

Evolução morfológica de um sistema praial induzido: Praia Mansa, enseada do Mucuripe, Fortaleza/CE

Morphological evolution in an induced beach system: Praia Mansa, Mucuripe bay, Fortaleza/CE

Otávio Augusto de Oliveira Lima Barra

Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil

otavioaolbarra@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8147-8000>

Davi Rodrigues Rabelo

Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil

dv_rr@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5449-6326>

Fábio Perdigão Vasconcelos

Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil

fabioperdigao@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0388-4628>

Maria Bonfim Casemiro

Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil

mariabonfimc@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8353-9145>

RESUMO

A inserção de obras portuárias tende a alterar a dinâmica costeira dos sistemas praias onde são instaladas; prova disto é o litoral urbano de Fortaleza, capital do Ceará, Região Nordeste do Brasil. A construção do Porto de Fortaleza gerou modificações importantes na configuração da linha de costa, provenientes de processos erosivos. Por décadas, observa-se a progradação no setor leste, enquanto na fachada norte-oeste, há recuo de linha de costa. Na área interna ao porto – a enseada do Mucuripe – a dinâmica sedimentar, alterada pela instalação de um prolongamento rochoso para a construção do porto, foi responsável pela formação da Praia Mansa, um sistema praial induzido e frágil do ponto de vista ecodinâmico. No ano de 2012 foi iniciada, nessa praia, a construção de um equipamento, o Terminal Marítimo de Passageiros. Este artigo tem por objetivo analisar o processo de formação da Praia Mansa e suas principais alterações morfológicas no decorrer do tempo, sobretudo após as obras do referido Terminal de Passageiros. Para tanto, foram feitos levantamentos topográficos *in loco*, além da análise de imagens de satélites do local. Os perfis topográficos realizados em dois anos de análise indicaram perda de mais de 100m² de área, enquanto as imagens de satélite – analisadas em períodos de tempo superiores aos da realização dos perfis – demonstraram fases erosivas bem superiores às de acreção sedimentar. Os resultados encontrados comprovaram prognósticos ambientais dantes realizados e que mostravam a fragilidade da área em questão.

Palavras-chave: Morfologia praial, Linha de costa, Obras portuárias, Praia Mansa, Porto de Fortaleza.

ABSTRACT

The insertion of port works tends to change the coastal dynamics of the beach systems where they are installed. Proof of this is the urban coast of Fortaleza, capital of Ceará, Northeast Region of Brazil. The construction of the Port of Fortaleza generated important changes in the configuration of the coastline, resulting from erosive processes. For decades, progradation has been observed in the eastern sector, while in the north-west facade, there is a retreat of the coastline. In the area inside the port – the Mucuripe cove – the sedimentary dynamics, altered by the installation of a rocky extension

for the construction of the port, was responsible for the formation of Praia Mansa, an induced beach system and fragile from an ecodynamic point of view. In 2012, the construction of an equipment, the Maritime Passenger Terminal, began on this beach. This article aims to analyze the process of formation of Praia Mansa and its main morphological changes over time, especially after the works of the aforementioned Passenger Terminal. To this end, topographic surveys were carried out in loco, in addition to the analysis of satellite images of the place. The topographic profiles carried out in two years of analysis indicated a loss of more than 100m² of area, while the satellite images – analyzed in longer periods of time than the realization of the profiles – showed erosive phases much higher than those of sedimentary accretion. The results found confirmed environmental prognoses previously realized and that showed the fragility of the area in question.

Keywords: Beach morphology, Coastline, Port works, Praia Mansa, Port of Fortaleza.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais podem ser definidos como as transformações na natureza resultantes das ações antrópicas (ANDRADE *et al.*, 2017; HERRERA *et al.*, 2018). Os sistemas costeiros inserem-se nesta problemática, estando constantemente sob os riscos de impactos adversos, como por exemplo, a eutrofização, contaminação por moléculas e resíduos sólidos, além da erosão costeira (RIBEIRO *et al.*, 2021; BARCELLOS, 2019; MARTINS *et al.*, 2017). Neste contexto estão os portos marítimos que, devido à magnitude de suas atividades, podem causar implicações ambientais nos litorais onde foram inseridos. Desde a Antiguidade Clássica até os dias atuais, os portos marítimos visam atender as demandas de fluidez de bens e mercadorias dentro e fora dos territórios, e tal fato corrobora com a construção, ampliação e transformação dos diversos equipamentos portuários existentes ao redor do mundo.

A construção de um porto pode acarretar alterações hidrodinâmicas que originam processos erosivos, modificando profundamente a morfologia de praias próximas e/ou adjacentes (CALLIARI *et al.*, 2003; BRASIL, 2018; MORAIS *et al.*, 2018). Por outro lado, obras portuárias que invadem espaços costeiros como as restingas e enseadas, geram um *safe-space* para um possível acúmulo de sedimentos, ao invés da erosão que proporcionam por invadirem esse espaço.

O porto de Fortaleza (também conhecido como porto do Mucuripe) é um claro exemplo de obras portuárias que afetaram uma região costeira, sobretudo quando instalado o molhe do Mucuripe, criado para abrigar a bacia portuária. Em decorrência desta estrutura, houve um barramento do transporte lateral de sedimentos da Praia do Futuro em direção ao setor oeste do litoral de Fortaleza, que passaram a acumular-se na bacia portuária, assoreando o canal do porto (MORAIS, 1980). A construção do molhe de proteção do porto ocasionou uma deformação na incidência de ondas na região, ocorrendo, assim, a difração delas e um processo de engorda na área interna do porto, levando sedimentos para dentro da bacia portuária, originando a Praia Mansa (MAIA, 1998).

Em estudo sobre sete promontórios, Silva *et al.* (2018) indicaram que as ondas são a principal força motriz para o contorno do promontório (*sandbypass*), pois transportam sedimento a taxas duas ordens de magnitude mais altas do que a maré ou o vento. Marino *et al.* (2013) já argumentava que sedimentos da Praia do Futuro são transportados até o espigão mais próximo, o que impede a continuidade do transporte e propicia o intenso acúmulo de sedimentos, fazendo com que o *bypass* costeiro nessa área seja completamente erradicado, em função das construções dos espigões para conter a erosão praiial associada ao crescimento urbanístico do leste da cidade de Fortaleza. Obras de contenção de erosão contribuíram para a alteração do desenho natural da linha de costa de Fortaleza, que se encontra atualmente com cerca de 30% em estabilização por obras de proteção costeira. Os molhes, enrocamentos e aterros, além de obras realizadas para mitigação dos impactos portuários, proporcionaram também mudanças paisagísticas observadas ao longo da costa de Fortaleza (MORAIS *et al.*, 2018; VASCONCELOS, 2005).

A construção do Porto de Fortaleza desconsiderou fatores como a dinâmica costeira, o que resultou em problemas de erosão nas praias a jusante do porto, tanto no litoral de Fortaleza até municípios vizinhos, como praias de Caucaia (CE) (MAIA *et al.*, 1998). Essa retenção de sedimentos se dá pela corrente de deriva litorânea provindos principalmente do sentido Sudeste/Noroeste (MORAIS, 1980).

O porto passou por um processo de ampliação, mediante a construção de um terminal marítimo para passageiros, um empreendimento pertencente a um conjunto de benfeitorias para a Copa do Mundo de 2014. O ideário de expansão portuária em Fortaleza remonta o fim dos anos 1980, mas consolidou-se em 2012, quando foi assinada a ordem de serviço para a construção do terminal citado. O empreendimento foi erguido na área interna do porto, na Praia Mansa, um ambiente dotado de elevado grau de vulnerabilidade ambiental do ponto de vista ecodinâmico (SOUZA *et al.*, 2009).

