

Capítulo XI

*Inundação costeira: impactos locais das mudanças climáticas
na zona costeira do município de Maceió – Alagoas*





INUNDAÇÃO COSTEIRA: IMPACTOS LOCAIS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA ZONA COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE MACEIÓ – ALAGOAS

Henrique Ravi Almeida¹, Djane Fonseca da Silva², Sandy Alves Santos³,
Vitoria Silva Pereira⁴, Alberto Carvalho Almeida⁵

^{1,3,4,5}Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Alagoas, Brasil, (¹henrique.ravi@ceca.ufal.br; ³sandy.santos@ceca.ufal.br; ⁴vitoria.pereira@ceca.ufal.br; ⁵alberto.almeida@ceca.ufal.br); ²Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Atmosféricas, Maceió, Alagoas, Brasil (djane.silva@icat.ufal.br).

RESUMO

Em litorais densamente urbanizados, a exemplo da orla de Maceió, o efeito da elevação do nível do mar e o empilhamento da água junto à costa já podem ser observados em vários trechos ao longo do litoral, seja pelo aumento da mobilização de sedimentos, ou pelo galgamento das ondas sobre estruturas rígidas. A atuação desses processos é geralmente acompanhada de inundações costeiras e danos na infraestrutura urbana, com efeito direto sobre o uso e ocupação do ambiente costeiro. Neste contexto, através do emprego de levantamento topográfico, mapeamento aerofotogramétrico e modelagem digital, o presente trabalho pretendeu determinar cotas de inundações, bem como analisar o impacto das manchas de inundações ao longo da zona costeira do bairro de Ponta Verde, localizado em Maceió - AL. Para tanto, foram considerados os cenários de elevação do nível do mar global inferidas pelo IPCC (2022) até o ano de 2100. Os mapas gerados possibilitaram identificar a extensão das áreas vulneráveis a inundações costeiras, visto às projeções de elevação do nível do mar, bem como identificar estruturas e equipamentos públicos impactados. Os resultados indicaram que mesmo ao adotar o cenário mais otimista de elevação do nível do mar de 0,29 m, os impactos gerados pelas manchas de inundações compreenderiam cerca de 3,9246 ha e 5,5944 ha ao longo da zona costeira A e B, respectivamente. Neste cenário, toda a região da praia e pós-praia imediata seriam afetadas, atingindo diretamente a ciclovia e calçadas. No pior cenário, uma elevação do nível do mar de 1,10 m, os impactos

poderiam atingir a avenida litorânea Silvio Carlos Viana. A análise dos resultados permitiu observar que em todos os cenários avaliados, as inundações costeiras causariam algum nível de impacto sobre a costa. Esta perspectiva se torna preocupante caso as projeções de elevação dos níveis dos oceanos inferidas até o ano de 2100 venham a se confirmar. Esta conclusão é corroborada e se torna ainda inquietante visto que nesta pesquisa, a metodologia adotada não utilizou variáveis relacionadas a eventos de alta energia (*storm surge*) e galgamentos costeiros em praias urbanas (*overwash e overtopping*). Sendo estes eventos associados ao aumento anormal do nível da água do mar provocado por uma tempestade para níveis superiores ao da maré astronômica prevista.

Palavras-chave: Inundação costeira; Gestão da zona costeira; Mudanças climáticas; Vulnerabilidade Costeira.

Coastal flooding: local impacts of climate change in the coastal zone of the municipality of Maceió – Alagoas

ABSTRACT

On densely urbanized coastlines, such as the coast of Maceió, the effect of rising sea levels and the piling of water along the coast can already be observed in several stretches along the coast, either due to the increase in sediment mobilization, or the overtopping of waves over structural structures. The action of these processes is generally accompanied by coastal flooding and damage to urban infrastructure, with a direct effect on the use and occupation of the coastal environment. In this context, through topographic survey work, aerial photogrammetric mapping and digital modeling,

the present work aims to determine flood elevations, as well as analyze the impact of flood spots along the coastal zone of the Ponta Verde neighborhood, located in Maceió - AL. To this end, the global sea level rise scenarios inferred by the IPCC (2022) until the year 2100 were considered. The maps generated made it possible to identify the extent of areas vulnerable to maritime flooding, given the sea level rise projections. sea, as well as identifying impacted public structures and equipment. The results indicated that even when adopting the most optimistic scenario of sea level rise of 0.29 m, the impacts generated by flood patches would comprise approximately 3.9246 ha and 5.5944 ha along coastal zone A and B, respectively. In this scenario, the entire beach and post-beach region can have immediate effects, directly affecting the bike path and boardwalks. In the worst case scenario, a sea level rise of 1.10 m,

the impacts could reach the coastal avenue Silvio Carlos Viana. Analysis of the results allowed us to observe that in all scenarios evaluated, coastal flooding would cause some level of impact on the coast. This perspective becomes worrying if projections of rising levels of the affected oceans by the year 2100 are confirmed. This conclusion is corroborated and becomes even more disturbing given that in this research, the methodology adopted did not use variables related to high energy events (storms) and coastal overtopping on urban beaches (overwash and overtopping). These events are associated with the abnormal increase in sea water levels caused by a storm to levels higher than the predicted astronomical tide.

Keywords: Coastal flooding; Coastal zone management; Climate changes; Coastal Vulnerability.

INTRODUÇÃO

A zona costeira brasileira é uma região de alta densidade populacional para a qual convergem grande parte dos investimentos, infraestruturas e fluxos econômicos preponderantes no país. Além disso, possui uma das mais extensas zonas costeiras do mundo, com mais de 8.500 km de extensão, onde vivem 26,6% da população, e que abriga 17 estados da Federação. Do ponto de vista ambiental, representa o espaço geográfico de interação entre mar e terra, incluindo seus recursos renováveis e não renováveis (BRASIL, 2018).

