

Análise espaço-temporal da modificação da linha de costa do município de Aquiraz-CE

Space-time analysis of the coastline variation in the municipality of Aquiraz-CE

Rodrigo de Souza Paula¹; Carlos Henrique Sopchaki²

RESUMO:

A planície costeira é um ambiente extremamente dinâmico com formações geológicas recentes. Esta configuração geomorfológica é bastante suscetível às influências de processos costeiros naturais e de fatores antrópicos que alteram o balanço sedimentar, provocando de forma direta ou indireta, processos erosivos e deposicionais que causam diversas consequências socioambientais e econômicas. Após os anos 1970 no município de Aquiraz/CE, o veraneio, associado à ocupação desordenada dos ambientes de zona de praia, pós-praia, campo de dunas e na ponta rochosa da Praia do Iguape acarretou em problemas na morfodinâmica da área, principalmente em razão da erosão costeira. Esta pesquisa tem o objetivo principal de analisar a evolução espaço-temporal dos componentes de praia e pós-praia do município de Aquiraz entre os anos de 2015 e 2022, através de técnicas de geoprocessamento e produtos de sensoriamento remoto. Foram utilizados produtos de sensores remotos da família Planet para os anos de 2015 a 2022. Após esta etapa, as imagens foram tratadas no *software ArcGIS 10.5* e, posteriormente, foi utilizada a extensão *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*, desenvolvida pelo *United States Geological Survey (USGS)*, com o intuito de realizar análises quantitativas dos níveis de erosão e deposição na área escolhida, sendo necessário para isso estabelecer a linha de costa do local nos recortes temporais estabelecidos. A partir dos elementos encontrados, foi constatado que cerca de 59% da área estudada encontra-se em algum estágio de erosão. Os resultados apontaram alguns pequenos trechos com erosão extrema, nos limites do município (foz do Rio Pacoti, a oeste e Batoque, a leste) e região na Praia do Iguape.

PALAVRAS-CHAVE: erosão costeira; DSAS; sensoriamento remoto.

ABSTRACT:

The coastal plain is an extremely dynamic environment with recent geological formations. This geomorphological configuration is quite susceptible to the influences of natural coastal processes and anthropic factors that alter the sedimentary balance, directly or indirectly causing erosion and depositional processes that cause various socio-environmental and economic consequences. After the 1970s in the municipality of Aquiraz/CE, summer vacations, associated with the disorderly occupation of the beach zone, post-beach, dune field and rocky tip of Praia do Iguape, led to problems in the morphodynamics of the area, mainly due to coastal erosion. This research has the

¹ Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Ceará. E-mail: rodrigo.paula.rs94@gmail.com

² Professor no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará. E-mail: carlos.geografia@ufc.br

Agradecimento: À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento (FUNCAP), pela concessão da bolsa de estudo para o primeiro autor.

main objective of analyzing the space-time evolution of the beach and post-beach components of the municipality of Aquiraz between the years 2015 and 2022, through geoprocessing techniques and remote sensing products. Planet family remote sensor products were used for the years 2015 to 2022. After this stage, the images were taken for processing in the ArcGIS 10.5 software and, later, the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) extension, developed by the United States Geological Survey (USGS), with the aim of carrying out quantitative analyzes of erosion levels and deposition in the chosen area, being necessary to establish the coastline of the place in the established temporal clippings. From the elements found, it was found that about 59% of the studied area is in some stage of erosion. The results show some small areas with extreme erosion, on the limits of the municipality (Rio Pacoti, in the west and Batoque, in the east) and close to Praia do Iguape.

KEYWORDS: coastal erosion; DSAS; remote sensing.

INTRODUÇÃO

A planície costeira, forma de relevo característica de ambiente praias, se constitui como um ambiente que compreende diferentes morfologias, processos geológicos e sistemas ambientais advindos de interações entre ondas, marés e ventos com as zonas marinhas e continentais, possivelmente relacionada com as regressões e transgressões pretéritas dos mares e oceanos no período do Quaternário (MEIRELES, 2014). Devido a problemas de escala global, a exemplo do aumento do nível dos mares em decorrência do aquecimento global, essas formações geomorfológicas vêm passando por transformações de diversos níveis, com destaque para a erosão costeira (MOURA DE ABREU e ABREU NETO, 2013; IPCC, 2014).

