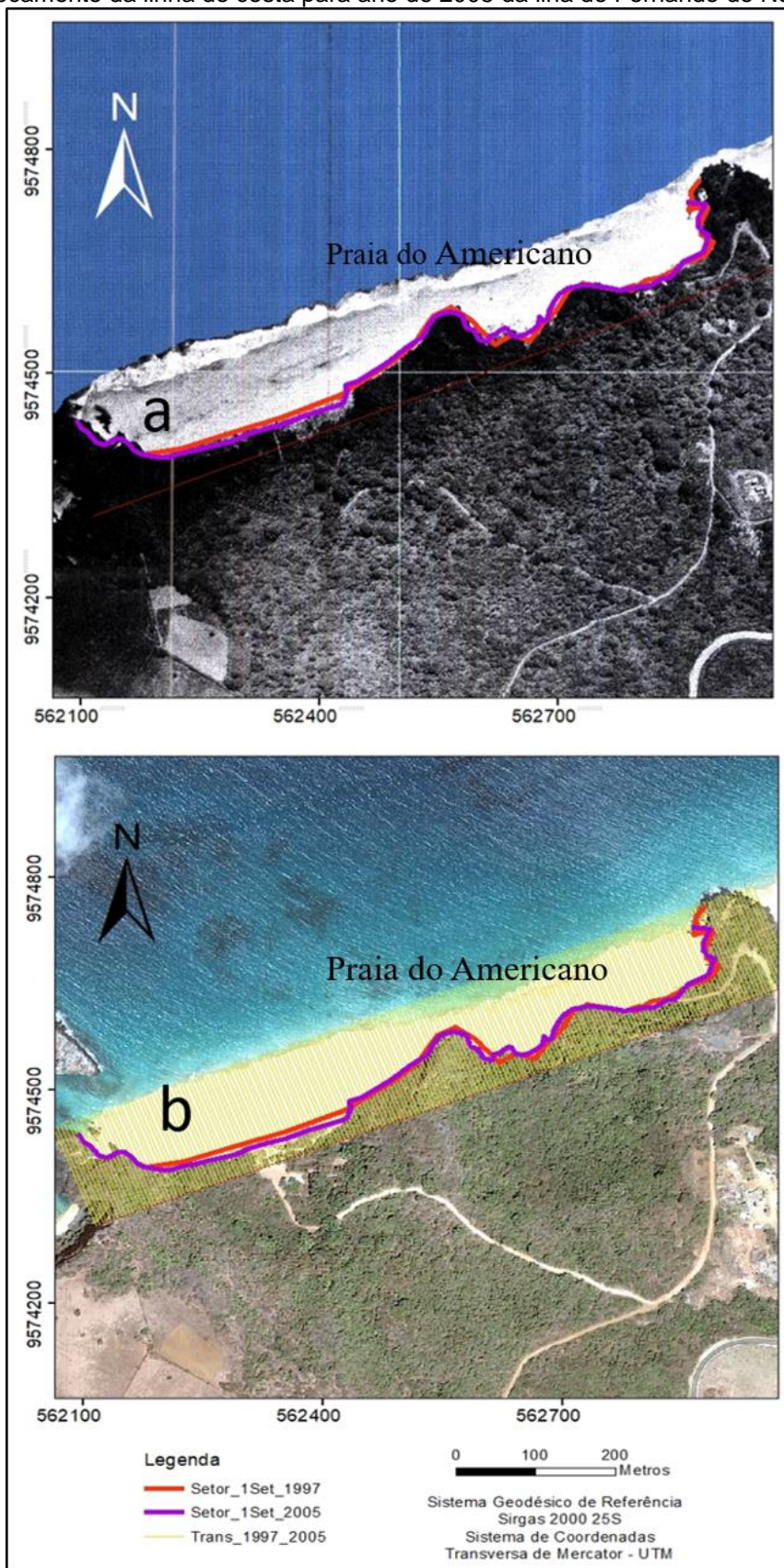
O setor 3 Setentrional (Praia do Americano) corresponde a uma faixa arenosa mais alongada, com uma orientação leste - oeste (Figuras 18 e 30) e a presença de vias de acesso à praia. A faixa arenosa para o ano de 1997 apresentou uma largura média de $107,8$ m e um comprimento de $672,53$ m. Para o período entre 1997 e 2005, no ambiente de faixa arenosa foi observado uma retrogradação, com a retirada de sedimento na largura da praia, que apresentou o valor de 60 m, bem como, no comprimento, no valor de $581,14$ m, e um pequeno avanço a leste do setor.

No deslocamento da linha de costa do setor 3 entre 1997 e 2005 foi constatado uma taxa média no valor de $-0,565$ m/ano (Tabela 2, Figuras 27 e 28), como nos setores anteriores, apresentou uma retrogradação ao longo do setor (Figura 27). Os valores máximos e mínimos corresponderam a $0,810$ m e $-5,002$ m respectivamente (Tabela 2 e Figuras 27 e 28). As taxas se concentram entre 1 e -1 (Figura 28), os *outliers* também foram negativos.

O setor 4 Setentrional (Praia do Boldró e Praia da Conceição) foi considerado com uma localização na parte oriental da ilha, devido à proximidade com o posicionamento ao leste da ilha, também é um setor representado por uma faixa arenosa mais alongada direcionada de leste - oeste (Figuras 18 e 31), bem como, a presença de vias de acesso à praia. Para o ano de 1997 a faixa arenosa obteve uma média $65,95$ m de largura e de comprimento $911,39$ m. Em relação ao período 1997 a 2005 o ambiente arenoso foi de $46,91$ m de largura e $397,87$ m de comprimento. Foi observado a retirada de sedimentos, com a diminuição da largura e no comprimento da faixa arenosa, e conseqüentemente a retrogradação da linha de costa (Figuras 27 e 28).