O objetivo do presente estudo é analisar a formação da Praia Mansa e suas principais alterações morfológicas entre 2003 e 2019, acompanhando as implicações em sua linha de costa ao

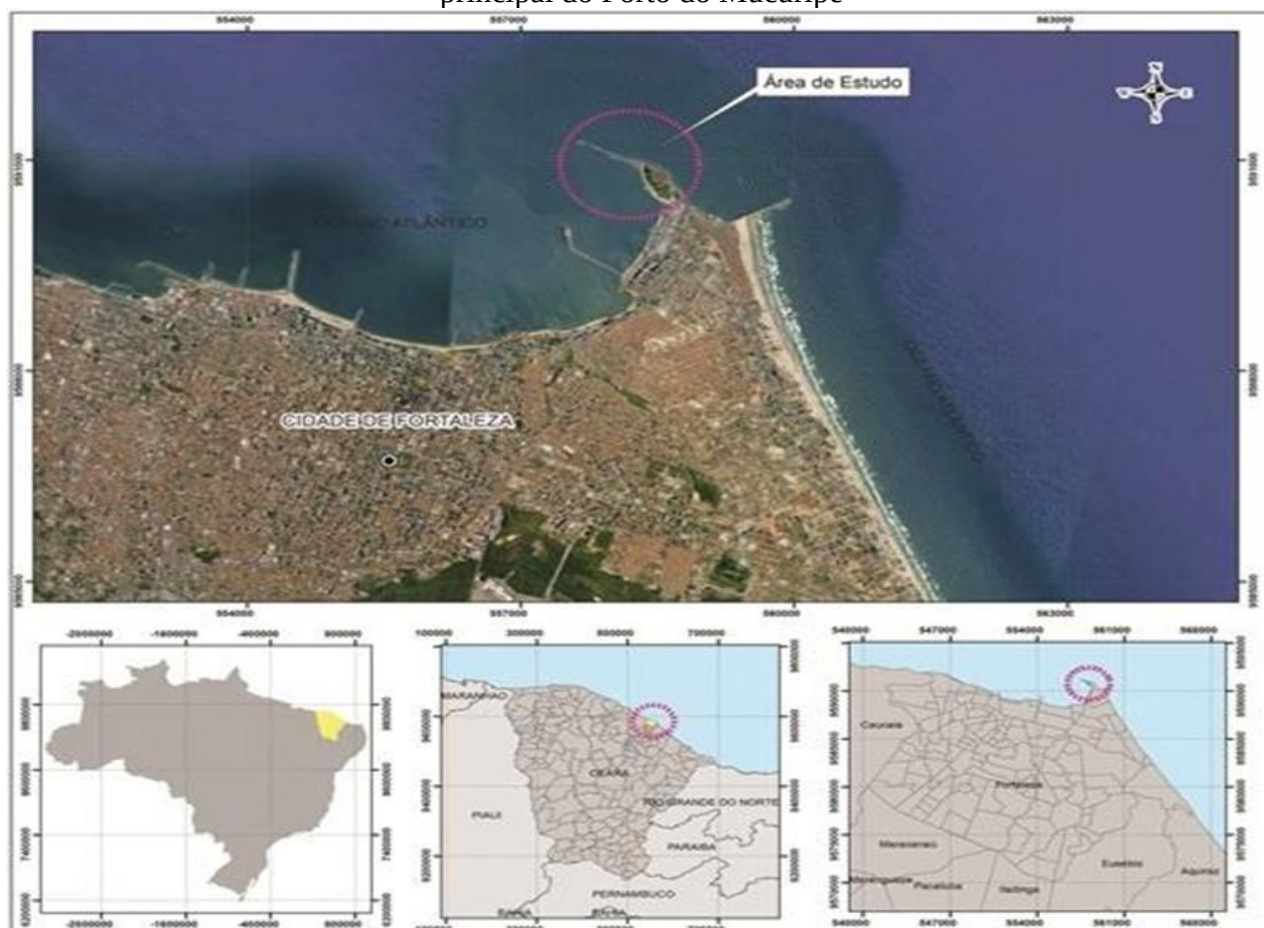
longo do período citado.

Este artigo é resultado do Projeto de Monitoramento Ambiental das Obras do Novo Terminal Marítimo de Passageiros do Porto do Mucuripe, realizado de forma conjunta entre o Grupo de Pesquisa Gestão Integrado da Zona Costeira, vinculado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, a Universidade Estadual do Ceará – UECE e a Companhia Docas do Ceará.

2. ÁREA DE ESTUDO

A praia Mansa (**Figura 1**) foi originada a partir de uma intervenção antrópica no mecanismo natural do transporte de sedimentos devido à instalação do prolongamento rochoso (molhe) na ponta do Mucuripe, na década de 1940, tendo como coordenadas centrais UTM SIRGAS 2000 24S 558.338 m E e 9.590.748 m N. Segundo Alfredini e Arasaki (2009), o porto situado na Praia Mansa é classificado como porto marítimo artificial.

Figura 1: Localização da praia Mansa, Fortaleza/CE. O círculo rosa corresponde ao Molhe principal do Porto do Mucuripe



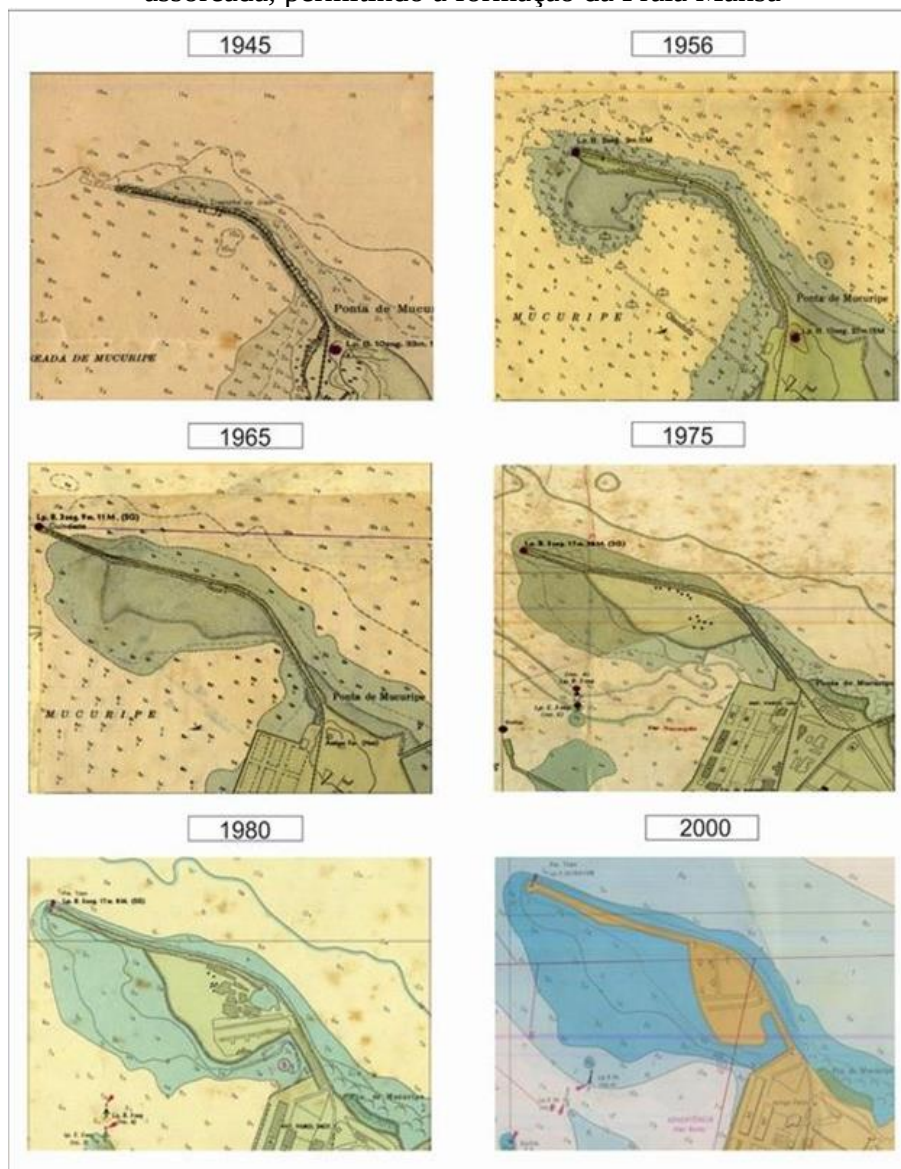
Fonte: Barra (2015).