A erosão costeira ocorre quando há remoção de sedimentos em maior quantidade que o considerado “habitual” para o sistema oceano-continente, através da ação das ondas, correntes de marés, correntes da deriva litorânea e correntes eólicas. Tal processo pode ser acelerado a partir de interferências de ordem antrópica (SUGUIO, 1973).

Segundo Meireles (2014), as principais causas de processos erosivos estão ligadas a ação de ondas, marés e velocidade dos ventos, juntamente com a quantidade de sedimentos disponíveis para transporte, o uso e ocupação das áreas costeiras, além das formas de relevo inseridas nestas regiões. Conforme Cunha e Pereira (2016), a consolidação da atividade turística no Nordeste brasileiro gerou a “descoberta” ou a “reinvenção” dos lugares e, a partir dessa nova dinâmica, a vilegiatura marítima passa a conter duas vertentes de lazer. As alóctones são de origem externa, enquanto as autóctones são de origem interna, com ambas estando diretamente ligadas às transformações dos espaços para atender a procura por lazer e por uma reprodução do urbano.

A ação de veranejar está ligada ao deslocamento de pessoas que têm por objetivo, em especial, o lazer e/ou descanso (PEREIRA, 2006). Ainda segundo Pereira (2006), o veranista,

indivíduo que pratica a ação de veranejar, trafega uma determinada distância entre o local de sua moradia permanente, normalmente localizada em uma grande cidade, até um outro local em que ele é proprietário ou locatário de uma segunda residência.

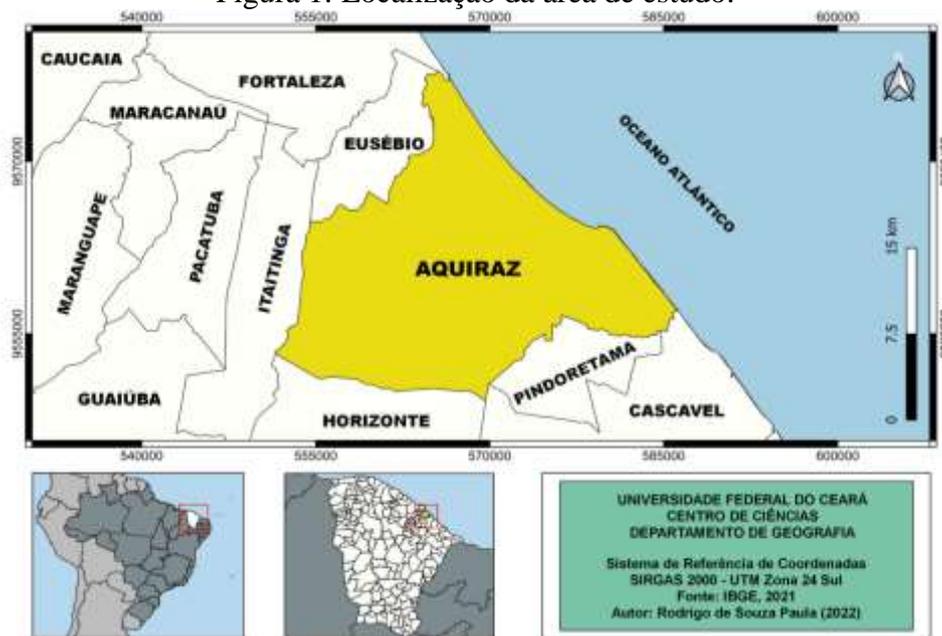
Pereira (2006) explica que o veraneio é uma atividade que está presente em todos os municípios litorâneos do estado do Ceará, sendo a cidade de Fortaleza a delimitadora do litoral cearense, que é subdividido em litoral oeste e leste, também comumente chamados de Costa do Sol Poente e Costa do Sol Nascente, respectivamente. A distribuição das segundas residências aparece mais concentrada nos municípios metropolitanos, com destaque para Caucaia (Costa do Sol Poente) e Aquiraz (Costa do Sol Nascente).