A intensa ocupação da zona costeira se torna um problema quando este interfere na dinâmica do local impedindo o livre transporte de sedimentos nestas áreas. Além disso, as praias geralmente são um dos primeiros ambientes a sofrer as consequências das mudanças climáticas, especialmente quando há a combinação da elevação do nível do mar com eventos climáticos extremos mais frequentes e rigorosos, podendo levar à erosão e inundação da costa (PROJETO SMC-BRASIL, 2018).

Em estudo realizado por pesquisadores da França (*Institut de Recherche pour le Développement - IRD, Centre National D'Études Spatiales - CNES, Mercator Ocean*), Holanda (*University of Twente*), Brasil (Universidade

Federal do Rio Grande), Portugal (+*Atlantic*), Itália (*Joint Research Centre*) e Nigéria (*University of Technology Akure*), os mesmos concluíram que o risco de inundações das zonas costeiras em escala global aumentou em 50% no período de 1993 a 2015 (ALMAR *et al.*, 2021). Além disso, os resultados indicaram que o número de horas potenciais de inundações nestas zonas poderá aumentar dramaticamente até ao final do século, a um ritmo mais rápido do que a subida média do nível do mar.

No Brasil, em estudo desenvolvido pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2016) sobre impactos, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas, foi constatado que várias regiões costeiras brasileiras também estão sujeitas aos impactos decorrentes das mudanças climáticas: extremos de chuva associados à elevação da temperatura oceânica; aumento na frequência e intensidade de tempestades devido aumento do nível do mar; contaminação das águas subterrâneas e piora na qualidade de drenagem em áreas suscetíveis a inundações.

De acordo com *Emergency Events Database* (EM-DAT, 2024), fenômenos como enchentes e tempestades também aumentaram no último século, principalmente a partir da década de 1950. Somente entre os anos 2000 e 2010, no Brasil foram registradas 37 inundações, somando

5.467.393 pessoas afetadas e 1280 mortos. Dessa forma, a previsão de uma elevação do nível do mar é uma variável que deve ser considerada no prognóstico de processos erosivos e de inundações da zona costeira, que devem se intensificar com o incremento do descongelamento de geleiras e a tendência histórica de elevação da temperatura climática (MUEHE, 2004).

O sexto relatório (AR6) do *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC, 2022) concluiu que o aumento do nível do mar até o final do século deverá ser o mais rápido em todas as projeções já estudadas, o que deve impactar diretamente a população residente na zona costeira.

Em litorais densamente urbanizados, a exemplo da orla de Maceió, o efeito da elevação do nível do mar e o empilhamento da água junto à costa já podem ser observados em vários trechos ao longo da linha de costa, seja pelo aumento da mobilização de sedimentos, ou pelo galgamento das ondas sobre estruturas rígidas. Para CIAVOLA et al. (2011) e RODRIGUES (2009), a atuação desses processos é geralmente acompanhada de danos na infraestrutura urbana,

com efeito direto sobre o uso e ocupação do ambiente costeiro.

Segundo BRASIL (2018), dentre os principais perigos e riscos identificados na zona costeira, estão os processos de erosão e inundação do litoral, intimamente ligados a fatores como intensidades e frequência de eventos extremos, aumento relativo do nível do mar e diminuição do aporte sedimentar. Dessa forma, torna-se indispensável estudos com enfoque na projeção dos eventos de inundações costeiras, face os cenários atuais de mudanças climáticas e elevação do nível relativo do mar (IPCC, 2022).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo quantificar regiões vulneráveis a eventos de inundações costeiras em trecho central do litoral de Maceió, o qual compreende a região sudoeste do bairro de Ponta Verde (Figura 1), ora delimitado através do retângulo envolvente com coordenadas geográficas Latitude 9°39'46.84"S, Longitude 35°42'29.46"O e Latitude 9°39'57.27"S, Longitude 35°41'44.32"O, vinculadas ao Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000.