A instalação do molhe no promontório do Mucuripe acarretou mudanças na dinâmica costeira por difração das ondas incidentes (VINCENT, 1957), propiciando um barramento sedimentar e um acúmulo desse aporte na bacia portuária. Como consequência, houve um assoreamento no canal do porto e a formação de um banco arenoso internamente ao dique de proteção, gerando a Praia Mansa (MORAIS, 1980). Para Short (1999), o processo de difração se dá mediante a redistribuição lateral de energia ao longo da crista da onda, ocorrendo através do encontro dessas ondas com estruturas

rochosas ou obras de engenharia costeira. A instalação do molhe do Porto do Mucuri (ou molhe do Titan, em alusão ao guindaste chamado “Titan”, utilizado para o transporte de rochas da construção do molhe principal do porto) não contou com os estudos prévios adequados. Em decorrência disto, ocorreu não apenas a formação da Praia Mansa, como também um consequente déficit sedimentar em praias localizadas a jusante do porto.

Análises sobre as correntes e assoreamento logo após a construção desse molhe principal foram realizadas por um grupo denominado Comissão de Estudos Complementares do Porto do Mucuri (PORTUGAL, 1946). Esta comissão concluiu que a parte interna do molhe sofreu um assoreamento de 58.150 m^3 e um aprofundamento de 11.434 m^3 , resultando, portanto, em 46.716 m^3 de assoreamento (FECHINE, 2007; MORAIS, 1980). Para Maia *et al.* (1998), com a ampliação do molhe, o sedimento foi bloqueado, avançando ao longo do dique, a ponto de transpassá-lo, e uma quantidade progressiva de sedimentos passou pela extremidade do molhe, formando a Praia Mansa. A **Figura 2** mostra o resultado dessas análises através de cartas náuticas, sendo possível visualizar a mudança no comportamento batimétrico e a consequente engorda progressiva da praia.

Figura 2: Comportamento da batimetria ao longo do prolongamento rochoso do Mucuri desde sua implantação na década de 1940 até o ano 2000. Aos poucos a área interna ao molhe vai sendo assoreada, permitindo a formação da Praia Mansa



Fonte: Carta Náutica – DHN – 701. Organizada pelos autores (2015).

A sequência de imagens aéreas da **Figura 3** proporciona uma melhor visualização do efeito de contorno dos sedimentos em redor do Molhe do Titan e a formação da Praia Mansa até meados da década de 1970.

Figura 3: (I) Pontal do Mucuripe antes da instalação do molhe (meados da década de 1930); (II) O molhe já construído (anos de 1940 aproximadamente); (III) Transporte de sedimentos no entorno do molhe (sandbypass) na parte interna do molhe (idos da década de 1960); Consolidação do acúmulo de sedimentos na porção interna do molhe (por volta de 1970)



Fonte: Acervo Digital de Fortaleza (2022).

No ano de 1958, a Praia Mansa já possuía cerca de 79000 m² de área. Na década de 1960, aproximadamente 96300 m², e 130400 m² na de 1970, assumindo, posteriormente, uma relativa estabilidade dessa expansão sedimentar (GOMES JUNIOR, 2012). A partir da década de 1990, a Praia Mansa apresentou variações de área, conforme o **Quadro 1**:

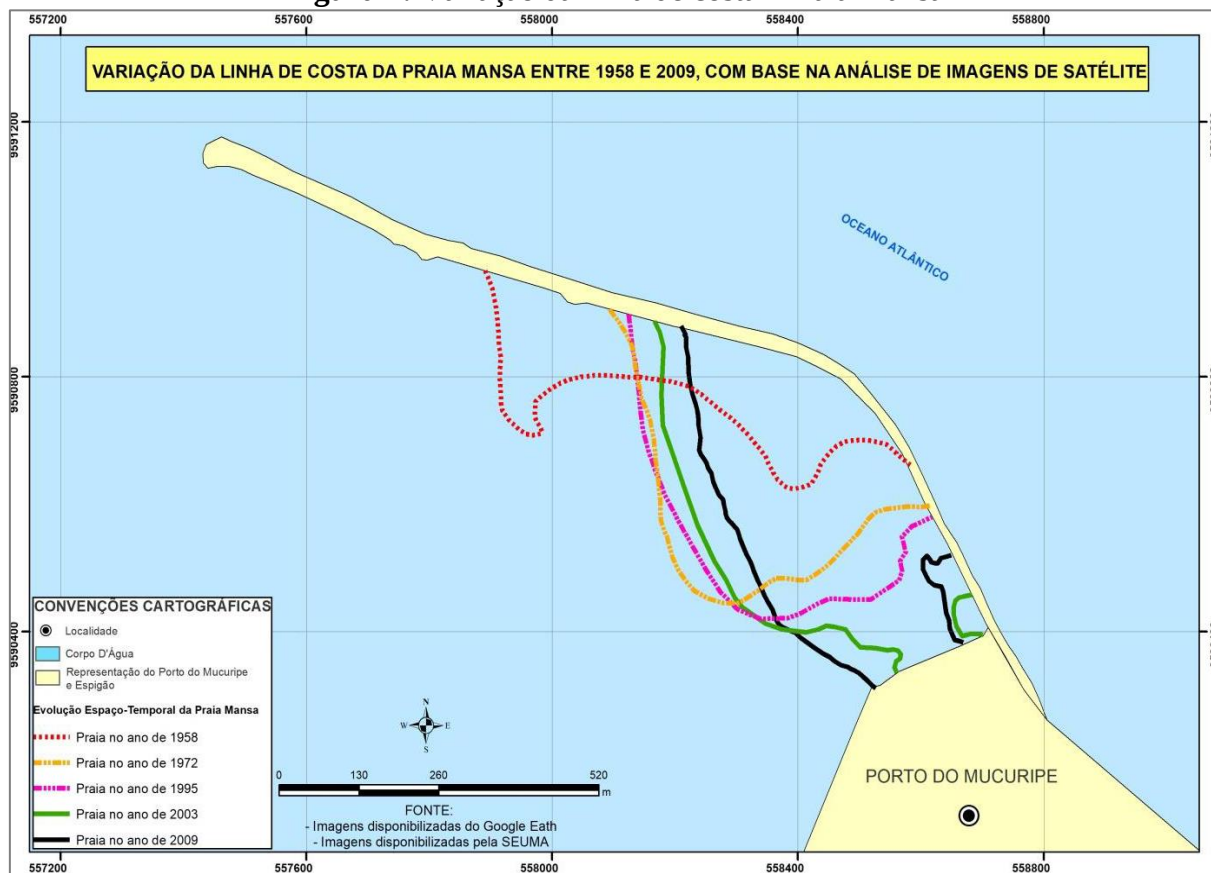
Quadro 1: Variações de área da Praia Mansa

Ano	Área (M ²)
1995	127500
1998	130000
2001	127400
2003	128800
2004	132600
2007	132700
2009	135600

Fonte: Organizado pelos autores a partir de Caruso Júnior (2011).