Assim, diante do que foi apresentado, esta pesquisa possui o objetivo principal de analisar as alterações da linha de costa do litoral do município de Aquiraz entre os anos de 2015 e 2022, utilizando produtos de sensoriamento remoto, juntamente com a ferramenta Digital Shoreline Analysis System (DSAS) desenvolvida pelo *United States Geological Survey* (USGS), para verificar qual o estado em que o referido litoral se encontra.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo (Figura 1) compreende todo o litoral do município de Aquiraz, inserido na Região Metropolitana de Fortaleza. Aquiraz possui grande interesse turístico para o Estado do Ceará e, por conta de sua importância, acaba sofrendo com a ocupação desordenada e a instalação e funcionamento de equipamentos de pequeno a grande porte ao longo de sua costa.

Figura 1: Localização da área de estudo.



Fonte: Autores (2022).

O litoral de Aquiraz/CE foi analisado por meio de produtos oriundos de sensores remotos da família Planet, provenientes dos anos de 2015 a 2022, com cenas contendo 4,77 m de resolução espacial, que podem ser obtidos de maneira gratuita (PLANET; 2022).

A delimitação da linha de costa é um passo fundamental na análise de avanço ou recuo do mar. Crowell et al. (1991) conceituam linha de costa como sendo a linha de preamar média (LPM), ou seja, o resultado da intersecção entre os sedimentos secos e molhados, indicando a última maré alta até o momento da captura da imagem de satélite, sendo este o único conceito aplicável para estudos de análise multitemporal.

Com relação ao funcionamento da ferramenta DSAS, o mesmo com alguns métodos estatísticos que produzem dados numéricos sobre as variações da linha de costa: 1) Shoreline Change Envelope (SCE), calcula a distância máxima entre a linha de costa mais próxima a linha de base ou baseline, e a mais distante dela; 2) Net Shoreline Movement (NSM), realiza um cálculo entre a distância da linha de costa mais antiga e a mais recente; 3) End Point Rate (EPR), executa uma operação matemática para saber a distância da linha de costa mais antiga para a mais atual, mas divide o resultado pelo período de tempo analisado, ou seja, faz uma média; 4) Linear Regression Rate (LRR), efetua um cálculo de regressão linear simples; 5) Weighted Linear Regression (WLR), executa um cálculo de regressão linear ponderada; 6) Least Median of Squares (LMS), indica o resultado da menor mediana dos quadrados (SOUZA, 2016).

Os dados do método LRR (Linear Regression Rate) foram os escolhidos para aplicação, uma vez que considera todas as linhas de costa traçadas e baseia-se em conceitos estatísticos aceitos para a realização dos cálculos, indicando um diagnóstico geral para a área.

Os resultados alcançados foram obtidos com o auxílio do software ArcGIS 10.5, no qual foram elaborados produtos cartográficos, e também pela utilização da ferramenta Digital Shoreline Analysis System (DSAS), elaborada pela USGS, para a realização dos cálculos estatísticos da variação da linha de costa.

Ao todo, foram gerados 289 transectos com espaçamento de 100 m entre eles para abarcar a área de interesse deste estudo em sua totalidade e permitir uma precisão estatística de boa qualidade. O número de transectos é calculado de maneira automática pelo software, de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo usuário.

De acordo com Lemos (2021), uma classificação adequada para a análise de erosão ou progradação em um litoral pode ser baseada nos estudos de Esteves e Finkl (1998), onde tais autores sugeriram a classificação apresentada a seguir para caracterizar o estado das praias arenosas no estado da Flórida; e de Luijendijk et al. (2018), que adaptou a mesma classificação para aplicação em âmbito global.