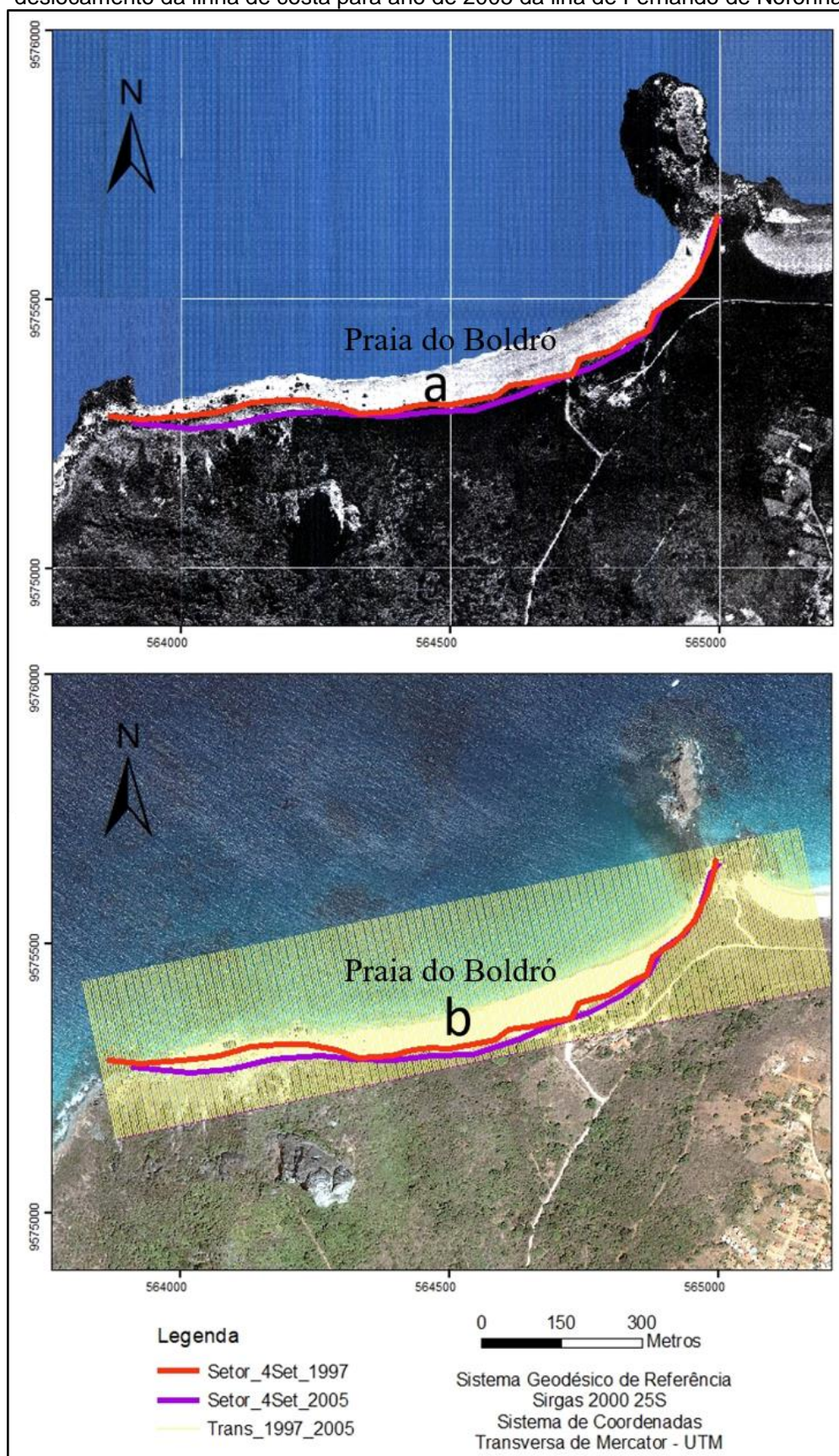
No deslocamento da linha de costa, a média da taxa para o período de 1997 a 2005 foi de -1700 m/ano (Tabela 2, Figuras 27 e 28) e os valores máximos e mínimos foram nos valores de $1,222$ m e $-4,039$ m respectivamente. Como no setor anterior, foi observado uma retrogradação ao longo do setor, as taxas das distancias se encontram entre os valores 2 e -5 , com uma concentração desses entre -1 e -4 (Figura 28), sem a constatação de *outliers*.

Figura 30 - Mapa de localização do setor 3 Setentrional - a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha



Fonte: A autora (2022).

Figura 31 - Mapa de localização do setor 4 Setentrional - a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha



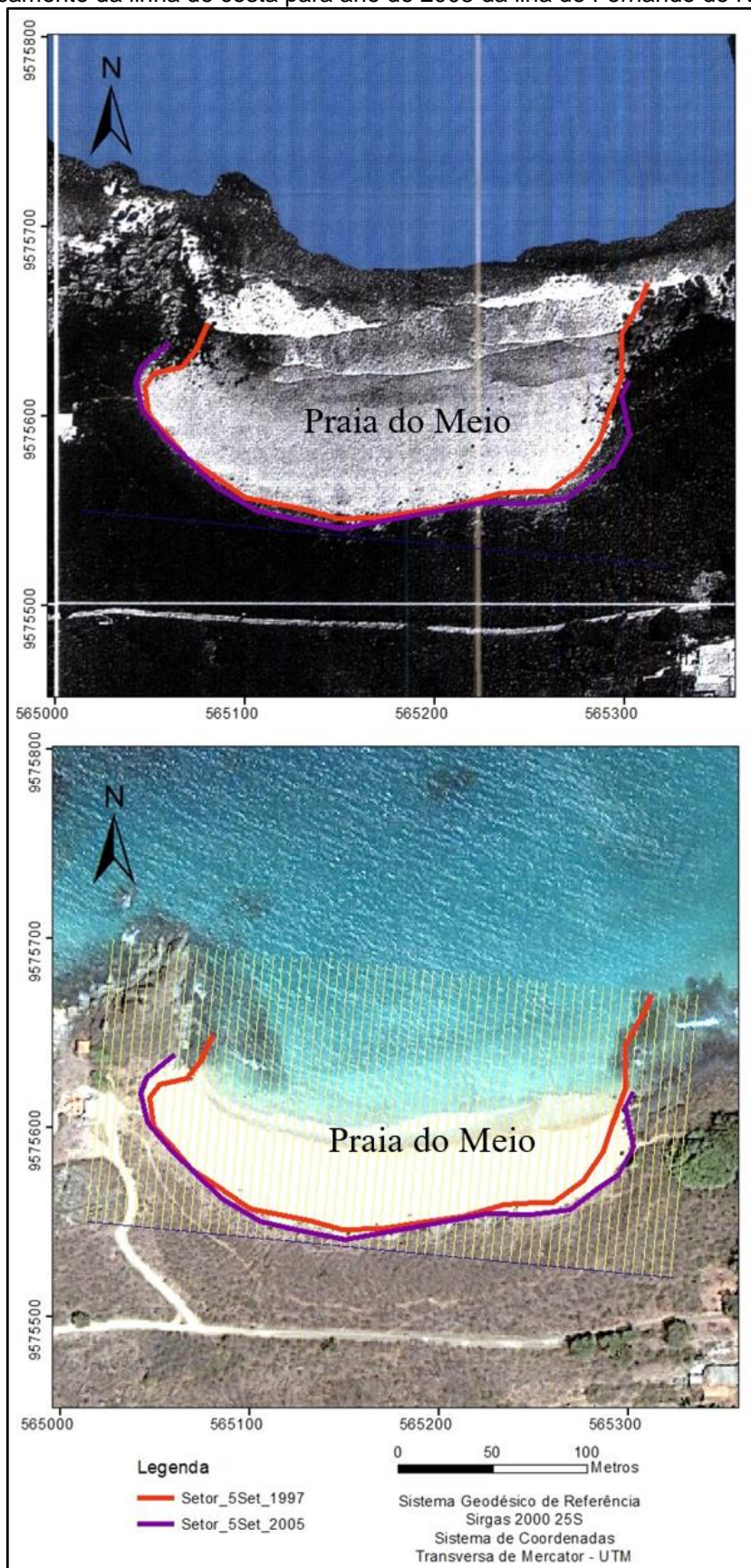
Fonte: A autora (2022).