A evolução espaço-temporal da praia ao longo das décadas (1950-2000) pode ser observada mediante os traçados coloridos descritos na **Figura 4**.

Figura 4: Variação da linha de costa - Praia Mansa



Fonte: Organização dos Autores (2022).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Perfis Topográficos

A medição de perfis topográficos foi realizada em três pontos distintos perpendicularmente à linha de costa na Praia Mansa, demarcados considerando-se a localização do Terminal e os possíveis impactos que a instalação e operação poderiam acarretar no ambiente local. A morfologia praial foi obtida ao aplicar o método de levantamento topográfico proposto por Borges (1977). Em cada ponto foram medidas as cotas, com auxílio de uma estação total da Marca Ruide, modelo RTS-280 e prisma. Instalou-se o equipamento entre a linha d'água e o RN pré-determinado, e feitas leituras a ré, e a vante, sempre em marés de sizígia, em horários de maré baixa. As leituras no perfil emerso foram realizadas a cada cinco metros e/ou a cada feição proeminente como bancos, cavas, etc. (GOMES JUNIOR, 2012; VASCONCELOS, 2013). As medições foram procedidas até uma profundidade média de 0,5 metro na antepraia, garantindo que o perfil atingisse o nível zero hidrográfico que corresponde ao zero da maré astronômica do Porto do Mucuri, determinado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN). A **Figura 5** e a **Tabela 1** apresentam a localização e cota dos perfis topográficos na Praia Mansa respectivamente.

Figura 5: Localização dos pontos de estudo para realização de perfis topográficos na Praia Mansa



Fonte: Organização dos Autores (2015).

Tabela 1: Localização e cota dos perfis topográficos na Praia Mansa

Perfis	Latitude (S)	Longitude (W)	Cota (m)
Perfil 1	9590626,35	558363,07	4,043
Perfil 2	9590734,93	558313,55	4,979
Perfil 3	9590851,65	558243,59	5,236

Fonte: Organização dos Autores (2022).

Optou-se por demonstrar o produto de uma série cronológica de um ano, de forma a demonstrar os efeitos sazonais sobre a morfologia praial, ou seja, os resultados de campanhas realizadas de julho de 2012 (início das obras) e um ano depois (julho de 2013), totalizando 6 perfis nos dois períodos de coleta.

3.2 Aquisição de imagens de satélite

Foram obtidas imagens de satélites e fotografias aéreas junto à Marinha e à Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo de Fortaleza (SEUMA) nos anos de 1958 até 2003. Para os outros anos, utilizou-se software *Google Earth Pro*, com licença educacional, para a obtenção das imagens de satélite entre julho de 2014 até setembro de 2019. As imagens de satélites foram georreferenciadas pelo programa QGIS 2.8 com projeção UTM datum SIRGAS 2000 na zona 24S. Desta forma, foi delimitada, a partir da maré alta, a evolução de toda a área da praia em escala de mapeamento compatível de 1:2.000 para todos o período analisado.

3.2 Levantamento de Dados Secundários

O levantamento de dados secundários mostrou-se relevante para aquisição de elementos relativos ao período anterior à realização *in loco* dos perfis topográficos. Tais dados secundários corresponderam às informações acerca do comportamento batimétrico das ondas e modificações da

linha de costa pré-construção do Terminal de Passageiros, mediante estudos realizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias – INPH.

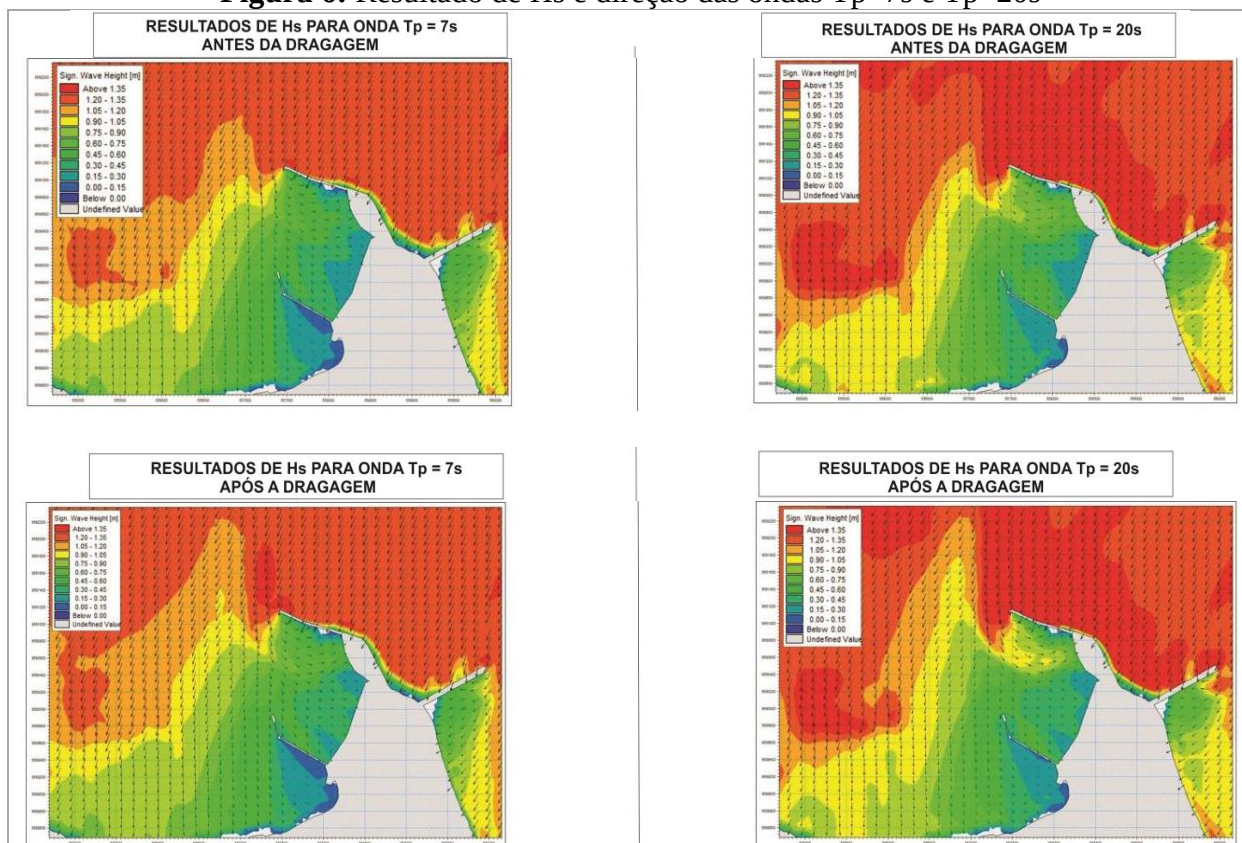
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Elevação na altura das ondas

No ano de 2010 iniciou-se um projeto de dragagem de aprofundamento no canal de acesso ao Porto do Mucuri e em sua bacia de evolução. Após a dragagem, em maio de 2012, antes da conclusão do projeto, ocorreu uma elevação da energia das ondas de longo período (*swell*) na Praia Mansa, durante a ocorrência das ressacas, quando da ocorrência das ondulações de longo período provenientes de N e NE. O estudo realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH) em 2013 apontou a dragagem como causa principal das ondas de longo período (*swell*).