Assim, a categorização da variação de linha de costa foi feita da seguinte maneira: Progradação, para variações positivas acima de 0,5 m ao ano; Estável, para variações com perda de faixa de praia de até 0,5 m/ano e ganho máximo de 0,5 m/ano; Erosão, para índices erosivos de 0,5 m a 1 m por ano; Erosão intensa, para perdas de faixa praial entre 1 m e 3 m por ano; Erosão severa, para casos de erosão de 3 m a 5 m de faixa de praia por ano; Erosão extrema, para índices erosivos com perda de mais de 5 m/ano. Com o intuito de melhorar a compreensão dos dados, a classificação foi apresentada com índices de erosão em números negativos (-) e índices de acreção de números positivos (+).

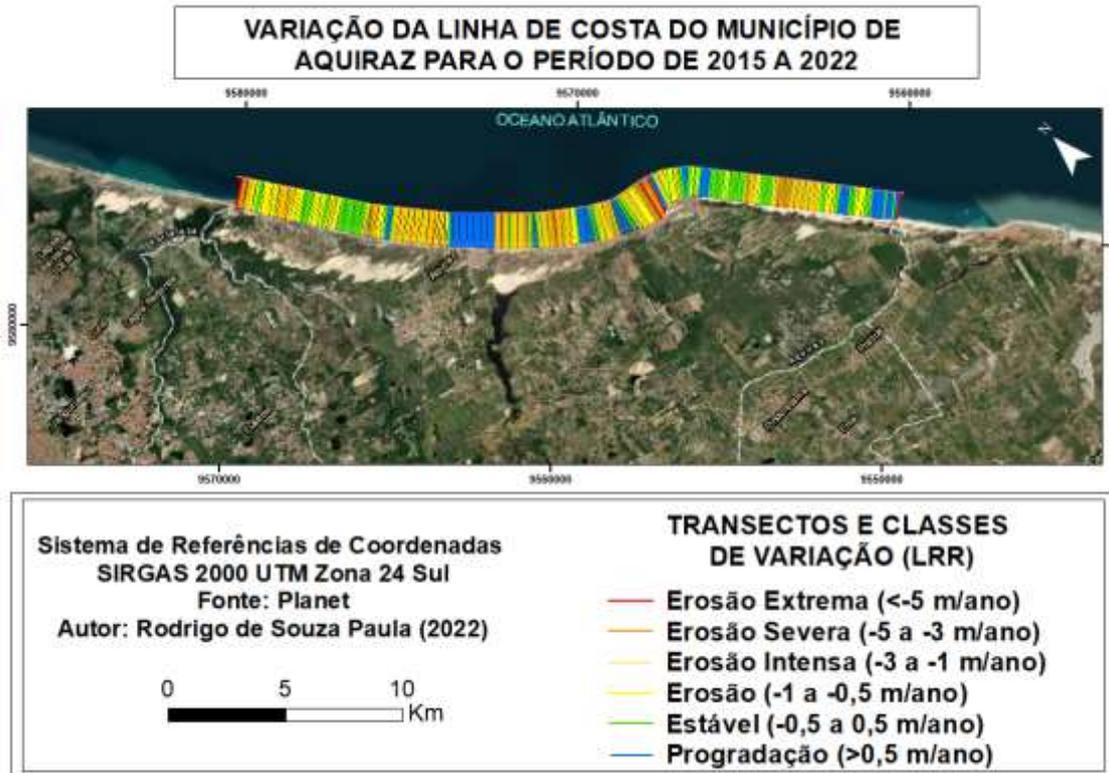
Os níveis de abastecimento sedimentar encontrados foram divididos da seguinte maneira: erosão extrema (< -5 m/ano), erosão severa (-5 a -3 m/ano), erosão intensa (-3 a -1 m/ano), erosão (-1 a -0,5 m/ano), estabilidade (- 0,5m a 0,5 m/ano) e progradação (> 0,5 m/ano).

RESULTADOS

A partir da análise das imagens por meio do software ArcGIS 10.5 e da ferramenta Digital Shoreline Analysis System, uma extensão do ArcGIS, foi possível constatar um déficit significativo no abastecimento sedimentar da costa (Figura 2).