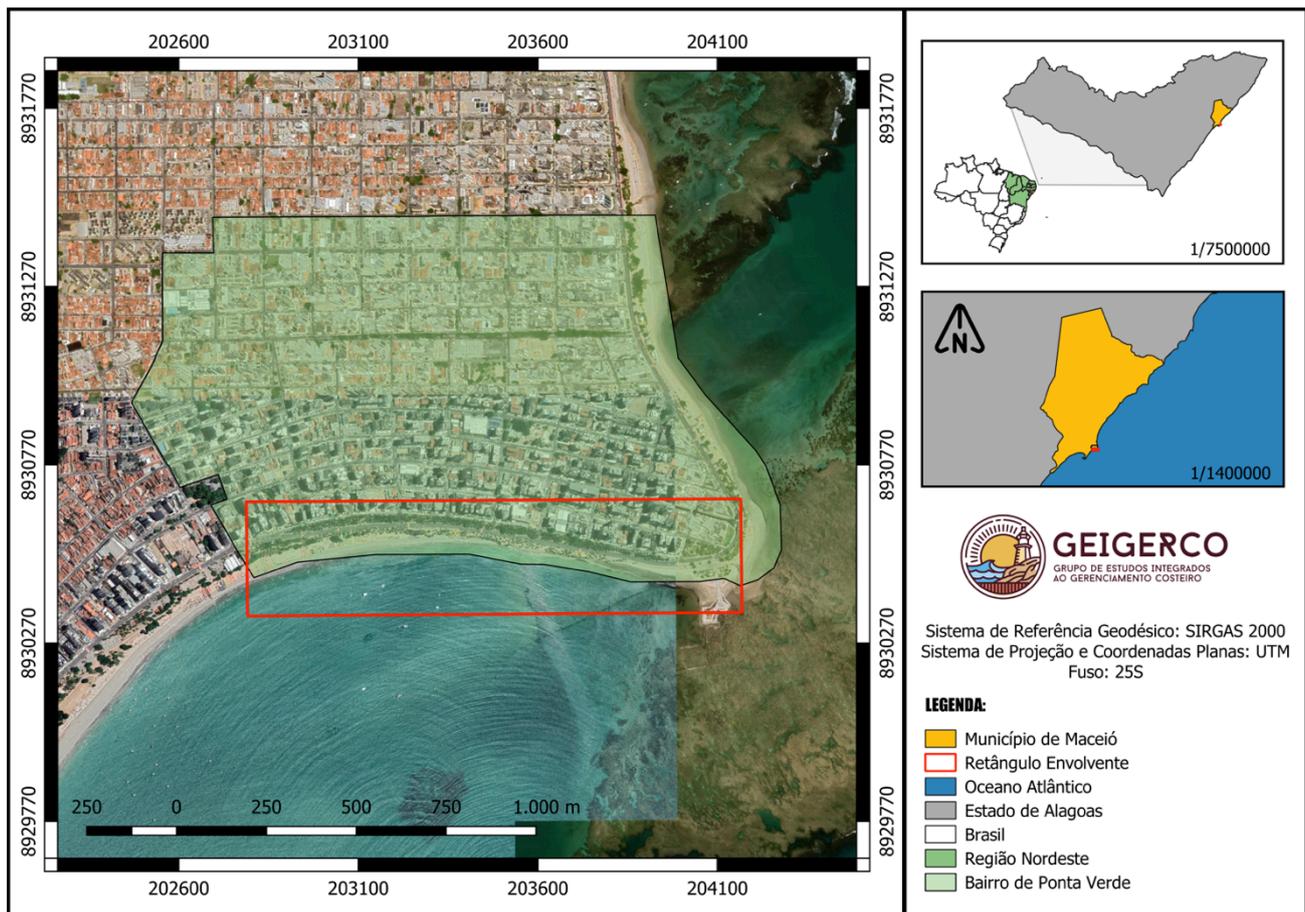


Figura 1 - Localização do Bairro de Ponta Verde e indicação da zona costeira estudada

Para tanto, foram empregados três cenários relativos à projeção da elevação do nível relativo do mar inferidos pelo IPCC (2022) até o ano de 2100, bem como de Modelos Digitais de Superfície obtidos através de aerolevantamento executado no ano de 2023 por aeronave remotamente pilotada e de ferramenta digital de avaliação de regiões inundáveis.

Maceió está inserida em duas áreas de climas distintos, sendo identificadas, segundo a classificação de KÖPPEN de 1960, como Tropical Chuvoso (AMs') e Tropical (As'). A estação chuvosa ocorre do outono ao inverno, com chuvas de março, vindas do Norte, e chuvas intercaladas no principal período (de abril-maio até junho-julho) vindas de Sudeste, com precipitação anual superior a 1500 mm (ALAGOAS, 2010).

A geomorfologia da zona costeira na porção noroeste do bairro de Ponta Verde é representada em forma de baía. SANTOS (2004) caracterizou esta região do litoral, afirmando que em conjunto com a praia de Pajuçara, apresentam erosão costeira definida como crítica. As ondas que chegam ao promontório da praia de Ponta Verde (recifes de franja) sofrem uma difração natural e que foi intensificada pela retirada da linha de recifes e pela construção do antigo clube Alagoinhas, levando à deposição de sedimentos a norte do promontório, na praia de Ponta Verde, e erosão a sul, na praia de Pajuçara. O material sedimentar que consegue ultrapassar o promontório, através da deriva litorânea, se perde em direção ao mar aberto. Em termos morfodinâmicos, a localidade é caracterizada como sendo dissipativa, segundo classificação de WRIGHT & SHORT (1983).

Segundo FLORENZANO (2008), as amplitudes de marés de 0,5 a 4 m, estão inseridas em regimes de micro e mesomaré semidiurnas. Este tipo de maré caracteriza-se por apresentar duas preamares e duas baixa-mares no período de um dia lunar (24 horas e 50 minutos).

MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos empregados para o presente estudo são descritos na Figura 2 e foram desenvolvidos em 4 etapas.

A metodologia empregada consistiu inicialmente pela materialização de oito pinos de centragem forçada ao longo da zona costeira do bairro de Ponta Verde. Visto a proximidade com a área de estudo, adotou-se como pino origem para o transporte altimétrico à Referência de Nível (RN) denominada "RN 1 - PORTOBRAS", localizada nas dependências do Cais do Porto de Maceió, o qual possui altitude relacionada ao NMM de 3,306 metros. Esta altitude pode ser obtida em consulta à ficha de descrição de estação maregráfica F-41 N° 30725, elaborada e disponibilizada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), vinculado à Marinha do Brasil.

Para o transporte das altitudes entre os pinos de centragem forçada, empregou-se a técnica de levantamento topográfico, ora denominado nivelamento geométrico composto por visadas reciprocas e equidistantes. A disposição espacial dos mesmos respeitou um espaçamento médio de 30 metros evitando assim a ocorrência de erros de esfericidade, refração e de nível aparente, durante a transferência das altitudes entre os mesmos (TULER & SARAIVA, 2014). O equipamento consistiu em um nível óptico topográfico automático, classe IIN (NBR 13133, 2021), marca Foif[®], e duas miras com código de barras.

A partir destes processos, foram obtidas todas as altitudes relacionadas ao NMM, de todos os pinos de centragem forçada, o que permitiu iniciar a etapa de mapeamento aerofotogramétrico.