O setor 5 Setentrional (Praia do Meio) está situado na parte oriental da ilha, e corresponde a uma pequena enseada, com um arco praial arenoso entre dois pequenos promontórios, com a orientação leste – oeste (Figuras 18 e 32), apresenta também vias de acesso à praia. A faixa arenosa para o ano de 1997 apresentou uma largura média de 87,87 m e de comprimento 227,41 m, durante o período de 1997 a 2005 o ambiente arenoso apresentou uma largura média 44,33 m e 217,64 m de comprimento, apresentando retrogradação da linha de costa. Como nos setores anteriores o setor 5 perdeu sedimentos na largura da faixa arenosa e no seu comprimento.

O deslocamento da taxa apresentou uma média de -1,237 m/ano para o período de 1997 a 2005 (Tabela 2, Figuras 27 e 28), os valores máximos e mínimos corresponderam 1,536 m e -8,908 m respectivamente. Os valores observados foram encontrados entre 2 e -10, com uma maior concentração para as taxas com valores de zero a -2, com os outliers em sua maior parte abaixo de -2, visualizando assim, retrogradação da costa (Figuras 27 e 28).

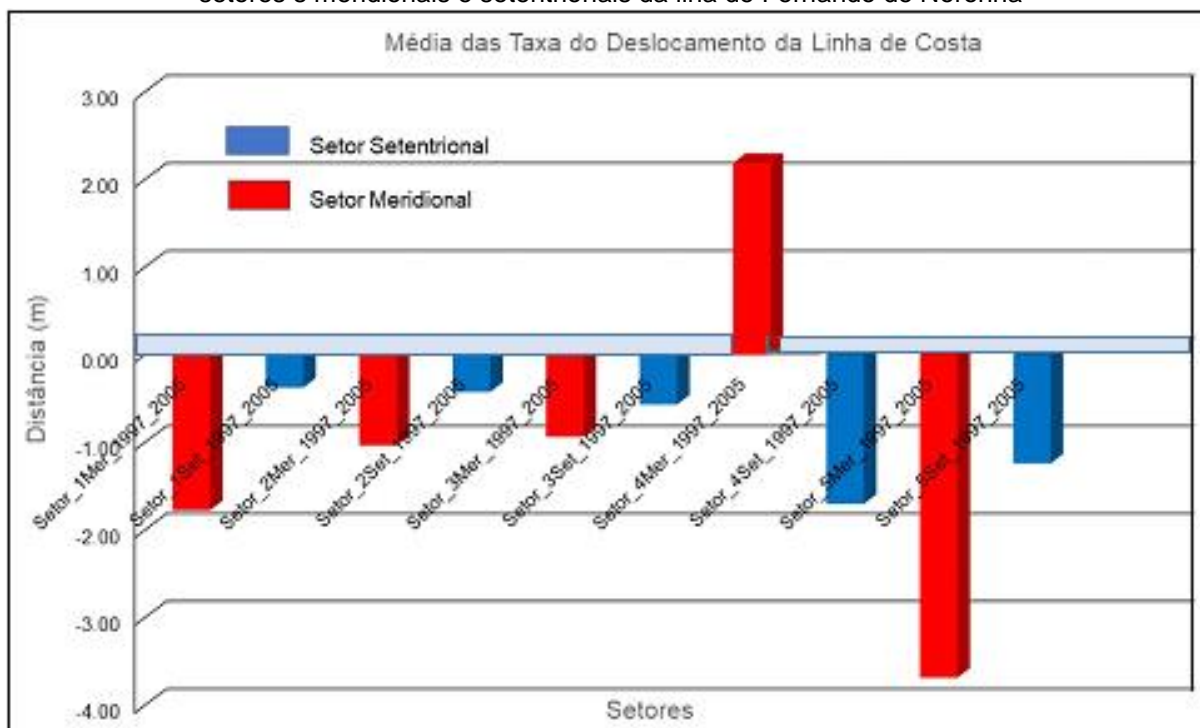
Em relação a mediana dos setores meridionais e setentrionais, a maior parte dos resultados apresentaram valores próximos da média (Tabelas 1 e 2), apresentando uma distribuição central mais equilibrada, por não ser influenciada por valores, muito acima ou abaixo da média. Para o desvio padrão, os maiores valores de dispersão dos dados foram observados (Tabelas 1 e 2) nos setores 1 (3,381) e 4 meridionais (3,054) e no setor 5 Setentrional (2,097). Em relação as medias dos dados observados nas taxas de deslocamento, apenas o setor 4 Meridional apresentou uma média positiva entre todos os setores estudados, significando uma retrogradação da linha de costa em torno da ilha, para os trechos identificados nas imagens de 1997 e 2005 (Figura 33). A maior retrogradação dos setores foi observado no setor 5 Meridional (Figura 33), o qual apresentou a maior média negativa. Os menores valores médios negativos foram observados nos setores setentrionais da ilha.

Figura 32 - Mapa de localização do setor 5 Setentrional - a) praia arenosa durante o ano de 1997. b) deslocamento da linha de costa para ano de 2005 da ilha de Fernando de Noronha



Fonte: A autora (2022).

Figura 33 - Distribuição das médias das taxas da variação do deslocamento da linha de costa dos setores s meridionais e setentrionais da ilha de Fernando de Noronha



Fonte: A autora (2022).

6 DISCUSSÃO

A natureza geológica do arquipélago de Fernando de Noronha está associada a uma zona de fratura transversal de montes vulcânico do Atlântico Sul (Castro, 2010). Segundo Schobbenhaus (2012) a ilha de Fernando de Noronha possui um relevo modesto por ser uma ilha vulcânica e oceânica, com um baixo platô central, de 30 a 45 m de altitude, resultante de uma superfície de erosão subaéreas. A ilha principal é formada pela parte ainda não erodida de um grande edifício vulcânico (ALMEIDA, 1955).

O arquipélago de Fernando de Noronha é constituído rochas vulcânicas de idades miocênica e pliocênica, formado por um substrato rochoso de rochas piroclásticas, rochas magmáticas alcalinas, recobertas por derrames de rochas ultrabásicas nefelinicas e por pequenos depósitos sedimentares litorâneos de origem marinha e eólica são do Quaternário (SCHOBHENHAUS, 2012).

