UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA

CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA

FLÁVIA HELENA MANHÃES VASCONCELLOS

JÚLIA ISABEL PONTES

SIMULAÇÃO DE ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR NA COROA DO AVIÃO, NORDESTE, BRASIL

Recife

2020

FLÁVIA HELENA MANHÃES VASCONCELLOS
JÚLIA ISABEL PONTES

SIMULAÇÃO DE ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR NA COROA DO AVIÃO, NORDESTE, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Mikosz Gonçalves

Recife

2020

Catalogação na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

V331s Vasconcellos, Flávia Helena Manhães
Simulação de elevação do nível do mar na Coroa do Avião, Nordeste, Brasil / Flávia Helena Manhães Vasconcellos, Júlia Isabel Pontes. - 2020.
39 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Mikosz Gonçalves.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Cartográfica, 2020.
Inclui Referências.

1. Engenharia cartográfica. 2. Simulação do aumento do nível do mar. 3. Sistemas globais de navegação por satélite. 4. Painelintergovernamental sobre mudanças climáticas. 5. Modelo digital do terreno. I. Pontes, Júlia Isabel. II. Gonçalves, Rodrigo Mikosz (Orientador). III. Título.

UFPE

526.1 CDD (22. ed.) BCTG/2021-25

FLÁVIA HELENA MANHÃES VASCONCELLOS
JÚLIA ISABEL PONTES

SIMULAÇÃO DE ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR NA COROA DO AVIÃO, NORDESTE, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, do Centro de Tecnologia e Geociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Aprovado em: 13 de Novembro de 2020

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Rodrigo Mikosz Gonçalves (Orientador)
Departamento de Engenharia Cartográfica – UFPE

Prof. Dr. Paulo Henrique Gomes de Oliveira Souza
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. MSc. Lígia Albuquerque de Alcântara Ferreira
Departamento de Engenharia Cartográfica – UFPE

Prof. MSc. Heithor Alexandre de Araújo Queiroz
IF Baiano

Recife

2020

AGRADECIMENTOS

Aos familiares, animais de estimação, amigos e companheiros pelo apoio e suporte.

Ao Professor Rodrigo Mikosz pela orientação e amizade durante esses 2 anos e meio de convivência, em que pudemos despertar o interesse pela pesquisa através das iniciações científicas e principalmente na elaboração deste TCC.

Ao Laboratório de Cartografia Costeira pela infraestrutura, que nunca deixou faltar café, e companheirismo dos colegas, em especial à Raquel Vila Nova e Tiago Holanda.

Aos colegas e professores da Decart pelo incentivo.

Aos programas PIBIC UFPE e FACEPE pela concessão das bolsas de Iniciação Científica concedidas a Flávia Vasconcellos e Julia Pontes, respectivamente.

Agradecemos também a colaboração dos membros da banca: Prof. Dr. Paulo Henrique Gomes de Oliveira Souza (UFC), Prof. MSc. Heithor Alexandre de Araújo Queiroz (IFBaiano) e a Prof. MSc. Lígia Albuquerque de Alcântara Ferreira (UFPE).

I wisely started with a map, and made the story fit.

(TOLKIEN, 2014)

RESUMO

A estimativa da elevação do nível do mar é um fator crucial para a tomada de decisões com relação à Gestão Integrada da Zona Costeira (ICZM) contribuindo para detectar tendências de alteração da dinâmica natural das marés. A aquisição de dados com alta resolução espacial e temporal para regiões como a ilhota Coroa do Avião, Pernambuco, Brasil, ainda é um desafio considerando que as projeções de elevação do nível do mar são normalmente representadas em escalas globais, o que limita sua visualização e análise espacial. Como materiais para superar tais limitações, são utilizadas informações obtidas por GNSS e RPAS, tais como: linha de costa, MDT e ortofotomosaico. O objetivo desta contribuição é avaliar a elevação do nível do mar e seus impactos na Coroa do Avião, considerando cenários hipotéticos globais. Como resultados considerando o cenário presente foram detectados processos de erosão em 47,9% e acreção em 53% da área total. O centroide da ilhota obteve 73,8 m de deslocamento no sentido NE, e as maiores taxas de variação da linha de costa foram -10,2 m/ano (setor 6) e 15,8 m/ano (setor 3). Mapas contendo os cenários otimista, intermediário e pessimista, para 2100, são apresentados. No cenário pessimista (elevação de 0,80 m) inundaria 44,78% da área de vegetação, 51,1% da faixa de areia e 67,4% da superfície total da ilhota afetando o turismo local. Destaca-se a importância do monitoramento costeiro e as simulações de elevação do mar em uma escala apropriada para a ilhotas.

Palavras-chave: Simulação do aumento do nível do mar. Sistemas globais de navegação por satélite (GNSS). Painel intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC). Modelo digital do terreno (MDT).

ABSTRACT

Sea level rise estimative is a crucial factor for decision-making in relation to Integrated Coastal Zone Management (ICZM) that contributes to detecting trends in the natural dynamics of the tides. Data acquisition with high spatial and temporal resolution for regions such as Coroa do Avião islet, Pernambuco, Brazil, is still a challenge considering that the projections of sea level rise are represented on global scales, which limits its visualization and spatial analysis. As materials to overcome such limitations, are used information obtained by GNSS and RPAS such as: shoreline, DTM and orthophoto mosaic. The objectives of this contribution is evaluate sea level rise and its impacts on the Coroa do Avião islet, considering hypothetical global scenarios. As results considering the present scenario were detected erosion processes of 47.9% and accretion with 53%. The islet centroid obtained a NE displacement of 73.8 m and the highest shoreline rates were -10.2 m/yr (sector 6) and 15.8 m/yr (sector 3). A multimedia video and maps containing the optimistic, intermediate and pessimistic scenarios for 2100 are presented. In the pessimistic scenario (0.80 m elevation) 51.1% of the sand strip, 44.8% of the vegetation and 67.4% of the islet would flood. The importance of coastal monitoring and sea-level rise simulations in an appropriate scale for islets are highlighted.

Keywords: Sea level rise (SLR) simulation. Global Navigation Satellite Systems (GNSS). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Digital Model Terrain (DTM).

LISTA DE SIGLAS

CSRS	*Canadian Spatial Reference System*
DINAS	*Dynamic and Interactive Assessment of National*
DIVA	*Dynamic and Interactive Vulnerability Assessment*
DSS	*Decision Support Systems*
EPR	*End Point Rate*
GLONASS	*Global Navigation Satellite System*
GNSS	*Global Navigation Satellite Systems*
IBGE	Istituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGS	*International Geosynthetics Society*
IPCC	*Intergovernmental Panel on Climate Change*
LC	Linha de Costa
MDT	Modelo Digital do Terreno
NMM	Nível Médio dos Mares
NRCAN	*Natural Resources of Canada*
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfica
RINEX	*Receiver Independent Exchange Format*
RPAS	*Remotely Piloted Aircraft Systems*
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	*Shuttle Radar Topography Mission*

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	10
1.1	Objetivos	13
1.1.1	**Objetivo Geral**	13
1.1.2	**Objetivos Específicos**	13
2	**ÁREA DE ESTUDO**	14
3	**MATERIAIS E MÉTODOS**	16
3.1	Materiais	16
3.1.1	**MDT e Ortofotodigital**	16
3.1.2	**Linha de costa GNSS (2017 e 2020)**	17
3.2	Métodos	18
3.2.1	**Divisão Setorial e Cálculo da taxa de variação da linha de costa**	19
3.2.2	**Escolha dos cenários de elevação do NMM**	20
3.2.3	**Simulação dos cenários**	21
3.2.4	**Uso e ocupação do solo**	21
4	**RESULTADOS E DISCUSSÕES**	22
4.1	Cálculo da Taxa de Variação	22
4.2	Simulações	26
4.3	Limitações e barreiras para simulações de elevação do nível do mar	28
5	**CONCLUSÃO**	31
6	**REFERÊNCIAS**	**33**

1 INTRODUÇÃO

Desde o final do século XIX, o nível global do mar aumentou cerca de 1,6 mm/ano (CHURCH; WHITE, 2006) entretanto essa taxa não excedeu 0,6 mm/ano, durante os dois milênios anteriores (KEMP *et al.*, 2011). É esperado que o nível do mar aumente ainda mais no futuro (0,5 a 1 m até 2100, (CHURCH *et al.*, 2013). Há preocupações sobre os possíveis impactos futuros nas zonas costeiras (HALLEGATTE, 2012; HALLEGATTE *et al.*, 2013; MIMURA, 2013), bem como suas repercussões nas populações e ecossistemas costeiros (MCLEAN *et al.*, 2001). Em muitas regiões do planeta, algumas ilhas e cidades costeiras já estão sofrendo com os impactos advindos da elevação dos oceanos (HIERONYMUS; DIETERICH; HORDOIR, 2018; FENG *et al.*, 2018; CARVALHO; WANG, 2019; DIN *et al.*, 2019). No Brasil a elevação do mar poderá ocasionar inúmeros impactos sociais e econômicos em grande parte da sua zona costeira, principalmente em áreas com alta densidade populacional, consideradas de grande importância econômica para o país (ARASAKI *et al.*, 2008).

As alterações ocorridas na zona costeira, ao longo do tempo, podem ser ocasionadas por fatores naturais, tais como: ondas, correntes, marés e ventos (BOAK; TURNER, 2005). Ao longo de períodos recai sobre ela as ações oriundas das mudanças do nível do mar (NICHOLLS; CAZENAVE, 2010; IPCC, 2014; LI *et al.*, 2019), o recuo de litorais, devido a submersão passiva permanente que pode afetar áreas planas e baixas, como zonas úmidas ou erosão costeira (STIVE *et al.*, 2002). O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007) define o termo vulnerabilidade como: o grau em que um sistema é suscetível e incapaz de lidar com os efeitos adversos das mudanças climáticas, incluindo variabilidade climática e extremos.

A vulnerabilidade costeira à erosão mediante as mudanças climáticas e por consequência a elevação do nível do mar, pode ser entendida como a susceptibilidade da zona costeira aos efeitos adversos ou a incapacidade de administrar esses efeitos (IPCC, 2001). Essas consequências podem aumentar a ocorrência de inundações costeiras, tendo em vista que são efeitos imediatos da subida do NMM (Nível Médio dos Mares) (NICHOLLS; CAZENAVE, 2010), tornando-se frequentes e em maiores proporções devido à intensificação de fenômenos meteorológicos como o aumento nas taxas de precipitação, a ocorrência de marés meteorológicas, entre outras causas (MCGRANAHAN; BALK; ANDERSON, 2007; CALADO *et al.*, 2011; BOULOMYTIS; ZUFFO; GIRELI, 2017). Assim, a capacidade de identificar áreas de risco é um fator crucial em qualquer avaliação da vulnerabilidade da região costeira frente às mudanças climáticas (CHEN

et al., 2006). Entender a ocorrência de desastres hidrológicos em escala local é uma ação necessária visando o gerenciamento e a conservação de ambientes costeiros. A simulação de áreas propensas a inundações pode ajudar as autoridades na mitigação deste fenômeno, facilitando estratégias emergenciais, como por exemplo, antecipar um plano de ação para a população em locais onde existam um alto risco de alagamento, criando locais seguros para evacuações. (SANDERS, 2007).