Inicialmente o desenvolvimento das etapas do mapeamento aerofotogramétrico consistiu em determinar as coordenadas planas UTM (Universal Transversa de Mercator), ora vinculadas ao Fuso 25 Sul, Sistema de Referência Geodésico SIRGAS 2000, dos oito pinos de centragem forçada, através do emprego de Receptor Geodésico baseado no *Global Navigation Satellite System* (GNSS), adotando para tanto o método de levantamento *Real Time Kinematic* (RTK), o qual se baseia na transmissão das medições puras da fase da portadora e das correções diferenciais da fase desta portadora para obter as coordenadas corrigidas em tempo real.

Na sequência, foram implantados alvos foto-identificáveis (denominados de GCPs - *Ground Control Points*) sobre os pinos de centragem forçada. Segundo NETO *et al.* (2024), estes alvos

são objetos dispostos no terreno e que irão ser representados nas imagens aéreas. Os GCPs são utilizados para relacionar o sistema de coordenadas da imagem com o sistema de coordenadas do terreno e por consequência permitem a verificação da qualidade geométrica

do produto aerofotogramétrico

A execução do mapeamento aerofotogramétrico consistiu no desenvolvimento de três etapas metodológicas: (a) planejamento do voo; (b) execução do voo e (c) pós voo.

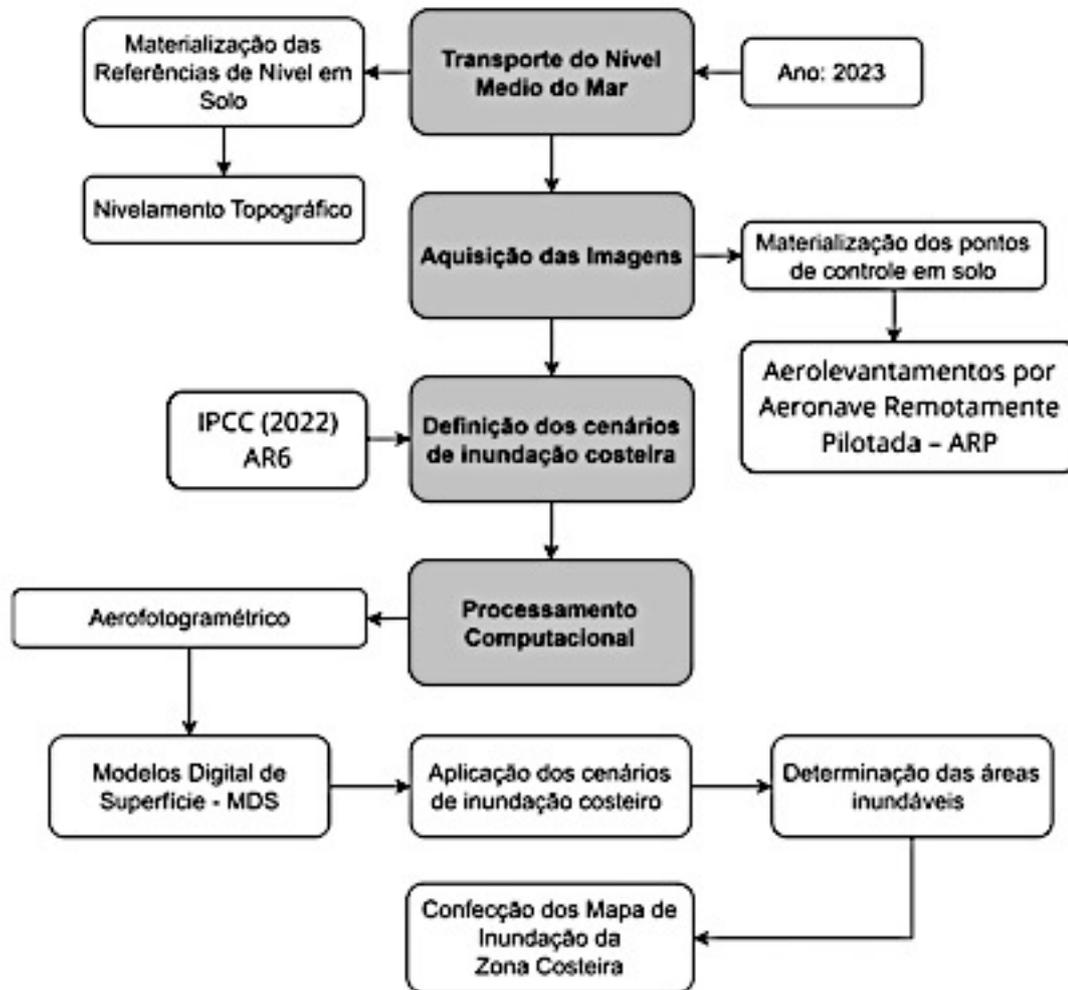


Figura 2. Fluxograma representando o desenvolvimento das etapas metodológicas..

A etapa de planejamento do voo iniciou com a divisão da zona costeira e duas regiões denominadas Zona A e Zona B. As zonas foram delimitadas utilizando da plataforma *on-line* gratuita Google Earth Pro® e importadas para a plataforma Drone Deploy®, onde foram adotados os seguintes parâmetros: a) altura do vôo: 70 m; b) velocidade máxima de voo: 18 km/h; c) aeronave: *Phantom 4 Advanced*; d) Sobreposição longitudinal e lateral: 75%; e) *Ground Sample Distance* (GSD): 2,09 cm/pixel; e f) planilha de *checklist*, sugerida pela Associação Brasileira de Drones (ABD, 2021), na qual consta as verificações referentes às seguintes etapas: Pré-vôo, Decolagem e Aterrissagem.