A localização dos bancos da Cadeia de Fernando de Noronha situada no sopé continental, é constituída por um só segmento de montes, com direção E /W. Os montes elevam-se desde profundidades superiores a 400 m até quase a superfície. A cadeia estende-se do talude continental ao Arquipélago de Fernando de Noronha que é o topo de um monte submarino cuja base tem um diâmetro de aproximadamente 60 km. Alguns montes apresentam topo aplainado pela erosão marinha, formando bancos tipo *guyots*. Esta área sofre influência direta da Corrente Sul Equatorial e os ventos sudeste predominam (BECKER, 2017).

Para uma melhor compreensão do deslocamento da linha de costa da ilha de Fernando de Noronha, as praias foram consideradas como setores, em razão de sua posição em relação aos hemisférios. Os setores meridionais correspondem as praias que se localizam no mar de fora, sendo as praias: Praia do Leão (setor 1), Praia do Leão 2 (setor 2), Praia de Sueste (setor 3), Praia Enseada dos Abreus (setor 4) e a Praia do Atalaia (setor 5). Os setores setentrionais são formados pelas praias Cacimba do Padre e Quixabinha (setor 1), Praia do Bode (setor 2), Praia do Americano (setor 3), Praia do Boldró e da Conceição (setor 4) e Praia do Meio (setor 5). O mar de dentro é protegido das correntes e ventos oceânicos devido as condições do próprio relevo da ilha e o mar de fora recebe os ventos e ondas o ano inteiro (MOREIRA, 2022).

A praia do Leão (setor 1 meridional), corresponde a mesma localidade da praia do Leão 2 (setor 2), entretanto as linhas de costa de ambos os setores apresentaram posicionamentos distintos. A praia do Leão se encontra no sentido leste para o oeste, porém a Praia do Leão 2 tem seu arco praiar na direção de noroeste para o sudeste, fazendo parte de um promontório na mesma direção. Esses dois setores são constituídos de praias arenosas e apresentaram médias negativas no deslocamento da linha de costa, bem como, os valores das distâncias máximos e mínimos, representando a ocorrência de retrogradação da linha de costa da ilha. O setor 1 apresentou uma perda em sua largura média 17,1 metros entre 1997 e o ano de 2005, e um comprimento médio menor, com uma perda de 266,1. Em relação ao setor 2 o valor da retrogradação correspondeu ao mesmo valor apresentado em 1997, só que, esse valor foi negativo, sendo retirada a área arenosa, que apesar de se localizar no sopé do promontório foi constatado uma retração da linha de costa.

Níveis marinhos antigos foram reconhecidos por Schobbenhaus (2012), onde um nível estava 30 m acima do nível atual e esculpiu o planalto central, sendo esse fato constatado através da presença do calcário marinho próximo a península de Santo Antônio. E para os mesmos autores foram observados restos de peixes, depósitos de praias, corais e outros organismos marinhos na Península Santo Antônio, 7 m acima do nível do mar e a 70 m distante da linha de costa, bem como, em outros locais foram reconhecidos 12 m acima do nível marinho atual.

O setor 3 meridionais corresponde a praia de Sueste, sendo essa, também constituída por uma faixa arenosa, com o seu arco praiar na direção leste – oeste. A praia de Sueste é formada por uma baía, entre dois promontórios. Entretanto, essa condição de ser uma praia arenosa protegida, permitiu que a mesma perdesse sedimentos no decorrer do período de 1997 a 2005. Sendo constatado a retrogradação da linha de costa, onde foi observado uma média negativa, bem como, os valores máximos e mínimos. A maioria dos valores estão localizados entre -4 e 1 m. Seu arco praiar em sua largura média retroagiu no valor de 18,16 m e em comprimento 14 m, provavelmente por ser uma baía a diferença entre o comprimento do seu arco praiar entre 1997 e 2005 foi menor em relação as praias do Leão e Leão 2, correspondendo aos setores 1 e 2.

Durante o Pleistoceno, quando o nível do mar estava seis metros abaixo do nível atual, existiam extensas praias de areia ao sul e sudeste do arquipélago, os ventos alísios de SE, semelhantes aos atuais, deslocaram essas areias formando

campos de dunas de até 20 m de espessura, ligando a área da atual Ilha da Rata à península de Santo Antônio, na Ilha de Fernando de Noronha. Áreas de dunas mais curtas, como na entrada da Baía do Sueste, também foram formadas, localmente, na costa sudeste da ilha principal (ALMEIDA, 2000).

A pesquisa realizada por Assunção (2017) demonstrou em seus resultados, que para o período de 2008 a 2015, a ilha de Fernando de Noronha teve um padrão de vento do Atlântico Sul Equatorial, e o seu regime de ondas é influenciado pelos ventos alísios de sudeste e nordeste, refletindo o padrão dos ventos para a região, com ventos predominantemente de sudeste com maior intensidade quando a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) está mais ao norte. Provavelmente é um dos fatores que influenciam no processo erosivo das praias localizadas nos setores meridionais.

O setor 4 meridional, que corresponde a localização da praia Enseada dos Abreus, possui uma faixa arenosa com um arco praial no sentido de norte para o sul, para o ano de 1997 apresentou uma extensão maior que os setores anteriores para o ano de 1997, entretanto para o período 1997 a 2005, a faixa praial foi suprimida, não apresentando uma diferença na qual seja percebida perda de sedimentos no arco praial; em toda a sua extensão apresentou recuo, pela supressão dos sedimentos no arco praial. Porém, os resultados foram positivos com o deslocamento da linha de costa em direção *offshore*, aumentando assim o deslocamento positivo. Entretanto, o que foi percebido foi a desnudação das rochas que estavam sob a faixa arenosa, tornando a linha de costa um cordão rochoso para o período monitorado de 1997 a 2005. As médias observadas nesse setor foram positivas, com valores em sua maioria positivos entre 10 e -4, onde foi percebido um pequeno recuo ao norte do setor.

O setor 5 possui um arco praial na direção leste - oeste e corresponde a localização da praia da Atalaia, apresentou uma média negativa, com um maior valor mínimo negativo, correspondendo ao maior recuo da linha de costa dos setores meridionais, localizadas no mar de fora, apresentou uma valor positivo para o valor máximo, mas muito próximo do valor zero, não havendo um deslocamento na distância máxima significativo para o setor entre o período de 1997 a 2005, os valores negativos se concentram entre -2 e -20 m. A exemplo dos setores 2 e 4, no setor 5 para o período de 1997 a 2005, não foi observada a faixa arenosa do arco praial.