Como subsídio para a realização de tais medidas, o mapeamento de áreas susceptíveis a inundações torna-se uma ferramenta fundamental e se beneficiam de informações obtidas de diversas fontes, tais como, sensoriamento remoto (CAZENAVE; PALANISAMY; ABLAIN, 2018), fotogrametria (ELSNER *et al.*, 2018) e Global Navigation Satellite Systems (GNSS), através dos quais podem ser obtidos dados para o armazenamento, manipulação, processamento e modelagem utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (RANGEL−BUITRAGO; NEAL; JONGE, 2020). Os SIGs podem ser utilizados como ambiente para visualização e mensuração de regiões alagadas em várias situações distintas.

Gambolati, Teatini e Gonella (2002) propuseram um modelo de risco de inundação para o município de Ravenna no litoral da Itália; para tal modelo foi levado em consideração parâmetros demográficos, informações do uso e cobertura do solo e avaliação do impacto econômico. Os autores utilizaram esses dados combinados a um Modelo Digital do Terreno (MDT), e analisaram o risco de inundação para três períodos diferentes (2015, 2050 e 2100); a análise foi realizada por meio de mapas temáticos. Hinkel *et al.* (2010) aplicaram o modelo DIVA (*Dynamic and Interactive Vulnerability Assessment*) para avaliar o risco e a adaptação ao aumento do nível do mar nos países costeiros da União Europeia, para tal, foram utilizados dados provenientes do projeto *DINAS-COAST*, o banco de dados DIVA, o qual contém parâmetros físicos, socioeconômicos e dados de elevação, produzidos a partir de imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com a resolução espacial de 90m. Destaca-se que esse tipo de resolução é mais adequado para análises em escalas nacionais e globais. Mais informações sobre o modelo DIVA podem ser encontradas em Hinkel e Klein (2009) e Vafeidis *et al.* (2006). Torresan *et al.* (2008), tendo em vista a escassez de análises regionais sobre a avaliação da vulnerabilidade costeira no que concerne à elevação do nível do mar, propuseram um conjunto de indicadores climáticos, comparando informações de uma plataforma DSS (*Decision Support Systems*), que integra uma árvore de decisão a escalas regionais considerando os aspectos biofísicos, sociais, econômicos e legislativos.

A avaliação da vulnerabilidade em relação à elevação do nível do mar, em nível regional/local traz o conhecimento de setores econômicos mais vulneráveis e auxilia aos gestores na tomada de decisão e elaboração de estratégias mais apropriadas para o local. Em âmbito global, algumas plataformas permitem a simulação do aumento do nível do mar para qualquer região do planeta, como por exemplo, o mapa interativo intitulado *Flood Maps*, que utiliza a combinação de dados do Google Maps e da missão SRTM da NASA, para simular áreas inundadas. Nesse mapa é possível selecionar o aumento do nível do mar, considerando uma elevação entre 0 e 60 metros. Entretanto, tendo em vista a resolução espacial dos dados SRTM utilizados, as simulações feitas para áreas específicas não atendem determinadas aplicações, como por exemplo, o mapeamento de uma pequena ilhota, como é o caso da área de estudo deste trabalho, que se refere a Coroa do Avião em Pernambuco, Brasil e que aparece parcialmente inundada, utilizando uma elevação simulada de 0m do NMM, (disponível em: *Flood Maps*).

Nota-se uma carência no estado da arte envolvendo a pesquisas relacionadas a simulação do nível do mar no âmbito local, devido ao fato do desafio em obter dados espaciais mais refinados remotamente, sendo assim relevante a aplicação de outros métodos para a obtenção de dados com referência espacial planimétricos e altimétricos. Apresentando grande repercussão e aplicações fotogramétricas capazes de produzir dados cartográficos de alta qualidade, os *Remotely Piloted Aircraft Systems* (RPAS) são uma solução eficiente para o mapeamento de alta resolução considerando pequenas áreas, bem como a modelagem de informações tridimensionais (EISENBEISS, 2011; REMONDINO *et al.*, 2011). Como exemplos, Gonçalves e Henriques (2015) relatam a qualidade dos dados topográficos e de imagens aéreas obtidos através de RPAS em duas áreas localizadas na costa noroeste de Portugal. Já Turner, Harley e Drummond (2016) utilizam RPAS para medições detalhadas da erosão das dunas e da superfície da praia em Narrabeen Beach, Austrália.

Diante do exposto, este trabalho tem por finalidade realizar um estudo de caso na região costeira de Pernambuco, nordeste do Brasil, mais especificamente na ilhota denominada Coroa do Avião. A área de estudo, além de ser uma região turística que movimenta a economia em nível local, é considerada um importante ponto de apoio para diversas espécies de aves limícolas (aves migratórias neárticas) para que possam completar seu ciclo biológico durante as migrações (PINTO; SANTOS, 2006; TELINO-JÚNIOR; AZEVEDO-JÚNIOR; LYRA-NEVES, 2003). Partindo da hipótese que no futuro o aumento do NMM global modificará este cenário costeiro local, foram feitas simulações de três situações considerando projeções elaboradas pelo

IPCC (2014), para um horizonte considerando o ano de 2100. Para tanto, foram utilizados dados planimétricos e altimétricos representados pela ortofotodigital e MDT, respectivamente; oriundos de levantamentos com RPAS, bem como o mapeamento da linha de costa temporal e dos pontos de apoio/controle com métodos de posicionamento GNSS.

1.1 Objetivos

A seguir serão descritos os objetivos do trabalho.

1.1.1 **Objetivo Geral**

O objetivo desta contribuição é avaliar a elevação do nível do mar e seus impactos na Coroa do Avião, considerando cenários hipotéticos globais.

1.1.2 **Objetivos Específicos**

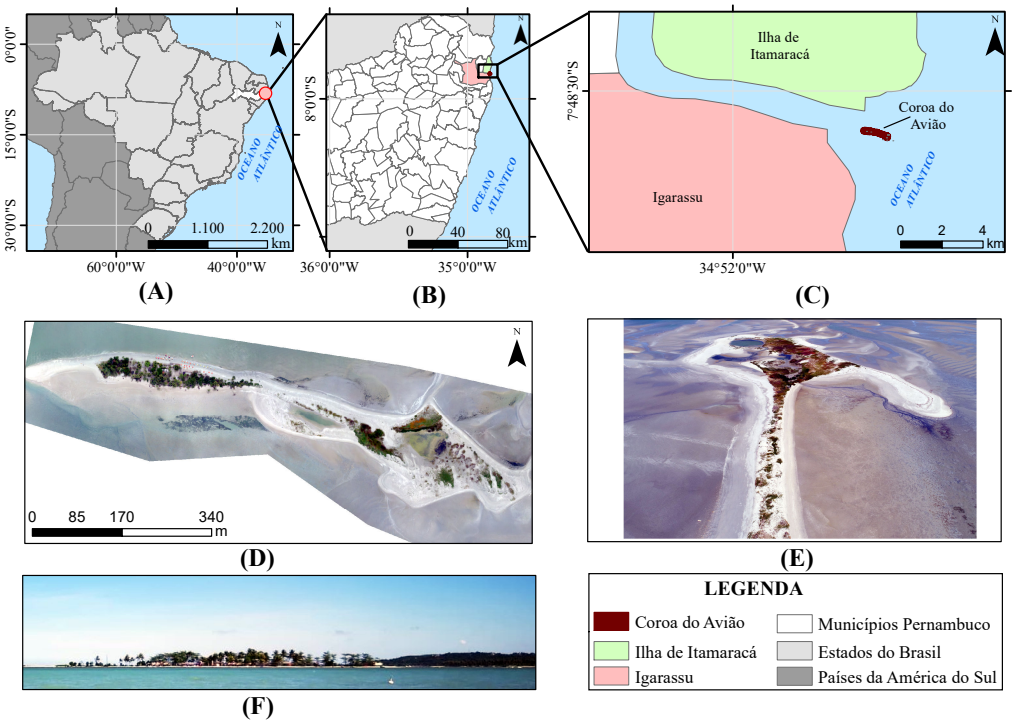
Para atingir o objetivo principal, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Verificar a variação da linha de costa para a área de estudo;
- Selecionar situações hipotéticas para elevação do nível do mar baseado na literatura através de estimativas globais;
- Utilizar o modelo digital do terreno para obter informações do relevo da Coroa do Avião e assim visualizar a respectiva área alagada, considerando os cenários projetados;
- Elaborar o mapa de uso do solo através do processo de vetorização utilizando a ortofotodigital para auxiliar nas análises dos impactos locais da simulação.

2 ÁREA DE ESTUDO

A costa do estado de Pernambuco (Figura 1 (B)) possui uma extensão de 187 km, representando 4% da área do território do estado e abriga 43,8% da população (IBGE, 2010). Localizada a 47 quilômetros da capital Recife, no litoral norte de Pernambuco, a Ilha de Itamaracá, tem forte vocação turística por suas belezas naturais e pela história, porém encontra-se com grandes desafios no que tange aos problemas de gerenciamento costeiro integrado e processos de erosão costeira (LIMA; GONÇALVES; SCHMIDT, 2018; GONÇALVES *et al.*, 2019). A área de estudo, próxima a Ilha de Itamaracá, é conhecida como Coroa do Avião (Figura 1D). Localizada entre os municípios de Igarassu e a Ilha de Itamaracá (Figura 1C), sob as coordenadas $7°48'58''$S e $7°49'8''$S, $34°50'28''$W e $34°49'59''$W, tem área de 59.726,12 m^2 e aproximadamente 2 km de comprimento longitudinal (SILVA, 2018). A Figura 1 apresenta a localização da Coroa do avião, no Brasil em (A), no litoral do Estado de Pernambuco em (B), demonstrando a proximidade com a ilha de Itamaracá em (C), em (D) a Coroa do Avião através de um ortofotomosaico, em (E) uma fotografia aérea oblíqua e em (F) uma fotografia horizontal desta ilhota.

Figura 1 – Localização da área de estudo: (A) Mapa do Brasil destacando o estado de Pernambuco; (B) Pernambuco destacando os municípios de Igarassu e Ilha de Itamaracá; (C) Igarassu e Ilha de Itamaracá destacando a Coroa do Avião; (D) Coroa do Avião; (E) Imagem aérea da Coroa do Avião (2020); (F) Imagem da Coroa do Avião no dia do mapeamento



Fonte:(A) (B) (C) (E) (F) As Autoras, 2020 (D) Silva, 2018.