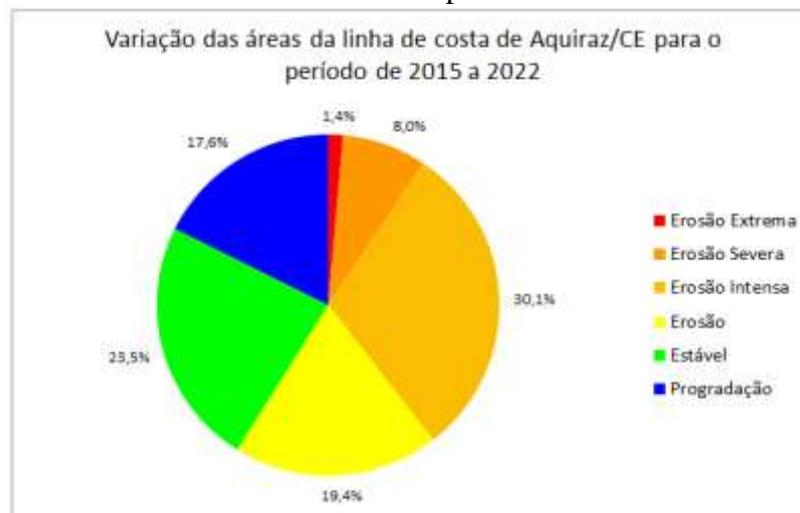
Para o indicador de erosão extrema, o percentual do déficit sedimentar ficou em 1,4 %, com o percentual de erosão severa representando 8%. Já o de erosão intensa ficou bastante elevado quando comparado aos demais, pois o percentual registrado foi de 30,1% para o trecho analisado, sendo o indicador de erosão o segundo maior com 19,4%. Os dois indicadores restantes são o de estabilidade, que apresentou um percentual de 23,5%, enquanto o de progradação registrou 17,6% para o litoral de Aquiraz (Figura 3).

Figura 2: Mapa e classes de variação da linha de costa de Aquiraz (2015 a 2022)



Fonte: Autores (2022).

Figura 3: Percentuais das classes estabelecidas para análise do abastecimento sedimentar.



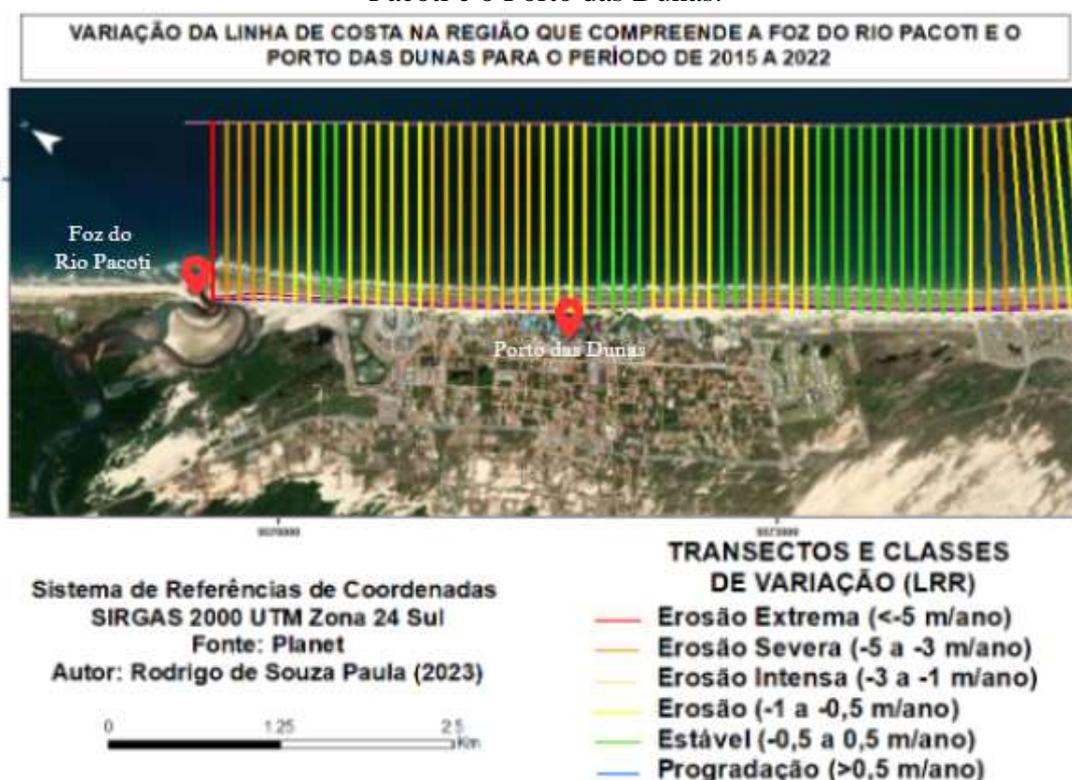
Fonte: Autores (2023).