As praias localizadas nos setores setentrionais, posicionadas no mar de dentro, correspondem as praias Cacimba do Padre e Quixabinha situadas no setor 1, praia

do Bode no setor 2, praia do Americano no setor 3, praias do Boldró e da Conceição no setor 4, e a praia do Meio localizada no setor 5. As praias pertencentes aos setores setentrionais são pequenas enseadas localizadas em faixas arenosas separadas por trechos rochosos.

As praias Cacimba do Padre e Quixabinha formam o setor 1 setentrional, localizado no mar de dentro da ilha de Fernando de Noronha. O setor corresponde a uma faixa arenosa com a direção leste – oeste, onde foi observado uma diferença positiva em sua largura média e comprimento de 5,18 m e 2,11 m respectivamente, sendo um valor não muito representativo para um acréscimo na faixa arenosa desse setor, com o ganho de sedimentos em sua largura e extensão, mas não foi o suficiente para haver o avanço da linha de costa, devido a presença da taxa média ser negativa, bem como o valor mínimo observado. Os valores das taxas das distâncias observados se concentraram entre -4 e 2 m, sendo que, a maioria desses valores foram negativos.

Segundo Almeida (2000) as praias de areia e dunas ativas são bem desenvolvidas na costa norte (setentrional), o mesmo autor relata que, o arenito de Caracas é mais jovem que no período, e o nível oceânico estava acima do atual, o arenito foi formado quando o nível marinho estava 6 m abaixo do nível atual e existiam extensas praias a sul e sudeste da ilha, bem como, dunas de areia carbonatada que cobriam as atuais ilhas nordestinas. Após a recente elevação do nível do mar, uma parte dessas areias ficou submersa, e as emergidas formaram o calcarenito de Caracas (Almeida. 2000).

O setor 2 formado pela praia do Bode possui seu arco praial na direção leste – oeste com vias de acesso à praia. A faixa arenosa apresentou em sua largura uma distância média das taxas, um recuo de -24 a 17 m e -7,28 m em seu comprimento, com a perda de sedimentos na faixa praial tanto em largura, como em comprimento. Esse setor apresentou uma média das taxas negativa, bem como, o valor mínimo, apresentando um recuo da linha de costa; os valores das taxas se concentraram entre -6 a 2 m.

O setor 3 Setentrional formado pela praia do Americano, apresentou uma direção leste - oeste, constituída por uma faixa arenosa mais alongada, com vias de acesso à praia. A praia do Americano como, nos setores anteriores analisados entre 1997 a 2005 apresentou retrogradação da linha de costa. Tal fato foi constatado com a perda de sedimentos tanto na largura média, como, no comprimento do arco praial, no valor de 47,8 m e 91,39 m respectivamente. Foi observado nesse uma média

negativa, bem como o valor mínimo, já o valor máximo foi positivo, porém o valor constatado foi próximo de zero. Os valores observados variaram entre 1 e -1.

O setor 4 Setentrional é formado pelas praias do Boldró e da Conceição com uma direção leste - oeste, constituído por uma faixa arenosa alongada, e como o setor anterior apresentou vias de acesso à praia. O setor 4 para o período de 1997 a 2005 apresentou perda de sedimentos tanto em sua largura como em comprimento, demonstrado pelos valores médios nas duas distâncias, representados pelos valores de -23,48 m e -514,52 m respectivamente, demonstrando assim a retrogradação da linha de costa. A média observada nesse setor foi negativa, bem como o valor mínimo e o valor máximo próximo de 1 (um). Os valores tiveram uma concentração entre -1 e -4.

Em estudo desenvolvido por Manso et al. (2011), nas praias setentrionais, ao analisar a morfodinâmica praias de Fernando de Noronha, enfatizou que devido as particularidades geomorfológicas foi possível averiguar nas praias Cacimba do Padre e Conceição que ocorreu maior mobilidade sedimentar em decorrência das características geomorfológicas, no entanto, as praias Boldró e Sancho não apresentaram variações significativas.

O mesmo autor relata que os estudos sedimentológicos realizados nas praias citadas demonstraram na análise dos perfis que houve uma tendência a erosão com perda significativa em todos os setores estudados. Então, concluiu que as investigações sobre os processos morfodinâmicos das praias apresentaram diferentes coeficientes de variação do volume sedimentar, sendo suas possíveis causas atribuídas às particularidades geomorfológicas desses diferentes ambientes, as quais promovem a atuação dos agentes hidrodinâmicos locais.

O setor 5 é formado por uma pequena enseada, situado entre dois promontórios, com uma direção leste – oeste, correspondendo a faixa arenosa da praia do Meio, que também apresentou vias de acesso à praia. A praia do Meio do setor 5, como nos setores anteriores apresentou retrogradação da linha de costa, com a perda de sedimentos na largura média da distância e no comprimento da faixa arenosa, sendo esses observados nos valores de 44,43 e 107,7 m. A média desse setor também foi negativa, bem como o valor mínimo observado, a maioria dos valores das distâncias observadas ficaram entre -10 e 2.

Para a mediana e a média os valores observados ficaram próximos, representando assim uma distribuição central equilibrada, não foi observado valores

muito abaixo ou acima da média. Para valores de dispersão, o desvio padrão, o maior valor foi encontrado no setor 1, na Praia do Leão e a menor dispersão dos dados na praia do Leão 2 para os setores meridionais. Nos setores setentrionais, correspondeu a praia do Meio (Setor 5) para o maior desvio padrão e o menor valor na praia do Americano.

Os valores do desvio padrão observado para os setores meridionais das praias localizadas no mar de fora apresentaram entre zero e 3,381. O menor valor observado para o desvio padrão foi na praia do Leão 2, no setor 2, correspondendo ao valor de 0,318, e o maior valor do desvio padrão foi observado na praia do Leão.

Em uma pesquisa realizada por Costa e Filho (2022) sobre o monitoramento do nível do Oceano Atlântico, os resultados obtidos demonstraram que os episódios El Niño e La Niña dos anos 1997/1998/1999, pelo menos o primeiro foi de grande intensidade, influenciaram tanto os valores das Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no período, como os máximos das marés observadas. Moreira (2022) relata que durante o ano existe a retirada de sedimentos e que no Mar de Dentro algumas praias perdem quase todos os sedimentos no final do ano e na praia do Leão a perda de sedimentos é observada no meio do ano.

Nas praias estudadas por Manso et al. (2011) os sedimentos que compõem a face praial das praias de Fernando de Noronha são essencialmente biodetríticos, com predomínio de fragmentos de algas/conchas. Segundo os mesmos autores esses sedimentos carbonáticos têm menor densidade que os de origem do material detrítico provenientes de rochas vulcânicas. Por terem menor densidade os sedimentos de origem carbonáticas são mais facilmente transportados pelas correntezas, contribuindo assim para a instalação de processo erosivo.