Mendonça (2005) relata que a Coroa do Avião surgiu a partir de um banco de areia emerso apenas nas marés de sizígia e ao longo da década de 70 apareceu esta coroa que passou a aglomerar sedimentos arenosos e conservar-se emersa durante todo o ciclo de marés. Em consonância, Lira (2010) aponta que a Coroa do Avião se originou a partir da descarga e acumulação de sedimentos ao sul do Canal de Santa Cruz (desembocadura), uma falha geológica que separa a Ilha de Itamaracá do resto do continente. Atualmente, além de ser um ponto turístico, onde o seu acesso pode ser feito de barco, esta área é rota de aves migratórias, que em determinadas épocas do ano usufruem do espaço para abrigo e alimentação (PINTO; SANTOS, 2006; TELINO-JÚNIOR; AZEVEDO-JÚNIOR; LYRA-NEVES, 2003). Destaca-se neste caso, a importância de estudos para verificar a vulnerabilidade do local frente às mudanças climáticas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir, serão descritos os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento do TCC.

3.1 Materiais

Os materiais utilizados para esta pesquisa foram obtidos por (i) GNSS para determinação da linha de costa, pontos de controle e pontos de verificação e (ii) RPAS para obtenção do modelo digital do terreno e ortofotodigital. As características dos dados utilizados são apresentadas nas seções 3.1.1 e 3.1.2 e resumidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo do conjunto de dados utilizados e suas aplicações

Descrição	**Método**	**Período**	**Uso**
Linha de Costa	GNSS-PPP	2017 e 2020	Taxa Média de Variação
Ortofotodigital	RPAS	2017	Mapa de uso e ocupação do solo
MDT	RPAS	2017	Simulação de Elevação do Nível do Mar

Fonte: As Autoras, 2020.

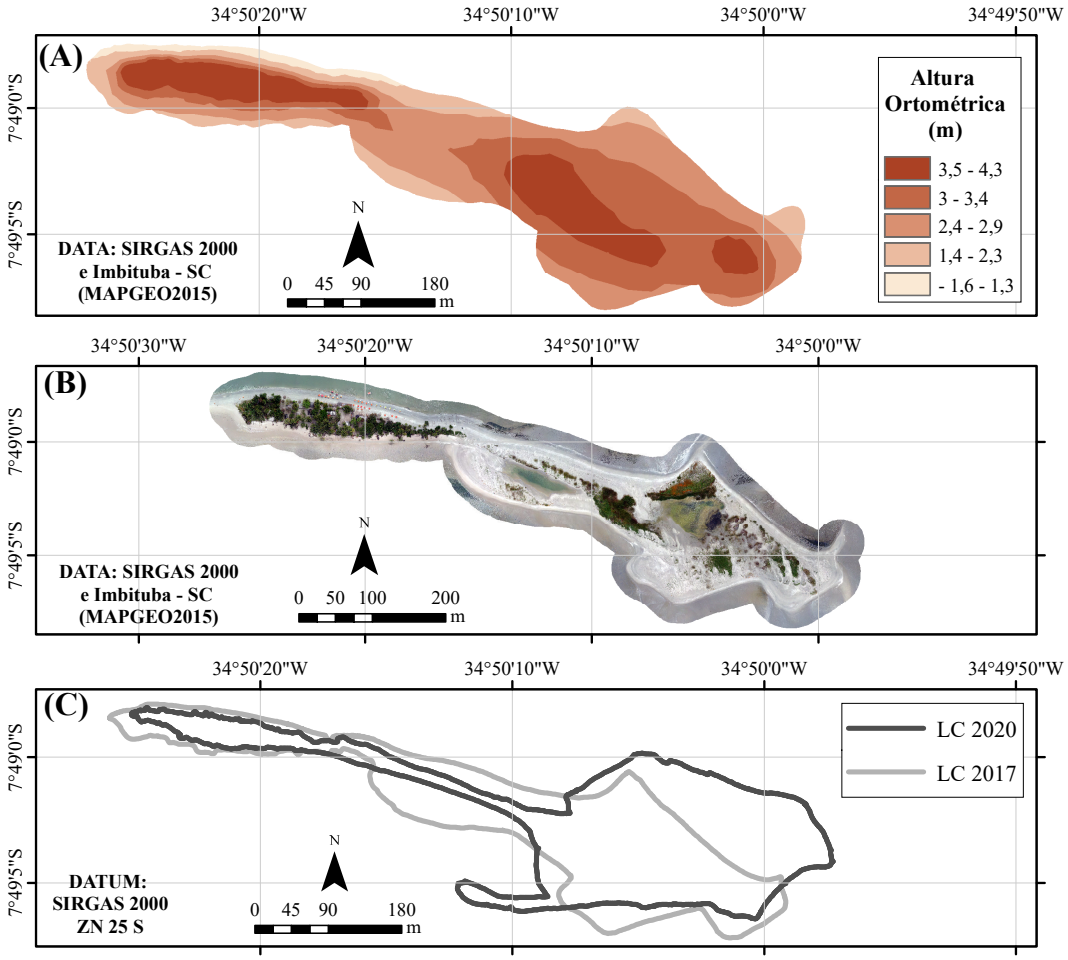
3.1.1 MDT e Ortofotodigital

O MDT e o orfofotomosaico foram obtidos em agosto de 2017 através do *Remotely Piloted Aircraft Systems* (RPAS) com o modelo Batmap1 de asa fixa. Esse equipamento possui o comprimento de 1950 mm de uma asa a outra e 705 mm da hélice ao limite vertical, tem autonomia de voo de 90 $minutos$, raio de operação de 6 km e uma Câmera RGB de 24,3 $megapixels$ com lente 16 mm de foco fixo (Nuvem Uav, 2016). O voo aerofotogramétrico desta pesquisa foi realizado a uma altura de 120 $metros$ e recobrindo uma área de 28 ha. Estes produtos foram gerados a partir da dissertação de mestrado de Silva (2018) onde é possível obter informações detalhadas dos procedimentos fotogramétricos utilizados. Os dados foram disponibilizados pelo LACCOST (Laboratório de Cartografia Costeira) da UFPE.

O Modelo Digital do Terreno (MDT) é a representação do comportamento característico que ocorre em uma região da superfície terrestre, sendo representado espacialmente em três dimensões. Ou seja, o MDT representa a superfície do terreno. Através dele podemos coletar informações altimétricas de uma área. Figura 2 (A) apresenta o MDT que foi utilizado, este atende a Classe A do PEC-PCD (Padrão de Exatidão Cartográfica destinado a atender os Produtos Cartográficos Digitais) para uma escala de 1:10.000. Uma ortofotodigital é uma

imagem com perspectiva ortogonal, que pode ser tomada como fonte de informações métricas segura. Neste trabalho foi utilizada para determinação precisa de feições através do mapeamento temático de uso do solo. A Figura 2 (B) apresenta o ortofotomosaico da Coroa do avião que é compatível com o PEC Classe A para a escala 1:2.000.

Figura 2 – Materiais Utilizados: (A) Modelo Digital do Terreno (B) Ortofotomosaico (C) Linhas de Costa (2017 e 2020).



Fonte: (A) e (B) Silva, 2018; (C) As Autoras, 2020.

3.1.2 **Linha de costa GNSS (2017 e 2020)**

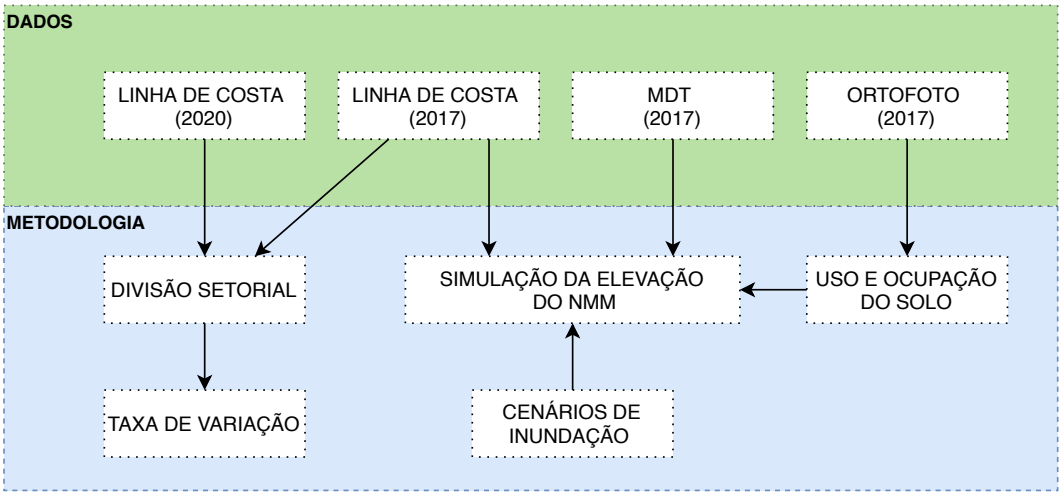
Foram realizadas 2 campanhas GNSS considerando os anos de 2017 e 2020 para o mapeamento da linha de costa (LC); em que a primeira foi obtida em Agosto e a última em Janeiro, inverno e verão, respectivamente. O indicador utilizado para efetuar este mapeamento e as análises de suas variações foi a linha de preamar máxima *high tide shoreline* de Bird (2008). A LC foi caracterizada no limite entre o continente e o mar, ou em alguns casos no limite entre a vegetação e a praia, ou ainda, no limite de encontro com geoindicadores de erosão costeira.

Para os mapeamentos temporais da linha de costa Figura 2 (C), foi feito uso de um receptor Leica Viva GNSS GS15, no modo cinemático com taxa de gravação de $1s$, respeitando o intervalo de inicialização de no mínimo 30 $minutos$ recomendado para o método PPP (Posicionamento por Ponto Preciso), de acordo com Li e Zhang (2014) e Yoshizaki *et al.* (2016). Em ambos os levantamentos, o arquivo de dados brutos foi convertido para o formato RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*). O pós-processamentos dos dados foi realizado através do serviço do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) – PPP ao qual faz uso do software CSRS-PPP da *Natural Resources of Canada* (NRCAN). O CSRS-PPP é capaz de processar dados GPS e GLONASS nos modos PPP estático e cinemático. Utilizando a órbita mais precisa disponível no momento do processamento. O pós-processamento realizado no modo cinemático PPP, levou em conta, as correções precisas de orbitais e de relógios do Serviço Internacional de GNSS (IGS). Os dados foram pós-processados após 21 dias seguidos do levantamento, respeitando o tempo de (15-21 dias) após o rastreio para utilizar o produto contendo a orbita final.

3.2 Métodos

A metodologia está resumida na Figura 3 onde as linhas de costa temporais (2017 e 2020) são utilizadas para detectar as mudanças de deslocamento mediante uma divisão setorial e cálculo da taxa média de variação da linha de costa por setor. O MDT e o mapa de uso do solo obtidos a partir do ortofotomosaico, são utilizados como base para a simulação do nível médio mar através dos cenários pré-selecionados baseados em estudos científicos. As seções 3.2.1 a 3.2.2, detalham cada uma destas etapas.