Os resultados obtidos nesta pesquisa serão apresentados de maneira compartimentalizada, a fim de facilitar a análise e compreensão dos dados alcançados. Com isso, o litoral de Aquiraz foi dividido em alguns trechos, de acordo com as praias presentes no município e a foz do Rio Pacoti.

FOZ DO RIO PACOTI E PORTO DAS DUNAS

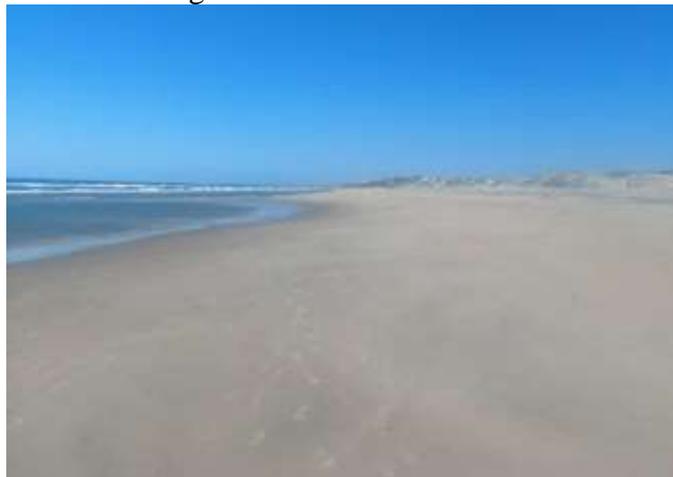
Localizada entre os municípios de Fortaleza e Aquiraz, a Foz do Rio Pacoti apresenta índices erosivos compreendidos nas classes de erosão extrema e erosão severa (Figura 4). O local detém uma quantidade significativa de sedimentos na faixa de praia, assim como dentro e nas margens do estuário (Figura 5), com índices erosivos apontados no mapa devendo estar ligados a diminuição do nível da vazão fluvial provocada pela redução do volume de chuvas no segundo semestre do ano, bastante característico no estado do Ceará, apesar do fluxo contínuo de sedimentos por meio dos fluxos eólicos, de ondas e marés.

Figura 4: Mapa e classes de variação da linha de costa na região que compreende a Foz do Rio Pacoti e o Porto das Dunas.



Fonte: Autores (2022).

Figura 5: Foz do Rio Pacoti.



Fonte: autores (2022).

O DSAS registrou níveis de estabilidade no Porto das Dunas, mas também relatou taxas de decréscimo sedimentar, indo da classe de erosão a de erosão intensa. Nesta região, há muitos sedimentos depositados na faixa de praia (Figura 6), apontando um vasto estoque de sedimentos para o balanço sedimentar, além da ausência de traços que indiquem o avanço do mar sobre esta área.

Figura 6: Praia do Porto das Dunas.



Fonte: autores (2022).