Além disso, segundo Manso “outros fatores contribuem com o processo erosivo na ilha de Fernando de Noronha, como, a retirada de sedimentos para a utilização das construções na ilha, a presença de uma plataforma estreita, que não contribui para a acumulação de sedimentos”, e a alta variabilidade dos processos que atuam nos ambientes das praias estudadas, como ventos, ondas e correntes, e apresentam uma aparente transferência dos sedimentos de NE para o SE, considerando o retraimento das praias estudadas em relação a costa setentrional da ilha de Fernando de Noronha, formadas por falésias e sem a existência de praias arenosas localizadas mais SW, o material bioclástico removido esteja, provavelmente, irreversivelmente perdido para a plataforma insular (MANSO et al., 2011).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O arquipélago de Fernando de Noronha, é formado por cones vulcânicos há 2,5 milhões de anos, resultante de uma zona de fratura transversal no Oceano Atlântico Sul, sendo a ilha principal formada por um único grande cone vulcânico com o mesmo nome do arquipélago, que tem sua base a 4 mil metros de profundidade, sendo essa a profundidade média das planícies oceânicas. Apresenta uma beleza cênica, com enseadas, baías, e promontórios, um ambiente natural economicamente explorado pelo turismo. Sua área litorânea apresenta praias arenosas, constituída em sua maioria por areias de origem carbonáticas e cordões rochosos.

A ilha de Fernando de Noronha tem um posicionamento na direção L-W, onde suas faixas arenosas têm seus posicionamentos em razão dos recortes observados no litoral, entretanto predominam as praias no sentido L-W. O posicionamento das praias em relação aos hemisférios norte e sul, distribuem as mesmas em praias meridionais (sul) e praias setentrionais (norte), sendo designadas também de mar de dentro, em relação ao posicionamento do arquipélago para o continente, e mar de fora correspondente a direção *offshore* para o Oceano Atlântico. Esse posicionamento das praias do mar de fora apresentem uma maior dinâmica costeira, relacionada às correntes do Oceano atlântico.

As praias posicionadas meridionalmente são praia do Leão (setor 1), praia do Leão 2 (setor 2), praia de Sueste (setor 3), praia Enseada dos Abreus (setor 4), praia do Atalaia (setor 5). As praias setentrionais são as praias Cacimba do Padre e Quixabinha (setor 1), praia do Bode (setor 2), praia do Americano (setor 3), praia da Conceição (setor 4), praia meio (setor 5). Os setores 2 e 4 apresentaram um direcionamento noroeste – sudeste e norte – sul respectivamente, as demais apresentaram o mesmo direcionamento da ilha.

As praias localizada nos setores meridionais apresentaram um distância média na largura do arco praial de 13,7 a 105,4 m, e um comprimento entre 131,8 a 1.341,28 m para o ano de 1997, enquanto para o período entre 1997 a 2005 o arco praial apresentou para a largura uma variação média entre 38,74 a 88,3 e para o comprimento de 461,7 a 461,7 m. Entretanto, os setores 2, 4 e 5 não apresentaram uma faixa arenosa do arco praial, isso inclui as praias Leão 2, Enseada dos Abreus e a praia do Atalaia. Todas as praias meridionais perderam sedimentos para o período entre 1997 a 2005.

As praias localizadas nos setores setentrionais para a largura apresentaram uma variação média entre 65,95 a 107,8 m, e o comprimento do arco praiial variou de 196,69 a 911,39 m. Para o período entre 1997 a 2005 a largura média variou de 44,33 a 89,786 m e o comprimento médio apresentou uma variação entre e 189,36 a 792,41 m, havendo apenas um pequeno acréscimo de sedimentos no setor 1 (praias da Cacimba do Padre e Quixabinha), em sua largura média e comprimento, os demais setores sofreram perdas de sedimentos nas duas extensões.

Para as médias das taxas os setores meridionais obtiveram entre -3,682 a 2,193 m; apresentando retrogradação da linha de costa nos setores 1, 2, 3 e 5, exceto o setor 4 que apresentou o valor positivo no valor na taxa de deslocamento. Entretanto, a faixa praiial do setor 4, praia Enseada dos Abreus, foi suprimida e apresentou um deslocamento da linha de costa em direção *offshore*, com a exumação do cordão rochoso, perdendo sedimentos na faixa arenosa que cobria todo o arco praiial para o período entre 1997 a 2005.

A variação da média das taxas dos setores setentrionais ficou entre -1,700 m a - 0,371, apresentando todas as médias negativas, com a retrogradação da linha de costa em todos os setores, porém com a presença de sedimentos em suas praias, lembrando que, os setores setentrionais estão localizados no mar de dentro. Porém é necessária uma pesquisa mais profunda para o deslocamento negativo da linha de costa da ilha de Fernando de Noronha, levando em consideração o aumento do nível oceânico, bem como, as mudanças climáticas e fenômenos como a El Niño e a La Niña, fenômenos que ocorrem no oceano Pacífico, mas que podem influenciar outras áreas do Globo. No mesmo patamar estão as ocorrências das variações de temperaturas que ocorre no oceano Atlântico.

Deseja-se para a zona costeira, uma gestão que promova a visão de futuro melhor para as próximas gerações, com o aumento da qualidade de vida dos seus habitantes e que aconteça um equilíbrio entre a sociedade e a natureza que redirecione o habitat da humanidade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO – CONDEPE/FIDEM. **Fernando de Noronha**. Disponível em:

<http://www2.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=78583&folderId=143124&name=DLFE-12531.pdf>. Acesso em: 07 out. 2018.

ALMEIDA, Fernando F.M. de. **Arquipélago de Fernando de Noronha**: Registro de monte vulcânico do Atlântico Sul. Disponível em:

<<http://sigep.cprm.gov.br/sitio066/sitio066.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2018.

ALMEIDA, F. F. M. **Geologia e Petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha**. Monografia. Departamento Nacional de Produção Mineral. 1955, 181 p.

ALMEIDA, F.F.M. 2000. **Arquipélago Fernando de Noronha**. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicado na Internet em 27/01/2000 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio066/sitio066.htm> [Atualmente <http://sigep.cprm.gov.br/sitio066/sitio066.pdf>]. Acesso em: 25 ago. de 2022.

ALMEIDA, Henrique Ravi Rocha de Carvalho. **Séries Temporais de Imagens Sub-orbitais e Orbitais de Alta Resolução Espacial na Avaliação da Morfodinâmica Praial no Município do Cabo de Santo Agostinho-PE**. 2008. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Ufpe, Recife, 2008.