Figura 3 – Metodologia utilizada



Fonte: As Autoras, 2020

3.2.1 **Divisão Setorial e Cálculo da taxa de variação da linha de costa**

Por se tratar de uma feição bastante dinâmica e sem um comportamento linear, é necessário dividir a área de estudo em setores para entender como os fatores naturais e antropogênicos afetam a dinâmica costeira. Para tanto, a área de estudo foi dividida em 12 setores selecionados a partir do agrupamento com características de avanço e recuo da LC ao longo da ilhota.

Para as análises das variações da linha de costa, foi utilizado a extensão do *software* ArcGIS 10.5 (Esri (2011)), denominada *Digital Shoreline Analysis System* – DSAS versão 4.0 que facilita a automação da maioria das etapas para a análise quantitativa em relação aos processos de erosão ou acresção. Este processo é efetuado mediante uma série estatística temporal da linha de costa (THIELER *et al.*, 2009). Projetada por Thieler *et al.* (2009), e hoje o DSAS é disponibilizada pela *US Geological Survey*. Entre os índices propostos pelo DSAS, foi selecionado o índice EPR (*End Point Rate*) para estimar as taxas de evolução de cada setor durante o período de estudo. O método EPR realiza os cálculos de Taxa Média de Variação entre a linha considerada a mais antiga e a mais atual (THIELER *et al.*, 2009; MARINO; FREIRE, 2013). Isto é, uma relação espaço e tempo, onde é medida a distância em metros entre as duas feições vetoriais, que em seguida é dividida pelo intervalo de tempo existente entre elas, tendo assim um produto com unidade em $metros/ano$ (NICU *et al.*, 2020). A mudança da linha de costa foi calculada através de transectos regulares espaçados em 3 m, e foram geradas a partir de uma linha de base *offshore* ou *onshore*, dependendo da direção do setor rodeando a ilha. Com isso,

492 transectos foram gerados e usados para medir as mudanças na linha de costa. Outros autores utilizaram a mesma metodologia tanto para grandes, médias e pequenas faixas costeiras, como (QUEIROZ *et al.*, 2016; SALIM *et al.*, 2018; SALMON; DUVAT; LAURENT, 2019). Além das taxas de variação é possível obter os valores de extensão para processos de erosão e acresção bem como o centroide da ilhota para cada campanha.

3.2.2 **Escolha dos cenários de elevação do NMM**

As mudanças no nível do mar podem ocorrer em uma ampla gama de escalas temporais e espaciais, com muitos fatores contribuintes tornando-se uma medida integral das mudanças climáticas (MILNE *et al.*, 2009; CHURCH; WHITE, 2006). As projeções para o aumento do nível do mar de forma global, no horizonte temporal considerando o ano de 2100, ainda apresentam certa incerteza. A Tabela 2 traz de forma sucinta as estimativas para elevação do NMM, presentes na literatura entre os anos de 2006 e 2013.

Tabela 2 – Projeções de Elevação do Nível do Mar para 2100

Autor	**Elevação do Nível do Mar** (cm)
Church e White (2006)	28 - 34
Rahmstorf (2007)	50 - 140
Pfeffer et al. (2008)	80 - 200
Jevrejeva et al. (2008)	34
Grinsted et al. (2009)	90 - 130
Church et al. (2013)	44 - 74

Fonte: As Autoras, 2020.

As estimativas feitas pelo Painel Intergovernamental IPCC (2007) sobre a Mudança Climática indicam que até o final do século XXI a temperatura mundial deva subir entre 1,1°C a 6,4°C, o que poderia resultar numa elevação do nível do mar entre 18 a 59 cm (IPCC, 2007). Em seu relatório publicado em 2014, o IPCC prevê três cenários diferentes de elevação, que aqui são classificados como: otimista, intermediário e pessimista, e que são apresentados na Tabela 3, estes consideram diversos fatores que corroboram os efeitos causadores da elevação do nível do mar em âmbito global.

Tabela 3 – Projeção da Elevação do Nível do Mar para 2100 (IPCC, 2014) e Projeções Escolhidas para o estudo

Cenário	**Elevação do Nível do Mar (cm) (IPCC, 2014)**	**Projeção de Elevação do Nível do Mar (cm) (escolhida para simulação)**
Otimista	26 - 55	50
Intermediário	32 - 63	60
Pessimista	45 - 82	80

Fonte: As Autoras, 2020.

Desta forma, foram considerados três cenários para simulação proposta neste estudo. A fim de facilitar as análises foram selecionados três valores inteiros em centímetros, para cada cenário respeitando os intervalos propostos pelo (IPCC, 2014) os mesmos são apresentados na terceira coluna da Tabela 2.

3.2.3 **Simulação dos cenários**

Após definir os três cenários de simulação, com auxílio do software ArcGIS versão 10.5 (módulo ArcMap) e da extensão ArcScene, foram realizadas as simulações de inundação ocasionados pelo aumento do NMM na Coroa do Avião. Para realizar isso, inicialmente foi criada uma camada em ambiente SIG representando o cenário considerado como atual através da linha de costa que foi extraída para o ano de 2017 e representada na Figura 2 (C) junto com as demais informações altimétricas obtidas através do MDT apresentado na Figura 2 (A). O software através da simulação proposta é capaz de representar as áreas alagadas considerando a elevação do nível do mar selecionada na Tabela 3. Além de gerar os mapas contendo as áreas alagadas conforme os cenários propostos, é possível visualizar a simulação em multimídia (formato avi.) contendo uma animação da simulação. A mesma foi produzida utilizando a ferramenta "*Scene Animation*", que permite sincronizar o tempo com a elevação do mar.

3.2.4 **Uso e ocupação do solo**

O mapa temático de uso do solo foi gerado mediante a fotointerpretação e vetorização da ortofotodigital. Esse processo foi realizado através do software ArcGIS versão 10.5, utilizando as ferramentas de edição. Este mapa foi utilizado com a intenção de visualizar as feições atingidas durante os cenários de simulação do nível do mar.

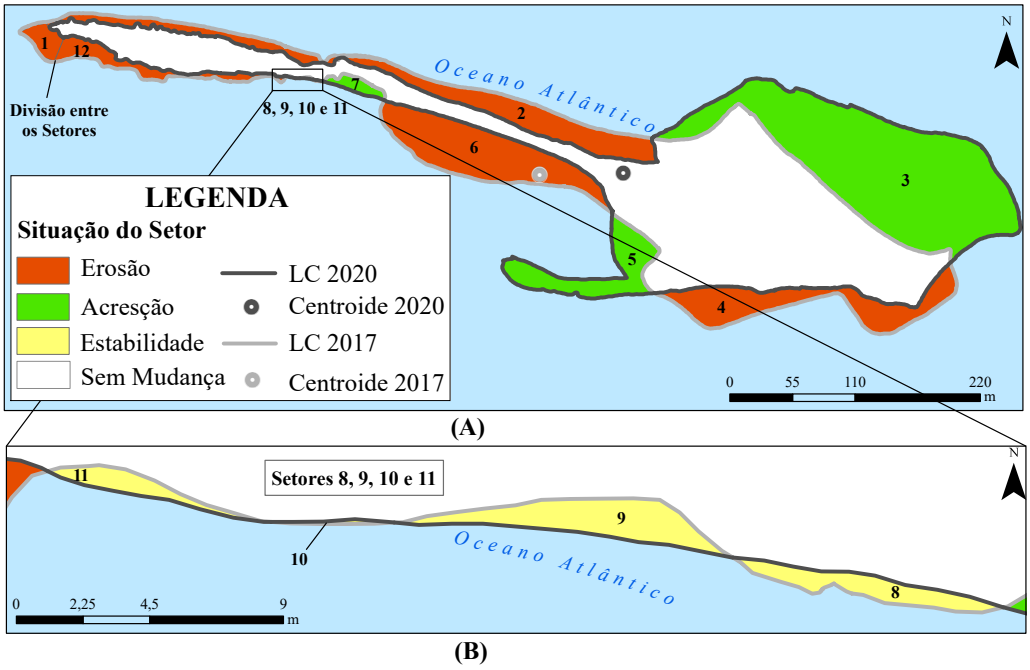
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados deste TCC serão abordados em três seções, os quais correspondem ao Cálculo da Taxa de Variação (seção 4.1), Simulações (seção 4.2) e Limitações e barreiras para simulações de elevação do nível do mar (seção 4.3).

4.1 Cálculo da Taxa de Variação

A Figura 4 (A) apresenta os resultados visuais da comparação das LCs de 2017 e 2020, destacando em laranja onde a linha obteve erosão, em verde e amarelo estabilidade. Na Figura 4 (B) é feito uma ampliação para representação dos setores 8, 9, 10 e 11.

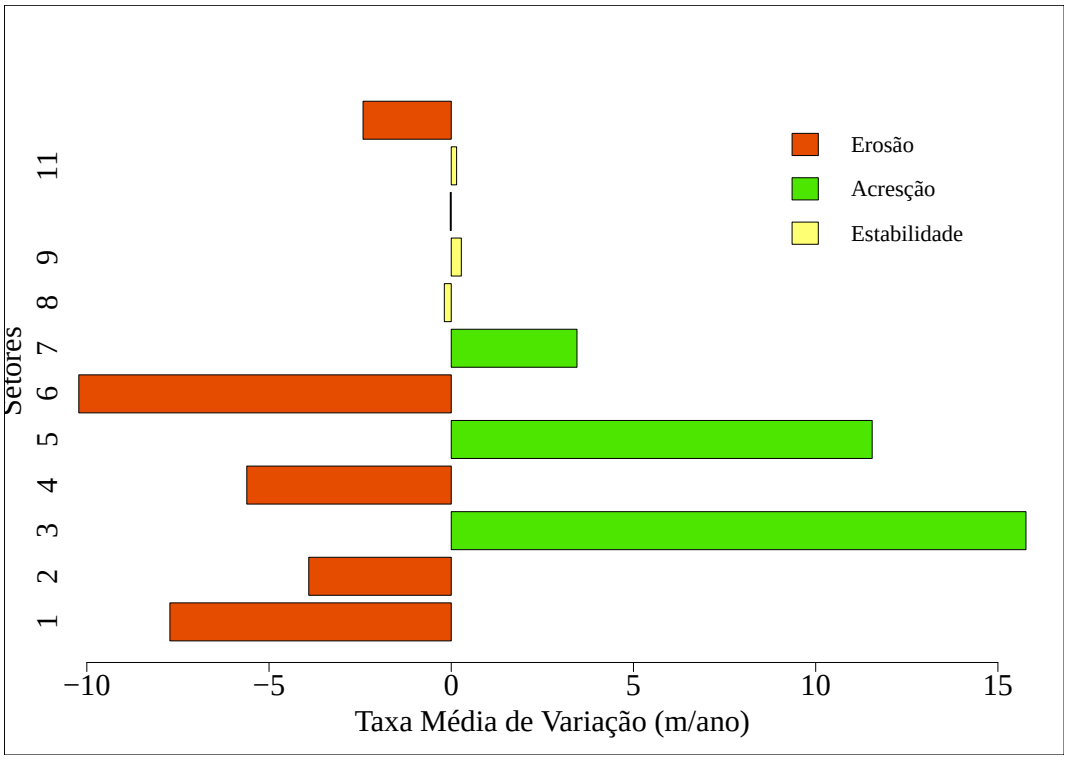
Figura 4 – Variação da linha de costa setorial quanto ao estado de erosão, acresção e estabilidade; (B) Setores 8, 9 10 e 11



Fonte: As Autoras, 2020.