Para o processamento das imagens aéreas foi utilizado o *software* Agisoft Metashape®, o qual ao final das etapas de processamento, forneceu as bases cartográficas (Modelo Digital de Superfície – MDS - e Ortofotomosaico) para a determinação dos mapas referentes às manchas de inundação ao longo do litoral.

Para a determinação dos cenários de inundação da zona costeira, foram consideradas as Projeções de Elevação do Nível do Mar (PENM) inferidas até ao ano de 2100, cujos valores compõem o sexto relatório de avaliação (AR6) do IPCC (2022). No primeiro cenário, foi adotado o valor de 0,29 m, indicando uma condição de elevação do mar otimista; No segundo cenário, 0,60 m,

representando uma condição intermediária; E por fim, um cenário considerado pessimista de 1,10 m.

Outra componente considerada foi a altura significativa das marés de preamar (\bar{H}_s) de 3,550 m, registrada pela estação maregráfica materializada pela DHN no Cais do Porto de Maceió entre os anos de 2006 e 2007. Segundo ASSIS (2007), o valor de \bar{H}_s é uma definição estatística que corresponde à média do terço superior das maiores observações, sendo calculada a partir do ordenamento crescente de todas as alturas registradas mensalmente e o

conjunto dividido em três grupos, desses, escolhido o terço com as maiores ondas e calculada a altura média desse grupo.

A partir destes componentes foram criados cenários de inundações, em que cada um correspondeu a um nível de susceptibilidade relacionada à elevação do nível do mar (IPCC, 2022), e por fim foram calculadas as Cotas de Inundações (CI) a serem utilizadas no processo de modelagem computacional das inundações costeiras (Tabela I).

Tabela I. Parâmetros utilizados para obtenção das cotas de inundações.

Cenários ¹	Susceptibilidade ²	\bar{H}_s (m)	PENM (m) ³	CI (m)
1	Elevada	3,550	0,290	3,840
2	Média	3,550	0,600	4,150
3	Baixa	3,550	1,100	4,650

Fonte: ¹Adaptado de DA SILVA *et al.* (2020); ^{2,3}Sexto Relatório (AR6) publicado pelo IPCC (2022).

A determinação da CI foi realizada através da Equação 1, adaptada de DA SILVA *et al.* (2020):

$$CI = \bar{H}_s + PENM \quad (1)$$

onde CI representa a cota de inundação em metros, \bar{H}_s a altura significativa das marés e PENM indica as projeções de elevação do nível do mar até no ano de 2100 em metros.

Para a espacialização das regiões costeiras impactadas por inundações de cunho marinho, foi aplicada sobre os MDS das Zonas A e Zona B, a técnica de classificação do tipo não-supervisionada. Segundo COSTA & CANDEIAS (2009), neste tipo de classificação, o algoritmo é capaz de identificar as classes dentro de um conjunto de dados supondo que sejam fornecidos o número de classes e a quantidade de interação.

VIANA *et al.* (2020) aplicou uma técnica semelhante para avaliar os impactos de inundações em zonas costeiras da costa norte do Rio Grande do Sul, através da reconstituição da maré meteorológica e, posteriormente, a identificação das áreas suscetíveis no *software* Global Mapper[®].

Segundo BLUE MARBLE GEOGRAPHICS (2024), o *software* Global Mapper[®] permite ao usuário simular as áreas alagadas durante uma

inundação. Para tal, é necessário conhecer o aumento no nível médio do mar na costa durante a tempestade ou projetadas em relação às mudanças climáticas. Para tanto, o *software* gera polígonos que correspondem às áreas atingidas pela elevação do nível das águas, sendo possível inferir áreas de inundações costeiras. Além disso, o pacote leva em consideração qualquer característica do terreno que impeça o fluxo, como diques, edifícios, vales ou canais de drenagem na simulação.

Desta forma, foram simulados três cenários susceptibilidade, definidos através das Cotas de Inundações (Tabela I), ora indicadas: Cenário 1 (CI = 3,840 m), Cenário 2 (CI = 4,150 m) e Cenário 3 (CI = 4,650 m).