A **Figura 6** demonstra um mosaico de imagens da região estudada, contendo um espectro de cores dos resultados de Altura Significativa (H_s /m) e os vetores de direção das ondas, simulados nos estudos do INPH. Foram verificadas as alterações ocorridas antes e após a dragagem, com ondas de curto período ($T_p=7s$) e de longo período ($T_p=20s$), incidentes na Praia Mansa e áreas adjacentes, como o canal de acesso e a região do Porto do Mucuri. Após a dragagem, a H_s das ondas $T_p=7s$ foi maior na porção norte da Praia Mansa, porém, na parte sul, ocorreu diminuição na H_s . O inverso acontece na região do Porto do Mucuri. Para as ondas de $T_p=20s$ ocorreu o aumento de H_s em ambas as ocasiões simuladas. Esta elevação de H_s é inerente às ondulações (*swell*), devido estas apresentarem mais energia, com altura e período maiores. Antes da dragagem, essas ondas difratavam na ponta do molhe do Mucuri, seguindo ao longo da orla de Fortaleza, fato deduzido através dos vetores de direção. No entanto, a realização da dragagem, os vetores e o espectro de cores indicam a entrada das ondas $T_p=20s$ na região interna ao molhe do Titan, atingindo a Praia Mansa (**Figura 7**).

Figura 6: Resultado de H_s e direção das ondas $T_p=7s$ e $T_p=20s$



Fonte: INPH (2013).

Figura 7: (A) Obra paralisada pela ressaca do mar (B) Ressaca no local das obras do Terminal de Passageiros, com presença de swell



Fonte: Autores (2013). INPH (2013).

Essa alteração na incidência de ondas na porção interna intensificou o transporte de sedimentos, acelerando os processos erosivos. Este início de erosão na área repercutiu na linha de costa da Praia Mansa.

Através da comparação dos traçados (**Figura 8**), observa-se que, de 2003 a 2009, já havia a manifestação de um processo erosivo, porém de baixa intensidade. Ao comparar o traçado de 2009 a 2011, intervalo em que se insere a referida dragagem, nota-se que a área erodida, em apenas dois anos, foi maior que a observada entre 2003 e 2009 (INPH, 2013). De 2003 e 2011, o terreno da praia erodiu cerca de 21.600 m² (parte norte e central), contra apenas 4.200 m² de assoreamento, ocorrida apenas na porção sul. Entre 2009 e 2011, ocorreu uma diminuição da área do local, passando de 135600 m² para 127000 m².

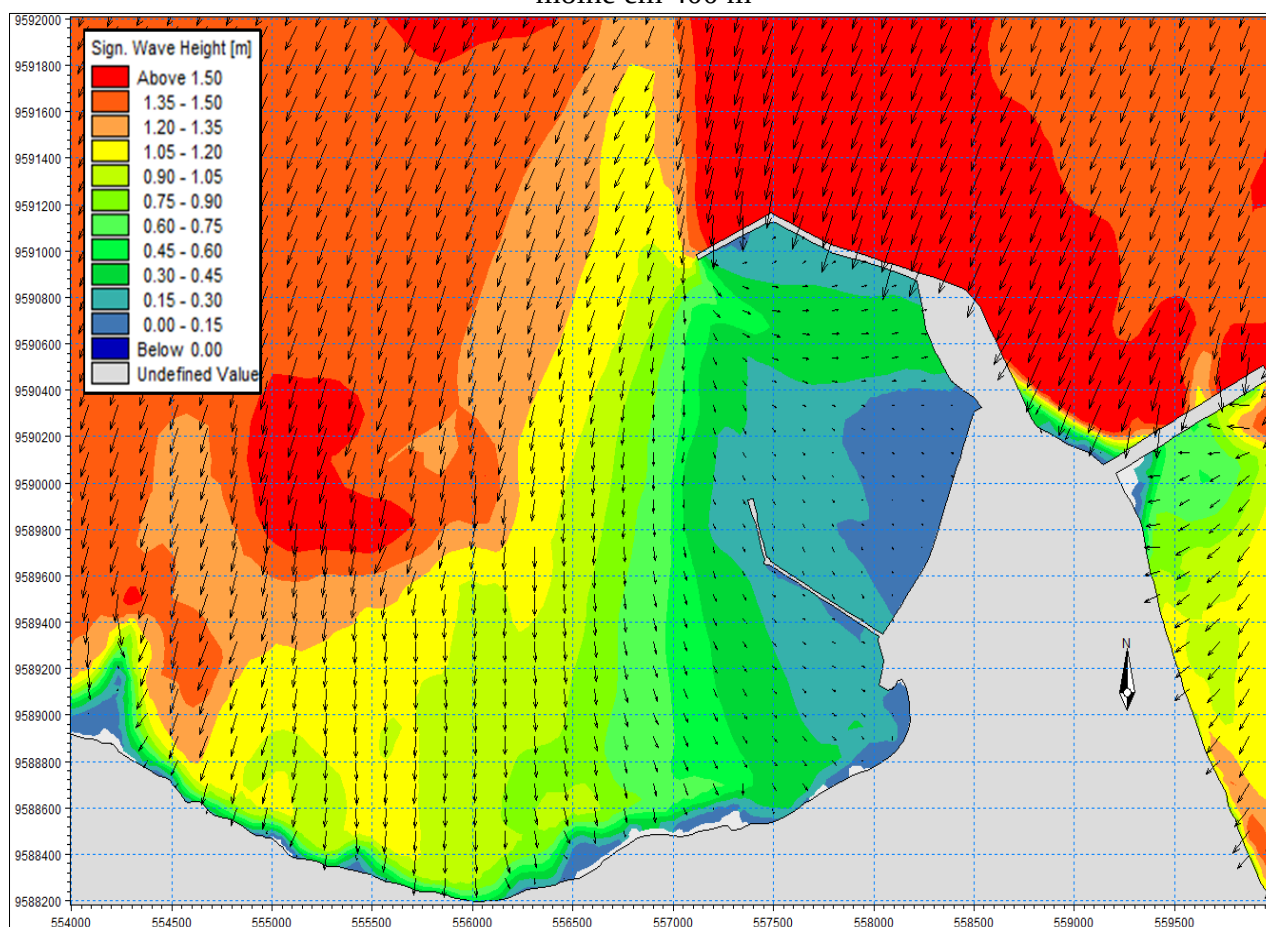
Figura 8: Imagens de Satélite com alterações da linha de costa da Praia Mansa entre 2003 e 2011



Fonte: INPH (2013).

A manifestação de importantes alterações morfológicas da Praia Mansa em decorrência da realização das obras do terminal portuário despertou preocupações em realização ao futuro das obras que se mantiveram paradas no ano de 2013 diante da incidência das ondas *swell* no local como já mencionado anteriormente. Em recomendação feita novamente pelo INPH (2013), o prolongamento do molhe do Titan – onde ocorre a difração das ondas sobre a Praia Mansa – poderia reduzir o impacto das ondas sobre o Terminal de Passageiros e sua área remanescente. O estudo realizado pelo INPH (2013) sugeriu a extensão do molhe do porto em mais 400 metros, com uma inflexão em direção à parte interna da bacia portuária (Figura 9).

Figura 9: Resultado de H_s para a onda de $T_p=20s$, com dragagem do canal a -14m e extensão do molhe em 400 m



Fonte: INPH (2013).

4.2. Alterações morfológicas

A implantação do Terminal de Passageiros ocasionou alterações morfológicas na área. Diante disso, a determinação dos perfis de praia nos pontos de coleta foi fundamental para acompanhar a evolução morfológica e determinar se a praia permaneceu estável ou sob o efeito de processos de erosão ou progradação. Como já mencionado, para verificar as alterações na morfologia da Praia Mansa foram realizados 6 perfis de praia em 3 pontos distintos na área remanescente ao Terminal.