Na Figura 5 é apresentado o resultado da taxa média de variação calculada pelo método EPR (item 2.3.1) através do gráfico de barras, onde é possível observar os valores de taxa média de erosão, e estabilidade, bem como o comportamento da dinâmica costeira na Coroa do Avião entre os anos de 2017 e 2020.

Figura 5 – Taxa média de variação setorial



Fonte: As Autoras, 2020.

Na análise desse gráfico Figura 5, podemos observar que os setores 1, 2, 4, 6 e 12 encontram-se em processo de erosão, os setores 3, 5 e 7 em processo de acresção, enquanto os setores 8, 9, 10 e 11 se mantém estáveis. Considerando a classificação das taxas médias de variação de LC utilizada por Mendonça *et al.* (2014) em que taxas de variação abaixo de -2 m/ano e acima de 2 m/ano são consideradas muito altas para erosão e acresção, respectivamente; e taxas entre -1 m/ano e 1 m/ano são classificadas como estabilidade moderada. Diante dessas informações podemos classificar os setores 1, 2, 4, 6 e 12 como alto processo erosivo, com destaque para o setor 6 com taxa média de -10,2 m/ano, e os setores 3, 5 e 7 como alto processo de acresção, com destaque para o setor 3 com 15,8 m/ano. Por fim, os setores 8, 9, 10 e 11 como estabilidade moderada.

A área total de acresção foi de 24213,6 m^2, erosão 21441,9 m^2 e estabilidade 17,6 m^2 e está representada na Figura 4 (A e B), a qual apresenta a situação observada para os 12 setores. O cenário da ilha considerando os dois períodos (2017-2020) mostra que a maior parte da ilha vem se deslocando a uma diferença de 73,8 m no sentido NE entre os centroides e sofrendo com erosão ou acresção, e apenas 32 m (2%) da trajetória da linha de costa se manteve estável, como podemos observar na Figura 4 (B) que apresenta uma ampliação para os setores 8, 9, 10

e 11.

Mendonça (2005) estudou a movimentação da Coroa do Avião e seu processo de acresção e erosão, realizando uma série de levantamentos de alta precisão durante o período de 2000 a 2004 concluindo que a parte norte da ilha ocorreu uma acresção de 6.890,46 m^2 e o setor sul, uma erosão de 6.396,41 m^2. Na metade do período estudado de Mendonça (2005) houve a instalação de um píer que estava relacionada ao desequilíbrio da dinâmica local, este píer atualmente não existe mais, conforme o ortofotomosaico da Figura 1 (B). Ao todo, contabilizou-se uma movimentação de 52% e 48%, respectivamente. Nesta pesquisa, constatou-se uma heterogeneidade da dinâmica costeira, apresentando um padrão mesclado entre erosão e acresção. Encontrou-se percentuais de área de acresção e erosão parecidos, contando com 53% para acresção e 46,9% para erosão. Esses dados mostram que a proporção da dinâmica costeira na Coroa do Avião se manteve constante, entre a pesquisa realizada por Mendonça (2005) e esta. Entretanto, ao avaliar-se os dados brutos desses dois períodos, 2000-2004 e 2017-2020, a área de acresção e erosão encontraram-se 3,5 e 3,3 vezes maior do que aquela encontrada por Mendonça (2005), respectivamente.

Pode-se observar também a movimentação dos sedimentos, a ação das ondas e da corrente de deriva que trabalham constantemente na ilhota provocando avanços e recuos da linha de costa, como bem observado em Mendonça (2005) que estudou a movimentação do centroide da ilha e verificou que entre o primeiro levantamento (nov/2000) e último (mai/2004) a ilha havia se movimentado 14 m, valor bem inferior ao encontrado nessa pesquisa, em que a sazonalidade da aquisição das LCs alternaram de inverno para verão, os centroides distaram 73,8 m. Nurse *et al.* (2014) ressaltam que os processos de erosão e acresção sazonais parecem predominar sobre qualquer tendência morfológica a longo prazo. Mendonça *et al.* (2014) discute que processos sazonais na costa provavelmente inclinam-se à atributos granulométricos das praias. Em um estudo realizado em duas praias localizadas em Recife (PE), Gregório (2004) constatou a predominância granulométrica de areia fina durante a estação de seca, o que torna mais propenso a movimentação dos sedimentos por ação de ondas e marés, influenciando na variação da posição da linha de costa, em contrapartida durante a estação chuvosa foi encontrado um tamanho muito fino até um tamanho médio de sedimento.

Zhang *et al.* (2019) utilizaram o método EPR para investigar padrões sazonais para a linha de costa e analisaram que o acúmulo dos sedimentos foi maior no inverno em relação ao verão. Isso ocorre em decorrência da maior intensidade de ventos e ondas, comum ao inverno,

acarretando maior ressuspensão de sedimentos e maior movimentação costeira. No verão, por sua vez, esse fenômeno é naturalmente mais brando. Posteriormente, Zhang *et al.* (2019) analisaram a linha de costa mediante a construção de um aterro e verificaram que o padrão sazonal se tornou mais competitivo entre inverno e verão; as taxas médias de acresção subiram 2,13 m/ano no inverno e 1,23 m/ano no verão, bem como a taxa média de erosão aumentaram para 0,64 m/ano no verão e 2,93 m/ano no inverno. Valderrama-Landeros e Flores-De-Santiago (2019) avaliaram a dinâmica costeira dos rios San Pedro (540 km) e Santiago (450 km) na costa do Pacífico do México, em que seis barragens foram construídas ao longo do rio Santiago desde 1976. Eles utilizaram o método EPR para determinar as taxas de erosão e acresção, e os resultados indicaram que, após 45 anos, a costa do rio Santigo apresentava grandes tendências de erosão com 56% a mais de perdas de praias e áreas úmidas que o rio San Pedro, o qual apresentou variabilidade mínima. Mendonça (2005) quando estudou por dois anos a instalação de um píer na Coroa do Avião constatou uma mudança no ambiente provocando um rápido recuo de 28,3 m da LC.

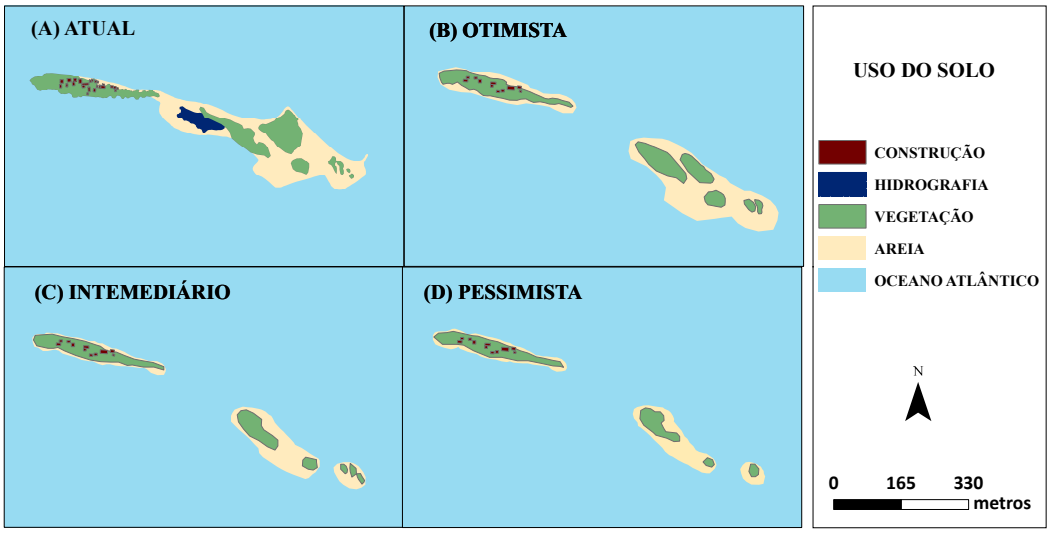
Ghosh, Kumar e Roy (2015) estudaram a mudança na morfologia costeira, na Ilha de Hatiya, situada próxima ao canal do Rio Meghna em Bangladesh, motivados por mudanças na costa devido à atividade humana, vazão de rios, marés, hidrologia costeira da região e uma série de inundações causadas pela presença de rios próximos à ilha. Ghosh, Kumar e Roy (2015) integraram o uso de sensoriamento remoto com técnicas de GIS para delimitar a faixa costeira. Eles verificaram que um dos motivos da ilha sofrer constante erosão e acresção está relacionado à migração do canal. A parte mais próxima da foz do Rio Meghna é a mais atingida. Pode-se concluir que as áreas costeiras tropicais localizadas ao longo dos estuários são muito sensíveis ao transporte de sedimentos ao longo da costa por efeito do litoral sazonal vigente. De forma análoga, na Coroa do Avião, foi possível observar que os setores 1, 2 e 12 classificados como alta taxa de erosão estão mais próximos do canal Santa Cruz que os demais, e as maiores taxas de acresção são encontradas mais distantes da foz, onde encontram-se os setores 3 e 5. Gomes e Silva (2014) alegam que ao longo de Pernambuco a zona costeira, por estarem em contato direto com o Oceano Atlântico, enfrentam fortes correntes induzidas por ondas e consequentemente, o transporte de sedimentos estaria sempre variando. Para Shaffril *et al.* (2011) algumas regiões de Terengganu, na Malásia, estão vivenciando consideráveis alterações provocadas por diferentes fatores, como ondas, monção, ventos, marés de inundação, elevação do nível do mar e atividades humanas próximas a LC. Gonçalves *et al.* (2019) propuseram um modelo com lógica *fuzzy* para

o cálculo da vulnerabilidade à erosão costeira integrando em um ambiente de SIG a cobertura vegetal através do NDVI, taxas de erosão e acresção e fatores relacionados ao uso do solo em ambientes costeiros onde foi utilizado a Ilha de Itamaracá como estudo de caso e no caso a parte sul que fica em frente a Coroa do Avião se apresentou como uma área alta vulnerabilidade para processos de erosão costeira.

4.2 Simulações

As simulações foram realizadas utilizando o ortofotomosaico e as informações altimétricas do Modelo Digital de Terreno (Figura 2 A e B). Na Figura 6 (B), (C) e (D) são representadas a ilhota com as simulações referentes a Tabela 3 (terceira coluna) considerando os cenários com aumento do nível do mar otimista (50 cm), intermediário (60 cm) e pessimista (80 cm).

Figura 6 – Simulação utilizando o MDT e uso e ocupação do solo. (A) Estado atual em 2017, (B) Otimista, (C) intermediário e (D) pessimista



Fonte: As Autoras, 2020.