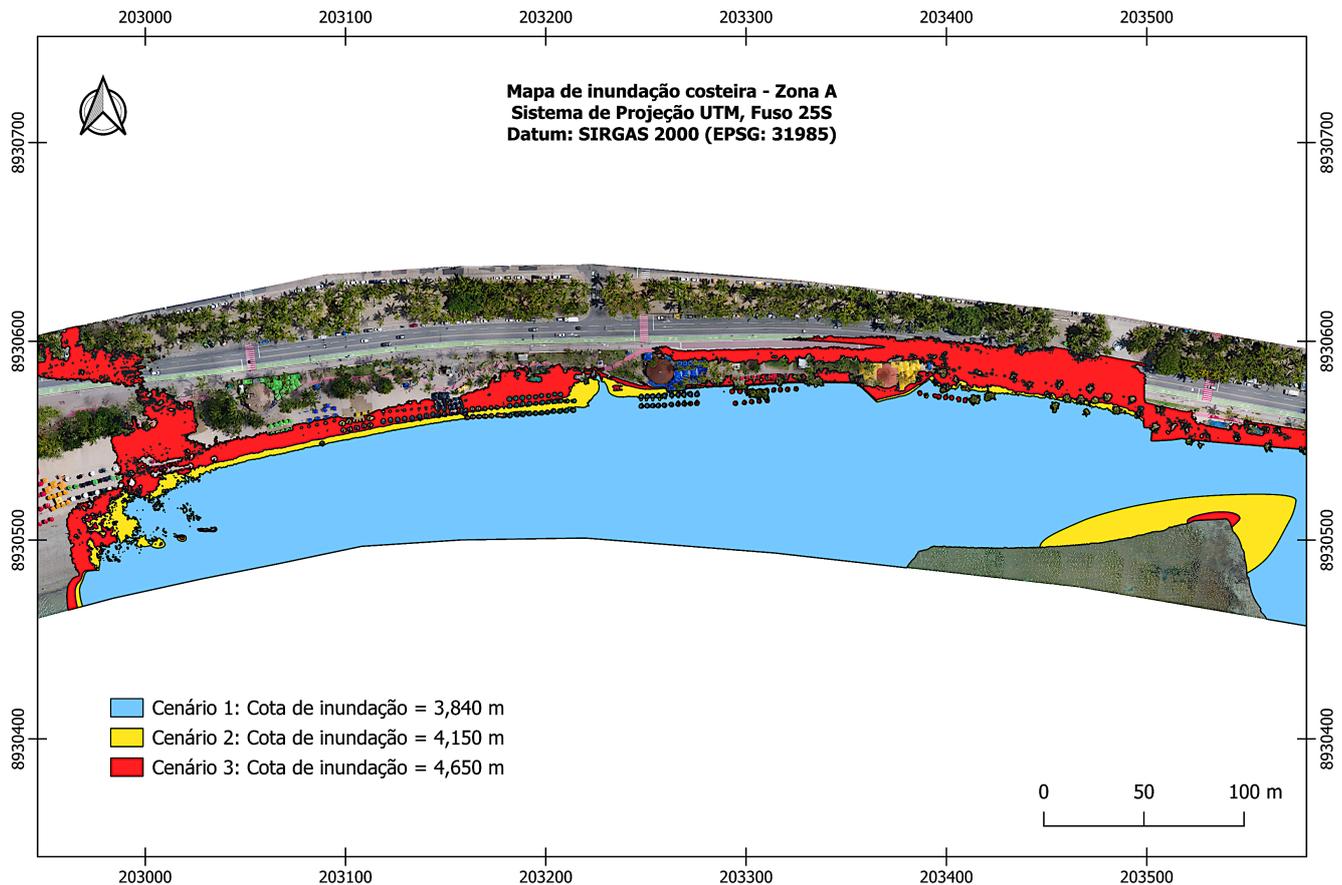
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme mencionado previamente, a região de análise foi segmentada em duas zonas distintas (Figuras 2 e 3), a fim de aprimorar a compreensão dos efeitos resultantes da inundação costeira. Com base nessa abordagem, os resultados obtidos serão expostos de forma individualizada para cada uma dessas zonas, proporcionando uma análise mais

detalhada e elucidativa dos impactos observados.

Na zona A (Figura 3), ao analisar os impactos gerados pela adoção do cenário 1, foi possível constatar que as manchas de inundação

compreenderam cerca de 3,9246 ha. Nesta projeção, toda a região da praia e início da pós-praia seriam impactadas.



165

Figura 3. Mapa de inundação da zona costeira do bairro de Ponta Verde (Zona A), frente às projeções de elevação do nível do mar inferidas pelo IPCC (2022).

Ao aplicar a sobreposição do cenário 2, pode-se observar que a mancha de inundação corresponderia a 4,3001 ha, representando um aumento da área inundável de 9,56 % em relação ao primeiro cenário. O impacto sobre a costa prossegue pela pós-praia.

No cenário 3, a área inundável compreendeu 5,2131 ha, indicando um forte incremento da área inundável, cerca de 21,23 %, quando comparado ao segundo cenário. Visto o elevado alcance da área impactada, os danos projetados atingiram o calçadão, quiosques e barracas de praia se estendendo até a avenida litorânea Silvio Carlos Viana.

A projeção dos cenários de inundação na zona B (Figura 4) indicou que no cenário 1 as regiões

vulneráveis compreenderam cerca de 5,5944 ha. Nesta projeção, toda a região da praia e início da pós-praia seriam afetadas.

No cenário 2, as áreas impactadas corresponderam a 6,0674 ha, representando um aumento da área inundável de 8,45 % em relação ao primeiro cenário. O impacto sobre a costa prossegue pela pós-praia, se estendendo a uma pequena parte do calçadão.

A área inundável no cenário 3 compreendeu 7,1540 ha, indicando um incremento de aproximadamente 17,90 %, quando comparado ao segundo cenário. Os danos projetados atingiriam o calçadão, quiosques e barracas de praia se estendendo pela Avenida Silvio Carlos Viana.

É evidente que ambas as zonas apresentaram vulnerabilidades relacionadas aos impactos da elevação do nível do mar frente às mudanças climáticas. Como observado, as maiores projeções de manchas de inundações foram observadas na Zona B, em relação à Zona A. Dessa forma, os

resultados desta pesquisa demonstraram que a metodologia adotada foi eficaz para elaboração de mapas de inundação costeira, possibilitando a visualização de áreas vulneráveis à elevação do nível do mar.