No ano de 2012, o perfil 1 possuía área de berma de perfil suave com ligeira inclinação ao mar. O estirâncio declinava rapidamente nos oito primeiros metros, apresentando feição íngreme,

perfil característico de praia erosiva, voltando a ficar suave em sua porção final até o mar. A largura deste perfil era na ordem de 81 metros.

Em julho de 2012, o perfil sofreu relevante alteração, com redução de volume total na ordem de 75 m^3 na secção de 1 metro de largura, bem como o mesmo valor em sua área da secção transversal. A largura do perfil diminuiu em aproximados oito metros.

Em 2013, nota-se que a região de berma permaneceu suave com ligeira inclinação ao mar. No estirâncio, sua morfologia apresentou um declínio mais acentuado na parte inicial, confirmando uma característica de praia em processo erosivo. Logo após o declínio, o perfil tornava-se suave até seu final no encontro com a linha de água. O berma possuía largura de 11 metros e o estirâncio, 62 metros.

Este perfil sofreu forte redução, tanto de volume total, na ordem de 90 m^3 na secção de um metro de largura, quanto em sua área de secção transversal, se comparado com julho de 2012. Ele é o mais próximo da obra do cais portuário, sujeito a maiores efeitos erosivos, fato que impeliu a construção de uma contenção de rochas no local para conter o avanço do mar (**Figura 10**). A largura também apresentou decréscimo de aproximadamente 5m.

Figura 10: (A) Contenção rochosa posta para impedir o avanço marítimo nas obras do Terminal.
(B) A contenção rochosa não impediu o trabalho erosivo das marés na região do perfil 01



Fonte: Os autores (2014).

A redução de volume em um mesmo comprimento de praia significa dizer que houve um rebaixamento, diminuindo a proteção continental que estará sujeita ao ataque das ondas, sobretudo durante os períodos de *swell* e marés de sizígia.

O perfil 2 foi o maior (121 metros de largura) em 2012, apresentando berma de aproximadamente 50 metros de largura e estirâncio um pouco maior, com 70 metros de extensão. Na berma, o perfil mostrou-se suave com formação de uma crista de praia anterior ao estirâncio. Essa crista é característica de acumulação eólica de sedimentos que são barrados pela presença de vegetação natural. No estirâncio, o perfil declinava moderadamente nos 20 metros iniciais, depois descia suavemente ao mar na porção final. Em 2013, o perfil 2 apresentou berma com largura de aproximadamente 44 metros e estirâncio com 77 metros de extensão, perda e acréscimo, respectivamente. Na berma, o perfil permaneceu suave. No estirâncio ocorreu um declínio mais rápido nos 15 metros iniciais, e logo após, declinou suavemente em direção ao mar na porção final. Este perfil muito inclinado em sua porção inicial indicou manifestação de processos erosivos. Em relação a julho de 2012, houve perda de volume total na ordem de 24 m^3 . A largura total do perfil permaneceu inalterada.

O perfil 3 (69,7 metros) foi o mais curto. No ano de 2012, apresentou berma com apenas 10 metros de largura e o estirâncio com aproximadamente 60 metros de extensão. Na berma, mostrou-se suave com ligeira inclinação ao mar. No estirâncio declinava moderadamente para o mar nos 20

primeiros metros, voltando a ficar com perfil suave em sua porção final até o encontro com o mar. Em 2013, tanto a berma como o estirâncio apresentaram estabilidade, com 10 metros de largura e 59,7 metros de extensão. Na berma, o perfil continuou suave com ligeira inclinação ao mar. No estirâncio também não ocorreu grande modificação, declinando moderadamente para o mar; em comparação ao ano anterior, permaneceu praticamente inalterado.

Os processos erosivos remontam e confirmam a observação de estudos anteriores na Praia Mansa, que indicavam que quaisquer ações de uso e ocupação nesta área acarretariam a instalação de processos erosivos (FORTALEZA, 2006) (**Figura 11**).

Figura 11: Processo erosivo atuando sobre a Praia Mansa.

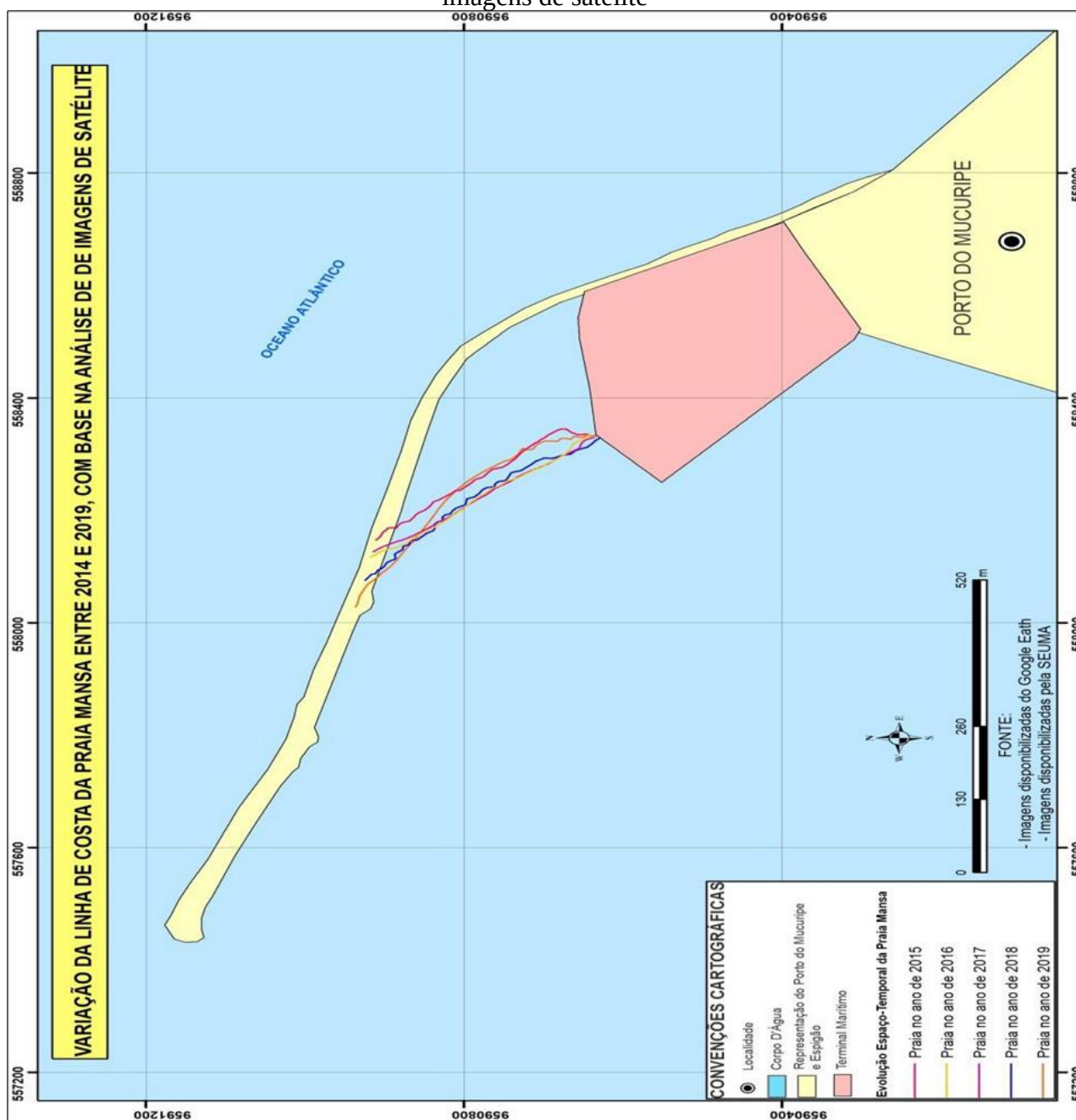


Fonte: Os autores (2013)

4.2.3 Análises de imagens de satélite (2014-2019)

Após a execução dos perfis de praia e os posteriores resultados da morfologia, resolveu-se acompanhar, via imagens de satélites, o comportamento da linha de costa da Praia Mansa, a fim de diagnosticar se as alterações morfológicas permaneceram. O resultado da análise das referidas imagens pode ser aferido na imagem (**Figura 12**).