Com base nos cenários simulados foi possível mapear as áreas da Coroa do Avião passíveis de inundação. Na Figura 6 (B, C e D) é possível visualizar as diferentes áreas passiveis de serem inundadas nos três cenários simulados. Na Tabela 4 são apresentados os resultados do mapa de uso do solo conforme os três cenários de elevação do NMM, contendo as quatro

classes que foram selecionadas para representar as feições presentes na Coroa do Avião sendo elas: vegetação, construções, e areia.

Tabela 4 – Área afetada (%) pelo aumento do nível do mar

Cenário	Total	Vegetação	Construção	Areia
Otimista	38,57	12,96	33,78	7,83
Intermediário	62,48	37,02	33,78	43,72
Pessimista	67,41	44,78	33,78	51,11

Fonte: As Autoras, 2020.

No Cenário Otimista, a inundação afetaria todas as áreas situadas com cotas abaixo de 2,60 m, fato observado utilizando as informações altimétricas do Modelo digital do Terreno da Figura 2 (A). Essa área afetada corresponde a 38,57% da área da ilhota. Haveria impactos significativos nas áreas construídas, sendo estas afetadas em 33,78%. Também é possível notar a separação e formação de duas ilhotas. Se houver um aumento do NMM de 0,60 m, as construções se manteriam com a taxa de 33,78% de área afetada. E a elevação afetaria mais da metade da área total da ilhota. No cenário pessimista com elevação do mar em 0,80 m inundaria mais da metade da faixa de areia e 67,41% da área total da ilha. É possível perceber que grande parte da área de vegetação estaria vulnerável ao aumento do mar neste cenário, com 44,78% afetada. Nos cenários intermediário e pessimista, percebe-se a separação e formação de três ilhotas.

Sabe-se que os níveis do mar flutuam em torno de suas tendências em escala regional. Por exemplo, Sallenger, Doran e Howd (2012) e Boon (2012) encontraram acelerações regionais do aumento dos níveis do mar ao longo da costa leste da América do Norte. A interação da subida do nível médio global do mar no século XXI com eventos de nível de água elevado irá ameaçar as áreas costeiras de baixa altitude (IPCC, 2014). Alterações significativas na linha de costa são esperadas nos próximos séculos, o aumento do nível do mar provavelmente excederá 1 m em alguns locais (SCHAEFFER *et al.*, 2012). Por conseguinte, muitos locais costeiros podem sofrer várias transições nos próximos séculos: durante a primeira fase, o impacto nas mudanças do nível do mar podem permanecer menos significativas do que as de outros processos costeiros; então, durante uma segunda fase, a elevação do nível do mar deve exacerbar significativamente a erosão costeira; e finalmente, durante uma terceira fase (provavelmente após 2100), Cazenave e Cozannet (2014) afirmam que o aumento do nível do mar pode atingir vários metros e muitas áreas baixas podem ser permanentemente inundadas ou encharcadas.

Através do Modelo Digital do Terreno utilizado, é possível observar as variações de altitude da coroa do avião. Percebe-se que a ilha tem altitude máxima de 4,3 m, sendo então caracterizada como uma área costeira de baixa altitude. Stive (2004) sugeriu que, com as atuais taxas de elevação do nível do mar, a maioria praias costeiras devem estar passando atualmente pela primeira fase ou pelos estágios iniciais da segunda fase. O aumento do nível do mar local se distingue do aumento médio global, tendo em vista que em cada região a elevação do NMM repercutirá de forma específica, o que Kopp *et al.* (2014) destacam como sendo um fato crítico para o planejamento de adaptação e gestão de risco. O monitoramento e a previsão de inundações permitem melhorar significativamente a segurança social e diminuir os danos econômicos causados pelas futuras inundações. O desenvolvimento de sistemas de monitoramento e previsões de inundações é sustentado com base nos recentes progressos na esfera da modelagem espacial e das simulações utilizando sistemas de informações geográficas (MERKURYEVA *et al.*, 2014).

4.3 Limitações e barreiras para simulações de elevação do nível do mar

Este estudo mostrou a viabilidade de simulação da elevação do nível do mar utilizando a ilhota Coroa do Avião como estudo de caso. As projeções de elevação do nível do mar para 2100 variaram de 50 cm a 80 cm de acordo com a literatura atual, considerando estudos globais. O MDT de alta precisão obtido por RPAS pode tornar as projeções confiavéis, considerando o tamanho da ilhota. No entanto, é apropriado considerar as limitações sobre a simulação de nível de visualização, entre elas:

1) Transporte de sedimentos:

Para Torresan *et al.* (2008) o balanço de sedimentos pode influenciar a dinâmica costeira em resposta ao aumento do nível do mar, estudos dessa natureza são importantes para quantificar a assimetria das marés tendo em vista que variações no padrão de transporte de sedimentos próximos à costa resultam em oscilações complexas da linha costeira (RAO *et al.*, 2009). Por isso destaca-se a importância do monitoramento retratado pela complexidade das características setoriais apresentadas que não são acompanhadas por movimentos lineares e de fácil predição.

2) Correntes e ondas:

Cunha e Guerra (1998) descrevem que o regime de ondas representa a mais importante variável indutora dos processos costeiros de curto e médio prazo, sendo responsável pelo transporte de sedimentos nos sentidos longitudinal e transversal à linha de costa.Almeida (2018)

caracterizou a morfodinâmica do município de Itamaracá-PE e ao observar o setor sul, onde está localizada a Coroa do Avião, vinculou o acúmulo de sedimentos aos vetores de onda que são refreados pela ilha, o que torna a área propícia para o acúmulo de sedimentos.

3) Eventos extremos e mudanças extremas no nível do mar:

O risco associado à mudança do nível do mar também está relacionado a eventos individuais de duração limitada. Como resultado, as mudanças graduais no tempo e no espaço devem ser avaliadas juntamente com os processos que levam a eventos de inundação e erosão Arneth *et al.* (2019). Áreas costeiras ficam ameaçadas quando as marés altas coincidem com eventos climáticos extremos e conduzem mudanças extremas no nível do mar Wahl *et al.* (2017), Little *et al.* (2015), Vousdoukas *et al.* (2018). Condições meteorológicas extremas (extremos climáticos) contribuem para mudanças extremas no nível do mar através de ondas de vento e ondas de tempestade.

4) Mudanças climáticas e expansão térmica da água do oceano:

A elevação do nível do mar é destaque entre as consequências das mudanças climáticas. A taxa futura de aumento do nível do mar global médio será controlada principalmente pela expansão térmica da água do oceano, que está relacionada as mudanças climáticas Church *et al.* (2013). O nível do mar, devido à expansão térmica da água do mar, aumentou significativamente desde 1950 Ishii e Kimoto (2009), Domingues *et al.* (2008), Church e White (2006). Essa expansão térmica levará a um aumento no volume do oceano global, produzindo um aumento (termostérico) do nível do mar. A variabilidade gerada internamente no sistema climático produz um desvio padrão decadal do nível do mar devido à expansão térmica na faixa de 0,4–2,0 mm, que pode refletir nos modelos de elevação do nível do mar Meehl *et al.* (2007).

5) Obras costeiras e interferência antrópica:

De acordo com Alfredini e Arasaki (2009) os tipos mais comuns de obras de defesa do litoral são espigões, quebra-mares, obras longitudinais aderentes (muros/paredões/enrocamento) e alimentação artificial de praias; e as principais obras de abrigo portuário são quebra-mares, molhes ou molhes guia-correntes e espigões. Locais com turismo dinâmico e alta urbanização, como estância balnear de Saly Portudal em Senegal, atrelado ao déficit sedimentar, tempestades e aumento do nível do mar recorrem a obras costeiras para controlar o avanço da maré, tais como: paredões, enrocamento, revestimento e quebra-mar (NGOM; NDOUR; NIANG, 2018). Espigões foram construídos em São Luís-MA para engordamento da praia e recuperação do canal de acesso ao porto local; esta construção contribuiu com o comércio, valorização imobiliária

e turística (CARDOSO *et al.*, 2020). As obras costeiras podem acelerar ou conter o aumento do nível do mar, diante disso Sawaragi (1995) explicita a necessidade de entender a escala temporal e espacial do processo de erosão costeira em determinada localidade para aprimorar a técnica interventiva utilizada.

6) Parâmetros globais:

O padrão de aumento do nível do mar varia substancialmente de região para região. Isso torna difícil usar parâmetros globais para simular a elevação do nível do mar. O nível do mar local é influenciado por processos atmosféricos, oceânicos, glaciológicos e geológicos (STAMMER *et al.*, 2013; MILNE *et al.*, 2009). Os padrões geográficos de elevação do nível do mar podem resultar em processos diferentes: as mudanças na densidade da água do mar devido a mudanças na temperatura e salinidade são o processo dominante. Contribuições de outros efeitos, em particular, fatores estáticos, são poucos no presente, mas se tornarão importantes no futuro (MILNE *et al.*, 2009).

5 CONCLUSÃO

O monitoramento da Coroa do Avião foi efetuado a partir da delimitação da linha de costa pelo método GNSS-PPP (2017 e 2020), agregando ao conjunto de dados a ortofotodigital e MDT obtidos em 2017, através de RPAS. A ilhota foi dividida considerando 12 setores e posteriormente quantificada as taxas de variação da linha de costa. Foram selecionadas estimativas globais de elevação do nível do mar baseado em dados fornecidos pelo IPCC (2014) para três cenários (pessimista, intermediário e otimista). Através do MDT foi possível visualizar as áreas alagadas para os cenários bem como analisar as classes de uso do solo atingidas pela simulação. Os resultados deste estudo indicam que:

1. As mudanças climáticas considerando estimativas globais relacionadas a elevação do nível do mar trazem relevância ao tema para sociedade. Para tanto, torna-se fundamental a utilização de produtos compatíveis com a resolução espacial e temporal para simulações de cenários de elevação do nível do mar como ferramenta às gestões de risco e planejamento regional.

2. As simulações de elevação do nível do mar para o cenário pessimista, sugerem que 67,41% da Coroa do Avião inundaria, o que levaria a divisão da ilha em três partes. Grande parte da vegetação local seria comprometida e apenas uma parte das áreas com cotas mais altas se manteriam preservadas. Nestas cotas, encontram-se atualmente as regiões de construções e de uso turístico local.

3. É importante salientar que as elevações escolhidas foram as publicadas pelo IPCC (2014), porém existem outros autores como Kopp *et al.* (2014) que levantam diferentes projeções de aumento médio global do nível do mar, tanto para este século como para os próximos. As projeções por eles estimadas apresentam resultados mais dramáticos do que os cenários apresentados pelo relatório do IPCC (2014), o que levariam a tendências mais críticas. Em ambos os contextos, a Coroa do Avião é altamente vulnerável ao aumento do nível do mar.