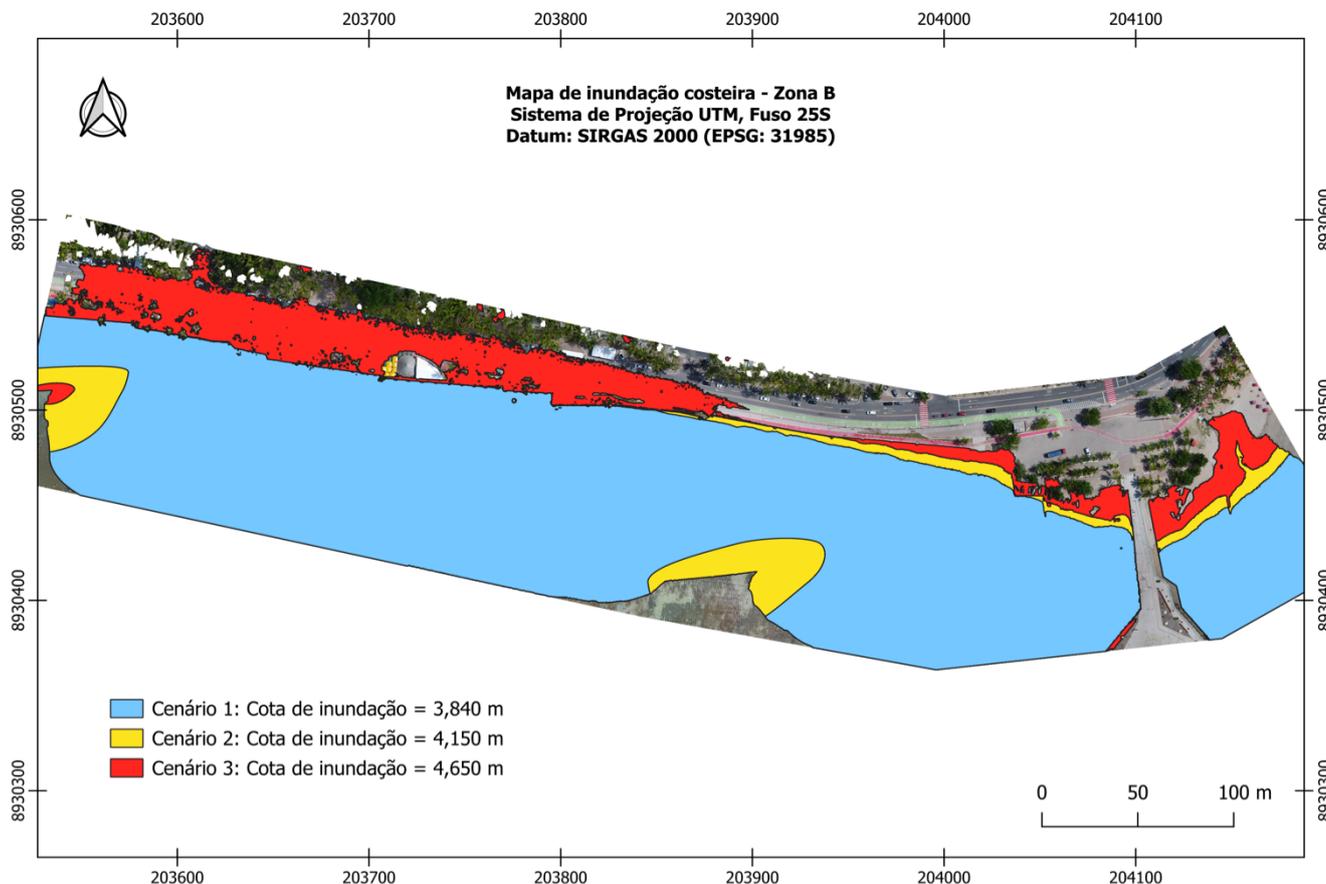


Figura 4. Mapa de inundação da zona costeira do bairro de Ponta Verde (Zona B), frente às projeções de elevação do nível do mar inferidas pelo IPCC (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de diferentes abordagens para aferição dos processos de inundação da zona costeira do bairro da Ponta Verde, com base em indicadores climáticos e maregráficos, permitiu caracterizar diferentes níveis de vulnerabilidades à elevação do nível marinho.

A magnitude dos impactos ganha contornos mais inquietantes ao considerar a possibilidade de que as previsões de aumento nos níveis dos oceanos se concretizem até o ano de 2100. Nesse contexto, a perspectiva do bairro da Ponta Verde sofrer as consequências dessas mudanças climáticas torna-se ainda mais preocupante.

Assim, a totalização das cotas de inundações

estabelecidas no âmbito deste estudo, quando combinada com fatores associados a fenômenos climáticos, acarretará no acréscimo à elevação do nível do mar. Tal acréscimo, por sua vez, desencadeará transformações morfodinâmicas abrangentes, incluindo a erosão das praias e dunas, além da propensão à inundação costeira. Esse padrão de evolução assemelha-se notavelmente ao que foi documentado por LIMA (2012) no contexto do litoral cearense. Estes estudos pregressos oferecem uma perspectiva premonitória das possíveis mudanças que podem ser observadas, servindo como um alerta para os desafios que enfrentaremos.

Por fim, esta pesquisa revelou sua eficácia na utilização dos dados altimétricos providos pela DHN, aliados a informações topográficas e

aerofotogramétricas. Essa sinergia possibilitou a criação de mapas detalhados de inundações costeiras, oferecendo uma visão precisa das áreas vulneráveis à elevação do nível do mar. A metodologia empregada, embora suscetível a aprimoramentos por meio da incorporação de variáveis cruciais para a projeção de inundações costeiras, demonstrou-se idônea para atingir o objetivo do estudo atual.

Por fim, esta pesquisa revelou sua eficácia na utilização dos dados altimétricos providos pela DHN, aliados a informações topográficas e aerofotogramétricas. Essa sinergia possibilitou a criação de mapas detalhados de inundações costeiras, oferecendo uma visão precisa das áreas vulneráveis à elevação do nível do mar. A metodologia empregada, embora suscetível a aprimoramentos por meio da incorporação de variáveis cruciais para a projeção de inundações costeiras, demonstrou-se idônea para atingir o objetivo do estudo atual.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação (CAPES) pela concessão da bolsa de pesquisa de Iniciação Científica. Ao Grupo de Estudos Integrados ao Gerenciamento Costeiro - GEIGERCO da UFAL, pela colaboração técnica e científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAGOAS. 2010. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Alagoas (PERH). Relatório RT-02: Consolidação da Base Técnica do PERH. 467p., Fortaleza: IBI Engenharia Consultiva; Engesoft Engenharia e Consultoria, v. 1.