ASSUNÇÃO, Ramilla Vieira de. **Variabilidade sazonal da dinâmica oceânica na região do mar de dentro do arquipélago de Fernando de Noronha, PE**. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/23489>. Acesso em: 25 ago. 2022

BIRD, E. C. F. **Coastline changes**: a global review. New York: J. Wiley & Sons, 1985.

BECKER, Helena. **Caracterização física e química das águas das ilhas oceânicas do nordeste brasileiro. Uma contribuição ao Programa REVIZEE**. 2001. 158 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1861>. Acesso em: 25 ago. 2022.

BIRD, E.C.F. 2008. **Coastal Geomorphology: An introduction**. 2nd edition. Chinchester. Wiley and Sons. 436 pp

BOAK, E.H.; Turner, I.L., 2005. Shoreline definition and detection: A review: Journal of Coastal Research, v. 21, p. 688-703.

CAMFIELD, F.E.; Morang, A. (1996) - **Defining and interpreting shoreline change**. Ocean and Coastal Management, 32(3):129-151. DOI: 10.1016/S0964-5691(96)00059-2

CARVALHO, E. A. de.; ARAÚJO, P. C. de. **As fotografias aéreas e sua utilização pela cartografia**. Natal: EDUFRN, 2009. 244p

CARVALHO, E. F. **Meio ambiente e Direitos Humanos**. 2. ed. Curitiba: Juruá, 2011

CASACA, J.; MATOS, J.; BAILO, M. **Topografia geral**. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 208p.

CASTRO, João Wagner Alencar. Ilhas oceânicas da Trindade e Fernando de Noronha, Brasil: Uma visão da Geologia Ambiental. **Gestão Costeira Integrada**, S.I., v. 10, n. 3, p.303-319, set. 2010. Disponível em: <<http://www.aprh.pt/rgci/rgci170.html>>. Acesso em: 08 out. 2018.

CLARK. J. **Integrated management of coastal zones**. National Park Service Program. Rosenstiel School of Marine Sciences. University of Miami. Miami, Florida, USA, 1994.

COELHO, L.; BRITO, J. N. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007. 196 p. Disponível em: <http://www.efoto.eng.uerj.br/images/Documentos/fotogrametria_digital_revisado.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Descrição Geral do Geoparque**. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geoparques/noronha1/index.php?geoparque=5>. Acesso em: 08 out. 2018.

CONCEIÇÃO, Thaís Ferreira da. **CARACTERIZAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE AO PROCESSO DE PROGRADAÇÃO E RETROGRADAÇÃO NO ENTORNO DA CIDADE DO RIO GRANDE, RS, COM USO DE GEOTECNOLOGIAS**. 2019. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/8732/Thais.pdf?sequence=1>. Acesso em: 11 set. 2022.

CORDANI, Umberto G. Idade do vulcanismo no Oceano Atlântico Sul. **Boletim Iga**, [S.L.], v. 1, p. 09, 1 dez. 1970. Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9001.v1i0p09-75>. Disponível em: <https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/bigaa/article/view/12>. Acesso em: 25 ago. 2022.

CÓRDOBA, P. A. F. **LEVANTAMENTO FOTOGRAFÉTRICO DE MONUMENTOS ARQUITETÔNICOS PARA PROJETOS DE RESTAURAÇÃO - ESTUDO DE CASO: PALACIO ITAMARATY- BRASÍLIA, DF**. 2012. 156 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/df, 2012.

COSTA, S. C. F. E; GOMES FILHO, M. F. . **Monitoramento do nível do oceano atlântico tropical nas proximidades da costa do nordeste do brasil: análise da variabilidade temporal da tsm e das tábuas das marés para o porto de Cabedelo-PB, Mucuripe-CE, Recife-PE E Salvador-BA.** In: VII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande, 2010, Campina Grande - PB. C&T e Desigualdades Regionais no Brasil. Campina Grande - PB: EDUFPG, 2010. v. VII. Disponível em: [http://pesquisa.ufcg.edu.br/anais/2010/ece/resumos/engenharia e 20ciencias 20exatas/ENGENHARIA%20CIVIL/Stephanny C. F. do Egito Costa - CTRN.pdf](http://pesquisa.ufcg.edu.br/anais/2010/ece/resumos/engenharia%20e%20ciencias%20exatas/ENGENHARIA%20CIVIL/Stephanny%20C.%20F.%20do%20Egito%20Costa%20-%20CTRN.pdf). Acesso em 24 ago. 2022.

DIAS, J. M. A.; FERREIRA, O. M. F. C.; PEREIRA, A. P. R. R. **Estudo Sintético de Diagnósticos da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros entre Espinho e Nazaré.** 1994. Disponível em: http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/eb_EspinhoNazare.html. Acesso em: 16 jan. 2020.

DUARTE, Ana Alice Miranda. **A fotogrametria a curta distância como uma ferramenta de documentação das inscrições rupestres: estudo de caso sítio arqueológico Santinho Norte I - SC.** 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

DUARTE, X. R. **Caracterização Morfo-Sedimentológica e Evolução de Curto e Médio Prazo das Praias do Pina, Boa Viagem e Piedade, Recife/Jaboatão dos Guararapes – PE.** Recife. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geociências/UFPE, 2002. 141 p.

FERREIRA, Inês Gomes. **A Problemática da Erosão Costeira: O Caso Específico da Praia do Pedrógão.** 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ordenamento do Território e Sistemas de Informação Geográfica, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/14425/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_InesFerreira_OTSIG.pdf. Acesso em: 28 set. 2018.

GASPAR, J. A. **Cartas e Projeções Cartográficas.** Lisboa – Portugal: Lidel, 2005. 331p.

GOMES, Fernando Veloso. **A Gestão da Zona Costeira Portuguesa.** Revista de Gestão Costeira Integrada, [s.l.], p.83-95, 2007. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rgci19>. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/rgci19.html>. Acesso em: 29 set. 2018.

GREGÓRIO, Maria das Neves. **Evolução da Linha de Costa e Caracterização da Plataforma Continental Interna Adjacente a Cidade do Recife-PE.** 2009. 191 f. Tese (Doutorado) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/8241>. Acesso em: 28 set. 2018.

GREGÓRIO, M. N.; ARAÚJO, T. C. M.; MENDONÇA, F. J. B.; MIKOSZ GONÇALVES, R.; MENDONÇA, R. L. Mudanças posicionais da linha de costa nas praias do Pina e de Boa Viagem, Recife, PE, Brasil. *Tropical Oceanography*, v. 45, n. 1, p. 44-61, 2017.

IBANEZ, Karina. **Geologia de Fernando de Noronha: uma história vulcânica de milhões de anos**. 2021. Disponível em: <https://igeologico.com.br/geologia-de-fernando-de-noronha-uma-historia-vulcanica-de-milhoes-de-anos/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Malhas Digitais**. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/basescartograficas/malhas-digitais>>. Acesso em: 05 out. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PANORAMA**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/fernando-de-noronha/panorama>>. Acesso em: 10 out. 2022.