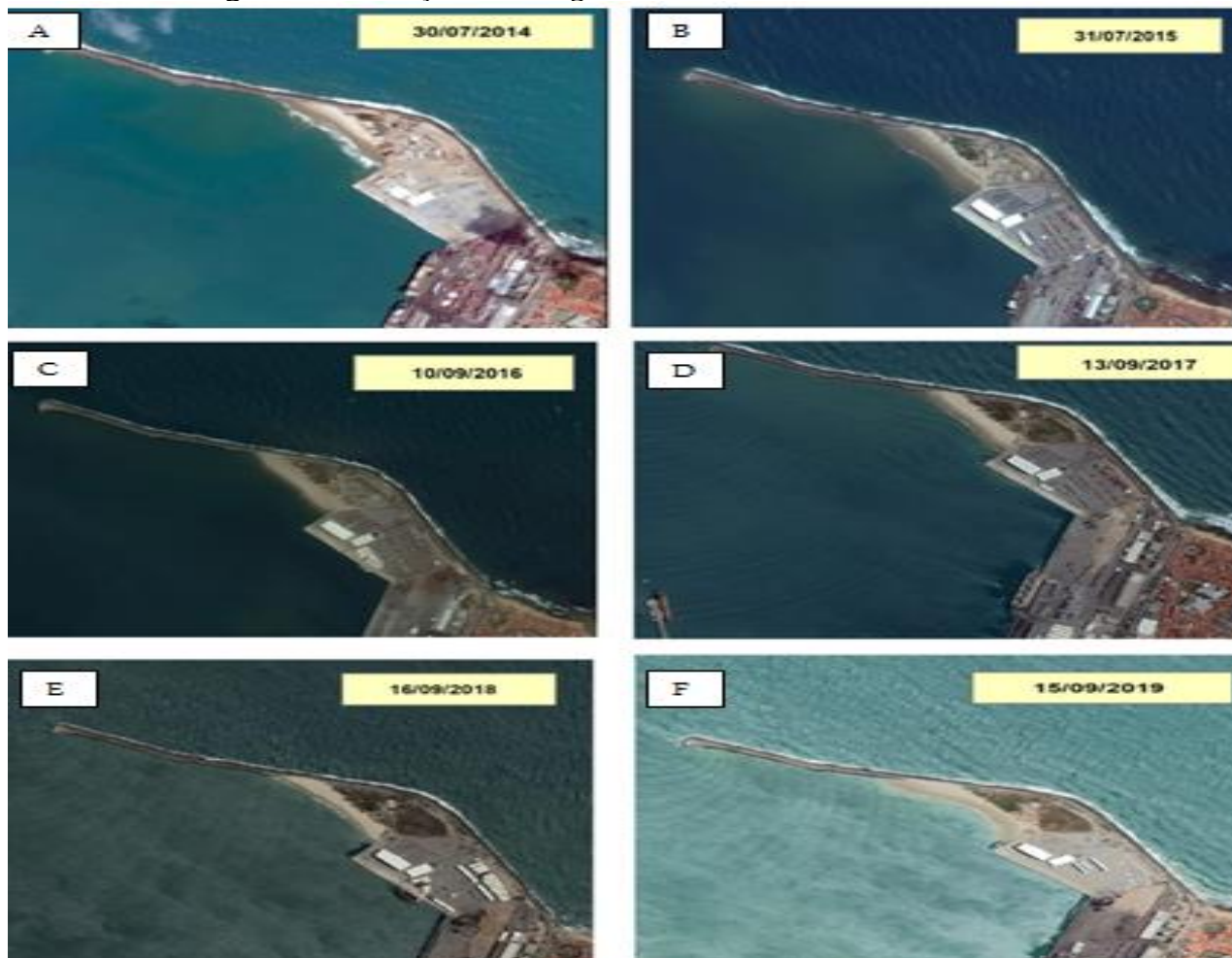
Figura 12: Variação da linha de costa da praia Mansa entre 2014 e 2019, com base na análise de imagens de satélite



Fonte: Organização dos Autores (2022).

O mapeamento durante este período (2014 até 2019) mostrou uma constante alteração na linha de costa. Notou-se um acréscimo da praia ao norte em detrimento erosivo ao sul. Áreas próximas às instalações do terminal marítimo tiveram significativa alteração. Entre 2015 e 2016, houve uma progressão da área da praia, e, a partir de 2017, um maior recuo de linha de costa (**Figura 13**).

Figura 13: Evolução morfológica da Praia Mansa entre 2015 e 2019



Fonte: Organização dos Autores (2022).

No Porto do Pecém (CE), litoral oeste cearense, Vieira *et al.* (2007) verificaram a previsão da evolução da costa desde o início da sua construção e comprovaram que a mudança no regime na linha de costa a Noroeste do terminal foi devido à redução da energia das ondas, geradas pelo efeito de sombra criada pelo quebra-mar. Diferentemente do que ocorre no Pecém, na Praia Mansa acontece aumento energético das ondas em um contexto histórico de baixa energia, que vem sendo catalisado pela implantação do terminal marítimo através de ações pontuais de dragagem.

Já em pesquisa de Magini *et al.* (2013), outro trabalho realizado considerando a linha de costa do Porto do Pecém, foram obtidos dois momentos diferentes em relação à sedimentação e erosão costeira da área. Os autores observaram que no período de construção do terminal temporário, as alterações ambientais promoveram erosão costeira na vila, mas no período de pós-construção ocorreu maior sedimentação devido ao aporte de sedimentos.

5. CONCLUSÃO

A formação da praia Mansa deu-se a partir da instalação de um prolongamento rochoso (molhe) no Pontal do Mucuripe. Tal inserção ocasionou assoreamento na bacia portuária promovendo a evolução morfossedimentar da referida praia. No ano de 2012, houve início, neste ambiente, das obras de construção do empreendimento denominado Terminal Marítimo de Passageiros. Em estudos anteriores à obra (INPH, 2013), a Praia já estava submetida a processos erosivos devido a dragagens iniciadas no ano de 2010 e concluídas em 2012. A realização deste aprofundamento do canal portuário

propiciou o aumento da altura significativa de ondas (H_s) *swell*, intensificando o transporte sedimentar, acelerando os processos erosivos e repercutindo na linha de costa, sobretudo dos anos de 2009 a 2011.

Para monitoramento do comportamento da morfologia da Praia Mansa durante as obras do terminal portuário, foram realizados perfis topográficos em três pontos perpendicularmente à linha de costa. Dos seis perfis topográficos realizados entre 2012 e 2013 (três a cada ano), o perfil 1 sofreu forte redução de volume total, na ordem de 75 m^3 (na seção de um metro de largura), mesmo valor em área da seção transversal (m^2). O perfil 2, o maior em área, apresentou perda de volume total na ordem de 24 m^3 (seção de um metro de largura), assim como em área da seção transversal (m^2). O perfil 3, o mais curto entre os três, permaneceu praticamente inalterado. Os perfis 1 e 2 foram os mais próximos da área de construção do Terminal de Passageiros do Porto do Mucuripe.