4. Zhang *et al.* (2019) destacaram que a ferramenta DSAS, junto ao método EPR utilizada, é considerada uma abordagem eficaz para quantificar variações no posicionamento da LC, por ser uma ferramenta de cálculo automatizado, e vem sendo empregada por outros autores como Bacino *et al.* (2020), Dada *et al.* (2019) e Dada *et al.* (2018), Rader *et al.* (2018), entre outros. Aponta-se que a detecção da evolução da LC pode ser alcançada através de um mapeamento utilizando apenas um receptor GNSS com o método PPP. Tal método se torna atrativo,

tendo em vista a redução de custos e equipamentos (MARQUES *et al.*, 2019; GONÇALVES; AWANGE, 2017) por isso torna-se eficaz para o mapeamento da linha de costa como demonstrado também neste trabalho.

5. A Coroa do Avião teve seu centroide deslocado 73,8 m entre os dois períodos estudados (Ago/2017 e Jan/2020). Esse deslocamento é resultado do efeito combinado de altas taxas de erosão e acreção encontradas na Ilha, que por sua vez foram causadas por fatores como sazonalidade, granulometria e localização próxima à estuários, o que torna a região muito sensível ao transporte de sedimentos. Os setores 1, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 apresentaram valores de taxa de variação média negativas, recuo, na posição da LC, e os setores 3, 5, 7, 9 e 11 valores de taxa de variação média positiva, acreção. Apenas os setores 8, 9, 10 e 11 apresentaram taxas média de variação consideradas moderadas e o restante taxas média de variação consideradas muito alta. Enfatizando a complexidade e dinâmica da Coroa do Avião.

Neste contexto, torna-se evidente a necessidade de ações de monitoramento costeiro no litoral de Pernambuco, em especial a Coroa do Avião. No tocante aos riscos principais das consequências da elevação do nível do mar, são apontados: a perda dos meios de subsistência das comunidades costeiras, da infraestrutura, de serviços de ecossistemas e estabilidade econômica. Sendo assim, pesquisas científicas, políticas e ações que contribuam para proteger as áreas mais vulneráveis são necessárias, tendo em vista que a área de estudo apresenta grande importância para o ecossistema além de envolver características do turismo e economia local.

6 REFERÊNCIAS

ALFREDINI, Paolo; ARASAKI, Emilia. **Obras E Gestão De Portos E Costas: A Técnica Aliada Ao Enfoque Logístico E Ambiental**. [S.l.]: Edgard Blücher, 2009.

ALMEIDA thiago Lopes De Melo. **caracterização Da Dinâmica Costeira De Itamaracá-Pe: Aplicação Do Sistema De Modelagem Costeira Do Brasil**. Tese (doutorado) — universidade Federal De Pernambuco, Programa De Pós-Graduação Em Geociências, recife, 2018.

ARASAKI, Emilia *et al.* os efeitos no ambiente marinho da elevação do nível do mar em regiões da baixada santista, brasil. **revista Brasileira De Recursos Hídricos**, v. 13, n. 2, p. 165–175, 2008.

ARNETH, a *et al.* **Summary for Policymakers**. [S.l.], 2019.

BACINO, Guido L *et al.* Shoreline change rates along samborombón bay, río de la plata estuary, argentina. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Elsevier, p. 106659, 2020.

BIRD, E. **Coastal Geomorphology: An Introduction. John Wiley, Chichester, U**. [S.l.]: k, 2008.

BOAK, Elizabeth H; TURNER, Ian L. shoreline definition and detection: A review. **journal of Coastal Research**, allen Press, v. 21, n. 4 (214), p. 688–703, 2005.

BOON, John. Evidence of sea level acceleration at u.s. and canadian tide stations, atlantic coast, north america. **Journal of Coastal Research**, v. 28, p. 1437–1445, 11 2012.

BOULOMYTIS, Vassiliki Terezinha Galvão; ZUFFO, Antonio Carlos; GIRELI, Tiago Zenker. watershed spatial discretization for the analysis of land use change in coastal regions. **boletim De Ciências Geodésicas**, scielo Brasil, v. 23, n. 1, p. 101–114, 2017.

CALADO, Helena *et al.* The azores archipelago, portugal: Improved understanding of small island coastal hazards and mitigation measures. **natural Hazards**, springer, v. 58, n. 1, p. 427–444, 2011.

CARDOSO, Kalyenne Elizabeth de Oliveira *et al.* Avaliação da dinâmica da paisagem, visando as mudanças ambientais perante a construção do espigão costeiro na praia da ponta d'areia, são luís–ma. **Revista De Engenharia E Tecnologia**, v. 12, n. 2, 2020.

CARVALHO, K. S.; WANG, S. Characterizing the indian ocean sea level changes and potential coastal flooding impacts under global warming. **journal of Hydrology**, elsevier, v. 569, p. 373–386, 2019.

CAZENAVE, Anny; COZANNET, Gonéri Le. Sea level rise and its coastal impacts. **Earth's Future**, Wiley Online Library, v. 2, n. 2, p. 15–34, 2014.

CAZENAVE, Anny; PALANISAMY, Hindumathi; ABLAIN, Michael. Contemporary sea level changes from satellite altimetry: What have we learned? what are the new challenges? **advances in Space Research**, elsevier, v. 62, n. 7, p. 1639–1653, 2018.

CHEN, Yaning *et al.* Regional climate change and its effects on river runoff in the tarim basin, china. **hydrological Processes: An International Journal**, wiley Online Library, v. 20, n. 10, p. 2207–2216, 2006.

CHURCH, John a *et al.* evaluating the ability of process based models to project sea-level change. **environmental Research Letters**, iop Publishing, v. 8, n. 1, p. 014051, 2013.

CHURCH, John a; WHITE, Neil J. a 20th century acceleration in global sea-level rise. **geophysical Research Letters**, wiley Online Library, v. 33, n. 1, 2006.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Geomorfologia Do Brasil**. [S.l.]: Bertrand Brasil, 1998.

DADA, Olusegun a *et al.* Effect of coastal land use change on coastline dynamics along the nigerian transgressive mahin mud coast. **Ocean & Coastal Management**, Elsevier, v. 168, p. 251–264, 2019.

DADA, Olusegun a *et al.* Recent niger delta shoreline response to niger river hydrology: Conflict between forces of nature and humans. **Journal of African Earth Sciences**, Elsevier, v. 139, p. 222–231, 2018.

DIN, Ami Hassan Md *et al.* Sea level trend over malaysian seas from multi-mission satellite altimetry and vertical land motion corrected tidal data. **advances in Space Research**, elsevier, v. 63, n. 11, p. 3452–3472, 2019.

DOMINGUES, Catia M *et al.* Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea-level rise. **Nature**, Nature Publishing Group, v. 453, n. 7198, p. 1090–1093, 2008.

EISENBEISS, Henri. The potential of unmanned aerial vehicles for mapping. In: WICHMANN. **Photogrammetric Week'11**. [S.l.], 2011. p. 135–145.

ELSNER, Paul *et al.* Coincident beach surveys using uas, vehicle mounted and airborne laser scanner: Point cloud inter-comparison and effects of surface type heterogeneity on elevation accuracies. **remote Sensing of Environment**, elsevier, v. 208, p. 15–26, 2018.

ESRI, Arcgis Desktop. **Telease 10. Documentation Manual**. [S.l.]: Redlands, Ca: Environmental Systems Research Institute, 2011.

FENG, Jian-Long *et al.* Evaluation of sea level rise and associated responses in hangzhou bay from 1978 to 2017. **advances in Climate Change Research**, elsevier, v. 9, n. 4, p. 227–233, 2018.

GAMBOLATI, G; TEATINI, P; GONELLA, M. Gis simulations of the inundation risk in the coastal lowlands of the northern adriatic sea. **Mathematical and Computer Modelling**, Elsevier, v. 35, n. 9-10, p. 963–972, 2002.

GHOSH, Manoj Kumer; KUMAR, Lalit; ROY, Chandan. Monitoring the coastline change of hatiya island in bangladesh using remote sensing techniques. **Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Elsevier, v. 101, p. 137–144, 2015.

GOMES, Gabriel; SILVA, Alex Costa. Coastal erosion case at candeias beach (ne-brazil). **Journal of Coastal Research**, The Coastal Education and Research Foundation, n. 71, p. 30–40, 2014.

GONÇALVES, J. A.; HENRIQUES, R. Uav photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas. **Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Elsevier, v. 104, p. 101–111, 2015.

GONÇALVES, R. M.; AWANGE, J. L. Three most widely used gnss-based shoreline monitoring methods to support integrated coastal zone management policies. **Journal of Surveying Engineering**, American Society of Civil Engineers, v. 143, n. 3, p. 05017003, 2017.

GONÇALVES, R. M. *et al.* A fuzzy model integrating shoreline changes, ndvi and settlement influences for coastal zone human impact classification. **Applied Geography**, Elsevier, v. 113, p. 102093, 2019.

GREGÓRIO, Maria das Neves. **Sedimentologia E Morfologia Das Praias Do Pina E Da Boa Viagem, Recife (Pe) - Brasil**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal De Pernambuco, Programa De Pós-Graduação Em Ciências Geodésicas E Tecnologias Da Geoinformação, Recife, 2004.

HALLEGATTE, Stéphane. **A Cost Effective Solution to Reduce Disaster Losses in Developing Countries: Hydro-Meteorological Services, Early Warning, and Evacuation**. [S.l.]: the World Bank, 2012.

HALLEGATTE, Stephane *et al.* future flood losses in major coastal cities. **nature Climate Change**, nature Publishing Group, v. 3, n. 9, p. 802–806, 2013.

HIERONYMUS, Magnus; DIETERICH, Christian; HORDOIR, Robinson. The effects of mean sea level rise and strengthened winds on extreme sea levels in the baltic sea. **Theoretical and Applied Mechanics Letters**, v. 8, 11 2018.

HINKEL, Jochen; KLEIN, Richard Jt. Integrating knowledge to assess coastal vulnerability to sea-level rise: The development of the diva tool. **Global Environmental Change**, Elsevier, v. 19, n. 3, p. 384–395, 2009.

HINKEL, Jochen *et al.* Assessing risk of and adaptation to sea-level rise in the european union: An application of diva. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, Springer, v. 15, n. 7, p. 703–719, 2010.

IPCC. Fourth assessment report: Climate change 2007: The ar4 synthesis report. **Geneva: IPCC. URL ⟨http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm⟩**, 2007.

IPCC. Annex ii: Glossary [mach, k.j., s. planton and c. von stechow, (eds.)]. in: Climate change 2014: Synthesis report. contribution of working groups i, ii and iii to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [core writing team, r.k. pachauri and l.a. meyer (eds.)]. **Geneva: ⟨https://epic.awi.de/id/eprint/37530/1/IPCC_AR5_SYR_Final.pdf⟩**, 2014.

ISHII, Masayoshi; KIMOTO, Masahide. Reevaluation of historical ocean heat content variations with time-varying xbt and mbt depth bias corrections. **Journal of Oceanography**, Springer, v. 65, n. 3, p. 287–299, 2009.