ALMAR, R; RANASINGHE, R; BERGSMA, E.W.J; DIAZ; H; MELET, A; PAPA, F; VOUSDOKAS, M; ATHANASIOU, P; DADA, O; ALMEIDA, L.P & KESTENARE, E. 2021. A global analysis of extreme coastal water levels with implications for potential coastal overtopping. *Nature Communications*, **12**:3775. (doi: 10.1038/s41467-021-24008-9)

ARAÚJO, T.C.M.; SANTOS, R.C.A.L.; SEOANE, J.C.S. & MANSO, V.A.V. 2006. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro, Alagoas. In: MUEHE, D. (Ed.). *Erosão e progradação no litoral brasileiro*, pp.197-212, Brasília, Brasil. (disponível em

<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/13350>)

ASSIS, H.M.B. 2007. *Influência da hidrodinâmica das ondas no zoneamento litorâneo e na faixa costeira emersa, entre Olinda e Porto de Galinhas, Pernambuco*. Dissertação de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. 140p.

BRASIL. 2018. Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa – PROCOSTA. 36p., Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, Brasília, DF, Brasil. (ISBN:978-85-7738-362-7).

BLUE MARBLE GEOGRAPHICS. Simulate Water Level Rise/ Flooding. In: https://www.bluemarblegeo.com/knowledgebase/global-mapper-21-1/Simulate_Water_Level_Rise_Flooding.htm (acesso: Fevereiro 2024).

CIAVOLA, P.F., FERREIRA, Ó; HAERENS, P; Van KONINGSVELD, M. & LEQUEUX, C.A.Q. 2011. Storm impacts along European coastlines. Part 1: The joint effort of the MICORE and ConHaz Projects. *Environmental Science and Policy*, **14**:912-923. (doi:10.1016/j.envsci.2011.05.011)

COSTA, A.P.R. & CANDEIAS, A.L.B. 2009. Método de classificação não supervisionada por empilhamento no espaço de atributos. In: XIV Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, 1:6845-6852.

DA SILVA, A.F; JUNIOR, E.E.T; ROOIJEN, A.V; ABREU, C.F.; FILHO, J.L.R; ROCHA, R.S & AQUINO, R.S. 2020. Inundação Costeira por Elevação do Nível do Mar em Imbé e Tramandaí – RS. *Revista Brasileira de Cartografia*, **72**(3):541-557. (doi:10.14393/rbcv72n3-48706)

EM-DAT. 2004. Inventariando perigos e desastres em todo o mundo desde 1988. In: <https://www.emdat.be/> (acesso: Fevereiro 2024)

FLORENZANO, T.G. 2008. *Geomorfologia: conceitos e técnicas atuais*. 320p., Oficina de Textos, São Paulo, Brasil. (ISBN:978-85-86238-65-9).

IPCC. 2022. Mudanças Climáticas: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. 3056 p., Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA. (doi:10.1017/9781009325844).

LIMA, R.S. 2012. *Vulnerabilidade da linha de costa a eventos de alta energia na Praia da Caponga - Cascavel, Ceará*. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil. 89 p.

PBMC, 2016: Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184 p. PBMC - Relatório impacto, vulnerabilidade e

adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas. ISBN: 978-85-285-0345-6. (Disponível em chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://ppgocean.o.paginas.ufsc.br/files/2017/06/Relatorio_DOIS_v1_04.06.17.pdf).

MUEHE, D. 2004. Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmico e evolutivo. 19p., Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla): subsídios para um projeto de gestão. Brasília, DF, Brasil. (disponível em https://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/11_04122008110506.pdf.)

NBR 13133. 2021. *Associação Brasileira de Normas Técnicas: Execução de Levantamento Topográfico - Procedimento*. Rio de Janeiro, Brasil. 2º ed, 57p. (ISBN:978-85-07-08617-8).

NETO, M.S.; MACHANCOSES, N. & CAMPITELI, M. 2024. *O guia definitivo sobre pontos de apoio*. (E-Book) In: <https://conteudo.droneng.com.br/e-book-guia-definitivo-de-pontos-de-apoio> (acesso: Fevereiro 2024)

PROJETO SMC-BRASIL. 2018. *Mudanças do Clima em Praias: Documento Temático*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil. 118p. (ISBN: 978-85-

7738-357-3).

RODRIGUES, B.A. 2009. *The Ancão Peninsula vulnerability to overwash events*. Dissertação (Mestrado em Gestão da Água e da Costa). Faculdade Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Portugal. 66p.

SANTOS, R.C.A.L. 2004. *Evolução da linha de costa a médio e curto prazo associada ao grau de desenvolvimento urbano e aos aspectos geoambientais na planície costeira de Maceió – Alagoas*. Dissertação de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. 176p.

TULER, M. & SARAIVA, S. 2014. *Fundamentos de Topografia*. 308p., Bookman, Porto Alegre, Brasil. (ISBN:978-85-8260-119-8).

VIANNA, H.D.; CALLIARI, L.J. & VIANNA, S.D. 2020. Inundação e erosão na costa norte do rio grande do sul - brasil. Estudo de caso: a maré meteorológica de outubro de 2016. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **21**(4):719-739. (doi:10.20502/rbg.v21i4.1749)

WRIGHT, L.D. & SHORT, A.D. 1983. Morphodynamics of beach sand surf zones in Australia. In: KOMAR, P. D. (Ed.). *Handbook of coastal processes and erosion*, **1**:35-64, Boca Raton/EUA: CRC. (doi:10.1201/9781351072908).