Após a realização dos perfis, foram analisadas imagens de satélite entre os anos de 2014 a 2019 para uma atualização da evolução morfológica do local estudado neste artigo. Como resultado dessa análise, observou-se uma sedimentação da praia ao norte em detrimento erosivo ao sul. O local de significativa alteração se deu nas áreas próximas às instalações do terminal marítimo, confirmando prognósticos de manifestação erosiva e de degradação derivadas de ações de uso e ocupação na Praia Mansa.

O presente estudo demonstrou toda a dinâmica da linha de costa na praia mansa, servindo-lhe de subsídio para futuros trabalhos em outras praias que foram formadas por tais processos de ocupação. Todos os impactos da praia, se considerar a legislação ambiental em vigor, são passíveis de solução em curto-médio prazo, cujos encaminhamentos sugeridos: são monitoramento contínuo dos processos erosivos, programa de conscientização da dinâmica litorânea e fiscalização de órgãos públicos que podem auxiliar numa melhor recuperação e controle ambiental da praia em questão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual do Ceará, à Companhia Docas do Ceará e ao Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias – INPH.

REFERÊNCIAS

ALFREDINI, P., ARASAKI, E. **Obras e Gestão de Portos e Costas**: a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

ANDRADE, R. L. B.; HATJE, V.; MASQUÉ, P.; ZURBRICK, C. M.; BOYLE, E. A.; SANTOS, W. P. C. Chronology of anthropogenic impacts reconstructed from sediment records of trace metals and Pb isotopes in Todos os Santos Bay (NE Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, 125(1-2), p. 459-471, 2017.

BARCELLOS, D.; QUEIROZ, H. M.; NÓBREGA, G. N.; DE OLIVEIRA FILHO, R. L.; SANTAELLA, S. T.; OTERO, X. L.; FERREIRA, T. O. Phosphorus enriched effluents increase eutrophication risks for mangrove systems in northeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, 142, p. 58-63, 2019.

BARRA, O. A. O. L. **Portos e Gestão Ambiental**: análise dos impactos ambientais decorrentes da implantação do Terminal Marítimo de Passageiros na Praia Mansa – Fortaleza/CE, Brasil. 2015. 186 f. Dissertação (Mestrado), - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2015.

BORGES, A. C. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. São Paulo Edgard Blucher, v.1, 187p. 1977.

CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO JR., E. **Morfodinâmica praiar**: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 51(ÚNICO), 63-78, 2003.

GOMES JUNIOR, F. C. **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)**: terminal marítimo de passageiros porto de fortaleza Ceará Brasil. Fortaleza: Caruso Júnior, 2011.

GOMES JUNIOR, F. C. **Termo de Referência Plano Básico Ambiental Terminal de Passageiros do Porto de Fortaleza - Ceará**. Fortaleza, 2012.

FECHINE, J. A. L. **Alterações no perfil natural da zona costeira da cidade de Fortaleza, Ceará, ao longo do século XX**. 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

FERRAZ, M. A.; ALVES, A. V.; CHOUERI, R. B. A TIE approach to identify substances causing sediment pore water toxicity after a major fire at fuel storage tanks in the Port of Santos (SE, Brazil). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 107, p. 62-68, 2021.

FORTALEZA, Prefeitura Municipal de. **Plano de Gestão Integrada da Orla do Município de Fortaleza**. Fortaleza: MMA/SQA, 2006.

FORTALEZA. **Acervo Digital de Fortaleza**. Disponível em: <https://acervo.fortaleza.ce.gov.br/>. Acesso em: mar. de 2022.

HERRERA, A. H.; CELLINI, J. M.; BARRERA, M.; LENCINAS, M. V.; PASTUR, G. M. Environment and anthropogenic impacts as main drivers of plant assemblages in forest mountain landscapes of Southern Patagonia. **Forest Ecology and Management**, 430, p. 380-393, 2018.

INPH. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS. **Modelagem matemática para avaliação na Praia Mansa e no futuro Terminal de Passageiros, após dragagem no Porto do Mucuripe (Fortaleza – CE)**. Rio de Janeiro: INPH/SEP, 2013. 43 p.

MAGINI, C.; MARTINS, A. H. O.; PITOMBEIRA, E. S. A infraestrutura portuária e suas influências na sedimentação costeira na vila do Pecém, Ceará, Brasil. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 32, n.3, p.532-546, 2013.

MAIA, L. P. **Procesos costeros y balance sedimentario a 10 Largos de Fortaleza (NE-Brasil)**: implicaciones para una gestion adecuada de la zona litorânea. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona, 1998. 281 p.

MAIA, L. P.; JIMENEZ, J.; RAVENTOS, J. S.; MORAIS, J. O. **The Fortaleza (NR Brazil) Waterfront: Port Versus Coastal Management**. *Journal of Coastal Research*, 14(4), p. 1284-1292, 1998.

MARTINS, K. A.; PEREIRA, P. de S.; SILVA-CASARÍN, R.; NOGUEIRA NETO, A. V. The influence of climate change on coastal erosion vulnerability in Northeast Brazil. **Coastal Engineering Journal**, [S.L.], v. 59, n. 2, p. 1740007-1, jun. 2017.

MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S.; PESSOA, P. R.S.; FREIRE, G. S. S; CARVALHO, A.M.; GUERRA, R.G.P.; BARROS, E.L. Ceará. In: BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial**.

261-287p. Panorama da Erosão Costeira no Brasil [recurso eletrônico]. Organização Dieter Muehe. – Brasília, DF, MMA, 2018. 761p.

MORAIS, J. O. **Aspectos da geologia ambiental costeira do município de Fortaleza (Estado do Ceará)**. Tese para seleção de professor titular. Departamento de Geologia. Universidade Federal do Ceará, 1980. 282p.

MORE. **Mecanismo online para referências, versão 2.0**. Florianópolis: UFSC: Rexlab, 2013. Disponível em: <http://www.more.ufsc.br/>. Acesso em: 28 abril de 2022.

PORTUGAL, H. F. **Comissão de estudos complementares do Porto do Mucuri**. Relatório: CECPM, 1946.

RIBEIRO, V. V.; HARAYASHIKI, C. A. Y.; ERTAŞ, A.; CASTRO, Í. B. Anthropogenic litter composition and distribution along a chemical contamination gradient at Santos Estuarine System - Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, 46, 101902, 2021.

Short, Andrew Ded. **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. No. 551.468 HAN. 1999.

SOUZA, M. J. N. de; MENELEU NETO, J.; SANTOS, J. de O.; GONDIM, M. S. **Diagnóstico geoambiental do Município de Fortaleza**: subsídios ao macrozoneamento ambiental à revisão do Plano Diretor Participativo. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009. 174p.

SILVA, G. V.; TOLDO, E. E.; KLEIN, A. H. F.; SHORT, A. D. **The influence of wave, wind and tide-forced currents on headland sand bypassing – study case**: Santa Catarina Island north shore, Brazil. *Geomorphology*, v. 312, p.1-11, 2018.

VASCONCELOS, F. P. **Plano Básico Ambiental Monitoramento Ambiental das Obras do Terminal Marítimo de Passageiros do Porto do Mucuri – 6**. Programa de Monitoramento da Morfologia Praial. Fortaleza – Ceará, 2012-2013.

VIEIRA, L. A. A.; PITOMBEIRA, E. S.; SOUZA, R. O. Comprovação das alterações da linha de costa e de transporte de sedimentos na área costeira do Porto do Pecém. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, 2007, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: ABRH, p. 01-17, 2007.

VINCENT, G. **Port du Mucuri (Etat de Ceara)**: protection du Port contre la houle et l'ensablement, étude en modèle réduit. Laboratoire Dauphinois d'Hydraulique – SOGREAH, Rapport, 4575, 1957, 44p.



Informações sobre a Licença

Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

License Information

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which allows for unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, as long as the original work is properly cited.