KEMP, A. C. *et al.* Climate related sea-level variations over the past two millennia. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 108, n. 27, p. 11017–11022, Jun 2011.

KOPP, Robert E. *et al.* Probabilistic 21st and 22nd century sea-level projections at a global network of tide-gauge sites. **Earth's Future**, Wiley Online Library, v. 2, n. 8, p. 383–406, 2014.

LI, Guoshuai *et al.* Heterogeneous sea-level rises along coastal zones and small islands. **science Bulletin**, elsevier, v. 64, n. 11, p. 748–755, 2019.

LI, Pan; ZHANG, Xiaohong. Integrating gps and glonass to accelerate convergence and initialization times of precise point positioning. **Gps Solutions**, Springer, v. 18, n. 3, p. 461–471, 2014.

LIMA, Josilene Pereira; GONÇALVES, Rodrigo Mikosz; SCHMIDT, Marcio Augusto Relon. Avaliação da eficácia do gerenciamento costeiro integrado utilizando ahp (analytic hierachy process) para a ilha de itamaracá, pernambuco, brasil. **Geociências (São Paulo)**, v. 36, n. 4, p. 743–753, 2018.

LIRA, Julianna Nunes. **Estudo Sedimentológico E Evolutivo Da Coroa Do Avião, Itamarac´-Pe. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal De Pernambuco, Programa De Pós-Graduação Em Ciências Geod´sicas E Tecnologias Da Geoinformação, Recife, 2010.**

LITTLE, C. M. *et al.* Uncertainty in twenty-first-century cmip5 sea level projections. **J. Climate**, v. 28, n. 2, p. 838–852, 2015.

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. **Revista De Gestão Costeira Integrada**, Associacao Portuguesa Dos Recursos Hidricos (Aprh), v. 13, n. 1, p. 113–129, Mar 2013.

MARQUES, Haroldo Antonio *et al.* Shoreline Monitoring By Gnss-Ppp Aiming To Attendance The Law 14.258/2010 From Pernambuco State, Brazil. **Boletim De Ciências Geodésicas**, Fapunifesp (Scielo), v. 25, n. 2, 2019.

MCGRANAHAN, Gordon; BALK, Deborah; ANDERSON, Bridget. The rising tide: Assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. **environment and Urbanization**, sage Publications Sage Uk: London, England, v. 19, n. 1, p. 17–37, 2007.

MCLEAN, R. *et al.* **Coastal Zones and Marine Ecosystems**. [S.l.: s.n.], 2001. 343-379 p.

MEEHL, Gerald *et al.* Global climate projections. In: ____. [S.l.: s.n.], 2007. v. 3495.

MENDONÇA, Francisco Jaime Bezerra. **Posicionamento De Alta Resolução: Adequação E Aplicação a Morfologia Costeira**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal De Pernambuco, Programa De Pós-Graduação Em Oceanografia, Recife, 2005.

MENDONÇA, Francisco Jaime Bezerra *et al.* Temporal Shoreline Series Analysis Using Gnss. **Boletim De Ciências Geodésicas**, Fapunifesp (Scielo), v. 20, n. 3, p. 701–719, Sep 2014.

MERKURYEVA, Galina *et al.* Advanced river flood monitoring, modelling and forecasting. **Journal of Computational Science**, v. 10, 10 2014.

MILNE, Glenn A. *et al.* Identifying the causes of sea-level change. **Nature Geoscience**, Springer Science and Business Media Llc, v. 2, n. 7, p. 471–478, Jun 2009.

MIMURA, Nobuo. Sea-level rise caused by climate change and its implications for society. **Proceedings of the Japan Academy, Series B**, Japan Academy, v. 89, n. 7, p. 281–301, 2013.

NGOM, Habib; NDOUR, Abdoulaye; NIANG, Isabelle. Impacts of protective structures on sandy beaches: Example of the saly balnear station, petite côte, senegal. **Journal of Coastal Research**, Coastal Education and Research Foundation, n. 81, p. 114–121, 2018.

NICHOLLS, Robert J; CAZENAVE, Anny. Shoreline definition and detection: A review. **Science**, American Association for the Advancement of Science, v. 328, n. 5985, p. 1517–1520, 2010.

NICU, Ionut Cristi *et al.* Coastal erosion affecting cultural heritage in svalbard. a case study in hiorthhamn (adventfjorden)—an abandoned mining settlement. **Sustainability**, Mdpi Ag, v. 12, n. 6, p. 2306, Mar 2020.

NURSE, La *et al.* Small islands. clim. chang. 2014 impacts, adapt. vulnerability. part b reg. asp. contrib. work. gr. ii to fifth assess. rep. intergov. panel clim. chang. 2014.

Nuvem Uav. **Mapeamento Aéreo, Batmap**. Sao Paulo, Brazil, 2016. Disponível em: ¡⟨Https: //en.nuvemuav.com/drone-Batmap⟩¿.

PINTO, Taciana Kramer De Oliveira; SANTOS, Paulo Jorge Parreira Dos. Meiofauna community structure variability in a brazilian tropical sandy beach. 2006.

QUEIROZ, Heithor Alexandre De Araújo *et al.* Comparação entre dois modelos polinomiais para avaliar a tendência da linha de costa. **Revista Brasileira De Geomática**, v. 4, n. 3, 2016.

RADER, Alana M. *et al.* Foredune morphodynamics and sediment budgets at seasonal to decadal scales: Humboldt bay national wildlife refuge, california, Usa. **Geomorphology**, Elsevier Bv, v. 318, p. 69–87, Oct 2018.

RANGEL−BUITRAGO, Nelson; NEAL, William J; JONGE, Victor N De. Risk assessment as tool for coastal erosion management. **Ocean & Coastal Management**, elsevier, v. 186, p. 105099, 2020.

RAO, v Ranga *et al.* Littoral sediment transport and shoreline changes along ennore on the southeast coast of india: Field observations and numerical modeling. **Geomorphology**, Elsevier, v. 112, n. 1-2, p. 158–166, 2009.

REMONDINO, Fabio *et al.* Uav photogrammetry for mapping and 3d modeling–current status and future perspectives. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 38, n. 1, p. c22, 2011.

SALIM, Fatima Zahra *et al.* Application of a geomatics approach for the diachronic study of the meditterannean coastline case of tangier bay. **International Journal of Geosciences**, Scientific Research Publishing, Inc., v. 09, n. 06, p. 320–336, 2018.

SALLENGER, Asbury H.; DORAN, Kara S.; HOWD, Peter A. Hotspot of accelerated sea-level rise on the atlantic coast of north america. **Nature Climate Change**, Springer Science and Business Media Llc, v. 2, n. 12, p. 884–888, Jun 2012.

SALMON, Camille; DUVAT, Virginie K.e.; LAURENT, Victoire. Human- and climate-driven shoreline changes on a remote mountainous tropical pacific island: Tubuai, french polynesia. **Anthropocene**, Elsevier Bv, v. 25, p. 100191, Mar 2019.

SANDERS, Brett F. Evaluation of on-line dems for flood inundation modeling. **Advances in Water Resources**, Elsevier, v. 30, n. 8, p. 1831–1843, 2007.

SAWARAGI, Toru. **Coastal Engineering-Waves, Beaches, Wave-Structure Interactions**. [S.l.]: Elsevier, 1995.

SCHAEFFER, Michiel *et al.* Long-term sea-level rise implied by 1.5 °c and 2 °c warming levels. **Nature Climate Change**, Springer Science and Business Media Llc, v. 2, n. 12, p. 867–870, Jun 2012.

SHAFFRIL, Hayrol *et al.* Global warming at the east coast zone of peninsular malaysia. **American Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 6, p. 377–383, 01 2011.

SILVA, Daniel Quintino. **Viabilidade E Acur´cia De Vant Para O Monitoramento Costeiro Tridimensional. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal De Pernambuco, Programa De Pós-Graduação Em Ciências Geod´sicas E Tecnologias Da Geoinformação, Recife, 2018.**

STAMMER, Detlef *et al.* Causes for contemporary regional sea level changes. **Annual Review of Marine Science**, v. 5, n. 1, p. 21–46, 2013.

STIVE, Marcel J.f *et al.* Variability of shore and shoreline evolution. **Coastal Engineering**, Elsevier Bv, v. 47, n. 2, p. 211–235, Dec 2002.

STIVE, Marcel J. F. How important is global warming for coastal erosion? **Climatic Change**, Springer Science and Business Media Llc, v. 64, n. 1/2, p. 27–39, May 2004.

TELINO-JÚNIOR, Wallace R.; AZEVEDO-JÚNIOR, Severino M. De; LYRA-NEVES, Rachel M. De. Censo de aves migratórias (charadriidae, scolopacidae e laridae) na coroa do avião, igarassu, pernambuco, brasil. **Revista Brasileira De Zoologia**, Fapunifesp (Scielo), v. 20, n. 3, p. 451–456, Sep 2003.

THIELER, E. Robert *et al.* **The Digital Shoreline Analysis System (Dsas) Version 4.0 - an Arcgis Extension for Calculating Shoreline Change**. [S.l.]: Us Geological Survey, 2009.

TOLKIEN, John Ronald Reuel. **the Letters of Jrr Tolkien**. [S.l.]: houghton Mifflin Harcourt, 2014.

TORRESAN, Silvia *et al.* Assessing coastal vulnerability to climate change: Comparing segmentation at global and regional scales. **Sustainability Science**, Springer, v. 3, n. 1, p. 45–65, 2008.

TURNER, Ian L; HARLEY, Mitchell D; DRUMMOND, Christopher D. Uavs for coastal surveying. **Coastal Engineering**, Elsevier, v. 114, p. 19–24, 2016.

VAFEIDIS, at *et al.* The diva database documentation. **Dinas-Coast Consortium**, 2006.

VALDERRAMA-LANDEROS, L; FLORES-DE-SANTIAGO, F. Assessing coastal erosion and accretion trends along two contrasting subtropical rivers based on remote sensing data. **Ocean & Coastal Management**, Elsevier, v. 169, p. 58–67, 2019.

VOUSDOUKAS, Michalis I. *et al.* Global probabilistic projections of extreme sea levels show intensification of coastal flood hazard. **Nature Communications**, Springer Science and Business Media Llc, v. 9, n. 1, Jun 2018.

WAHL, Thomas *et al.* Understanding extreme sea levels for broad-scale coastal impact and adaptation analysis. **Nature Communications**, v. 8, p. 16075, 07 2017.

YOSHIZAKI, Hugo Tsugunobu Yoshida *et al.* Aplicação da técnica ppp para a obtenção do posicionamento na cabotagem no brasil: Estudo de caso. **Boletim De Ciências Geodésicas**, Scielo Brasil, v. 22, n. 3, p. 526–541, 2016.

ZHANG, Rui *et al.* Shoreline evolution in an embayed beach adjacent to tidal inlet: The impact of anthropogenic activities. **Geomorphology**, Elsevier Bv, v. 346, p. 106856, Dec 2019.