MANSO, Valdir do Amaral Vaz et al. **EROSÃO E PROGRADAÇÃO DO LITORAL BRASILEIRO: Pernambuco**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/pe_erosao.pdf>. Acesso em: 07 out. 2018.

MANSO, Valdir do Amaral V. et al. Morfodinâmica de Praias Setentrionais da Ilha de Fernando de Noronha. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, S.I., v. 11, n. 3, p.327-339, set. 2011. Disponível em: <<http://www.aprh.pt/rgci/rgci239.html>>. Acesso em: 08 out. 2018.

MARINO, Márcia Thelma Rios Donato; FREIRE, George Satander Sá. **Análise da evolução da linha de costa entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil**. RGCI [online]. 2013, vol.13, n.1, pp.113-129. ISSN 1646-8872. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci373>.

MELO, F. T. L. **Aspectos Mofordinâmicos do Complexos Lagunar Nísia Floresta Papeba-Guaráiras, Região Costeira Sul Oriental do RN**. Natal. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2000. 71p.

MENEZES, G. M. **Estudo da evolução da linha de costa entre o cabo do Mondego e Aveiro (1958-2010)**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Geociências. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 2011.

MENEZES, João Thadeu de. **BALANÇO DE SEDIMENTOS ARENOSOS DA ENSEADA DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ-SC**. 2008. 167 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (org.). **Soluções para as APAs**. 2013. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/9097-solu%C3%A7%C3%B5es-para-as-apas>. Acesso em: 28 fev. 2020.

MOREIRA, J. Guia Geológico e Geoturístico de Fernando de Noronha, 42 pgs. 2022. Disponível em: Guia Geológico e Geoturístico de Fernando de Noronha | Jasmine Moreira - Academia.edu

MUEHE, Dieter. ASPECTOS GERAIS DA EROSÃO COSTEIRA NO BRASIL. **Mercator**, Fortaleza, v. 4, n. 7, nov. 2005. ISSN 1984-2201.

MUEHE, D.; KLUMB-OLIVEIRA, L. (2014) Deslocamento da linha de costa versus mobilidade praial. **Quaternary and Environmental - Geosciences** (2014) 05(2):121-124.

NEVES, Claudio Freitas; MUEHE, Dieter. Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias Estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 217-296, 2008.

OLIVEIRA, S. M. B; PESSENDA, L. C. R; BABINSKY, L; GIOIA, S. M. C. L; FAVARO, D. I. T. Solos desenvolvidos sobre diferentes rochas vulcânicas da Ilha de Fernando de Noronha: padrão de elementos terras raras e composição isotópica do chumbo: **Revista do Instituto de Geociências-USP**, v. 11, n. 3, p. 97-105, 2011.

PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Impactos, vulnerabilidades e adaptação**: Primeiro relatório de avaliação nacional. 2. vol. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

ROCHA, A. P. **Avaliação espaço-temporal da suscetibilidade a movimentos de massa utilizando produtos fotogramétricos e modelagem espacial multicritério na dinâmica de áreas de risco nas microrregiões do Jordão e Ibura, Recife, PE**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação). Universidade Federal de Pernambuco. Recife: 2015, 141f.

SANTANA, R. C. B. et al. A IMPORTÂNCIA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA. **HOLOS**, [S.l.], v. 7, p. 15-31, nov. 2016. ISSN 1807-1600. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4217>>. Acesso em: 01 mar. 2020. doi:<https://doi.org/10.15628/holos.2016.4217>.

SANTOS JUNIOR, Gilberto Sabino dos. **ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA DA REGIÃO METROPOLITANA SUL DA CIDADE DO RECIFE – PE, BRASIL**. 2017. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental, Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP, Recife, 2017.

SCHOBENHAUS, Carlos; SILVA, C. R. D; **Geoparques do Brasil: propostas**. [S.l.]: CPRM, 2012. p. 317-360.

SERAFINI, Thiago Zagonel; FRANÇA, Georgeana Barbosa de; ANDRIGUETTO-FILHO, José Milton. Ilhas oceânicas brasileiras: biodiversidade conhecida e sua

relação com o histórico de uso e ocupação humana. **Gestão Costeira Integrada**, S.I., v. 10, n. 3, p.281-301, set. 2010. Disponível em: <<http://www.aprh.pt/rgci/rgci178.html>>. Acesso em: 08 out. 2018.

SILVA, Anderson Biancini da. **ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DA BARREIRA TRANSGRESSIVA HOLOCÊNICA NA REGIÃO DA LAGOA DO SOMBRIO - SC**. 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/30372/000778504.pdf;sequence=1>. Acesso em: 11 set. 2022.

SOUSA, Paulo Henrique Gomes de Oliveira. **Erosão Costeira**. Disponível em: <http://www.io.usp.br/index.php/infraestrutura/museu-oceanografico/50-portugues/publicacoes/series-divulgacao/gestao-costeira/823-erosao-costeira.html>. Acesso em: 02 mar. 2020.

SOUZA, W. F. DE; LEITE, N. S.; MEIRELES, A. J. DE A.; SILVA, E. V. DA. O USO DE SIG NA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE LINHA DE COSTA CONTROLADA POR PROMONTÓRIO: TRECHO ENTRE AS PRAIAS DE PONTA GROSSA E RETIRO GRANDE, ICAPUÍ - CEARÁ. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 18, n. 2, p. 20-35, 12 set. 2016.

TEIXEIRA, Wilson; CORDANI, Umberto Giuseppe; MENOR, Eldemar de Albuquerque; TEIXEIRA, M. G.; LINSKER, Roberto. Arquipélago Fernando de Noronha o paraíso do vulcão. São Paulo: Terra Virgem, 2003. 167 p

TRAVASSOS, P. L'étudedesrelationsthons-environnementdansl'océanAtlantique intertropical ouest: cas de l'albacore (Thunnusalbacares, Bonnaterre 1788), dugermon (Thunnusalalunga, Bonnaterre 1788) et duthonobèse (Thunnusobesus, Lowe 1839). Tese de Doutorado. l'UNIVERSITE PARIS, 1999.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Emily A. Himmelstoss. United States Geological Survey. **Digital Shoreline Analysis System (DSAS): Version 5.0 User Guide**. 2018. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/of/2018/1179/ofr20181179.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2020.

VAN RIJIN, L. C. **Coastal erosion and control ocean and coast Management**, 54: 867-887. 2011.

WATSON, Alice. **Fernando de Noronha, o paraíso ameaçado**. 2011. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/reportagens/25011-fernando-de-noronha-o-paraíso-ameaçado/>>. Acesso em: 08 out. 2018.