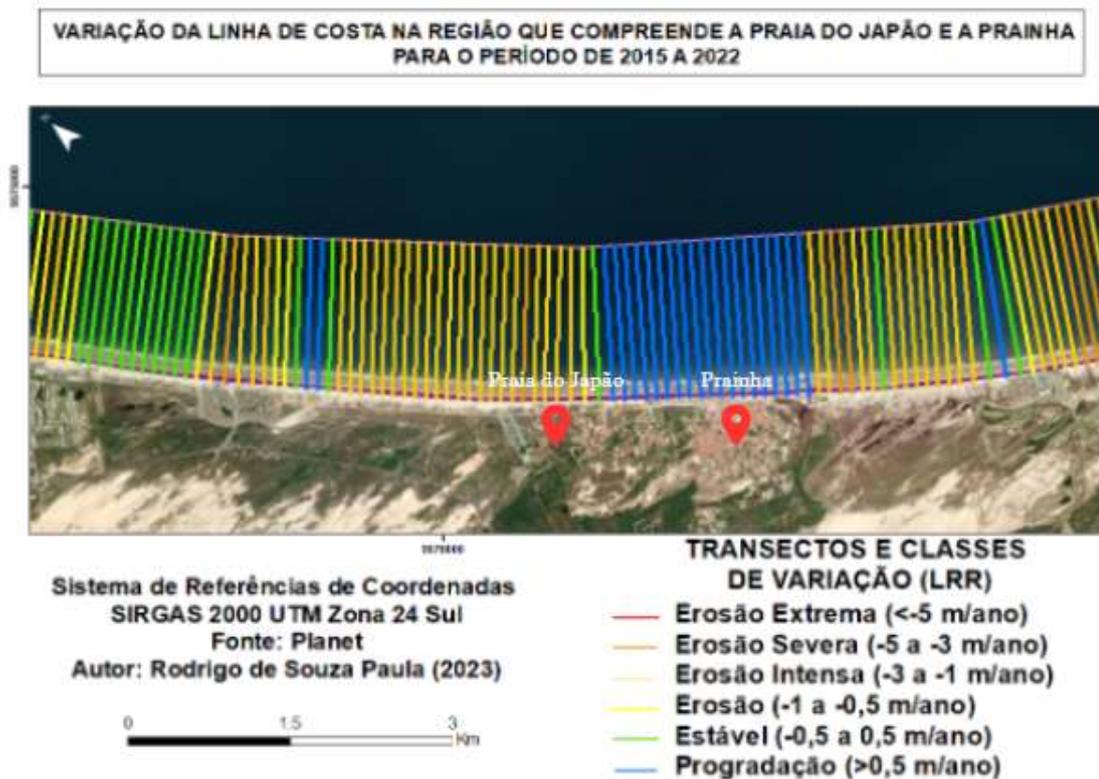
PRAIA DO JAPÃO E PRAINHA

A Praia do Japão apresentou índices de retrogradação em alguns pontos de sua extensão (Figura 7), porém infere-se também que há progradação em outros locais, como visto em trabalho de campo.

Existe uma extensa faixa de areia com vegetação na zona de berma sem nenhuma evidência de avanço proeminente do nível do mar (Figura 8). Há a presença de construções próximas ao mar,

tanto de casa de veraneio como de barracas, mas que parecem não estar afetando o balanço sedimentar de maneira significativa.

Figura 7: Mapa e classes de variação da linha de costa na região que compreende a Praia do Japão e a Prainha.



Fonte: Autores (2022).

O DSAS mostrou a área que compreende a Praia da Prainha, próximo ao Rio Catu, demonstrando alguns índices de retrogradação classificados em erosão e erosão intensa, mas também registrou níveis de estabilidade e avanço da faixa de praia.

Figura 8: Praia do Japão.



Fonte: autores (2022).

A área apresenta construções próximas ao mar, faixa de praia com marcas evidentes de contato do mar com um nível mais alto do ambiente arenoso, provavelmente ocorrendo em marés altas ou em eventos extremos, como em caso de elevada precipitação na área, elevando o fluxo hidrodinâmico e conseqüentemente, fortalecendo a intensidades das ondas e marés (Figura 9).

Figura 9: Prainha.

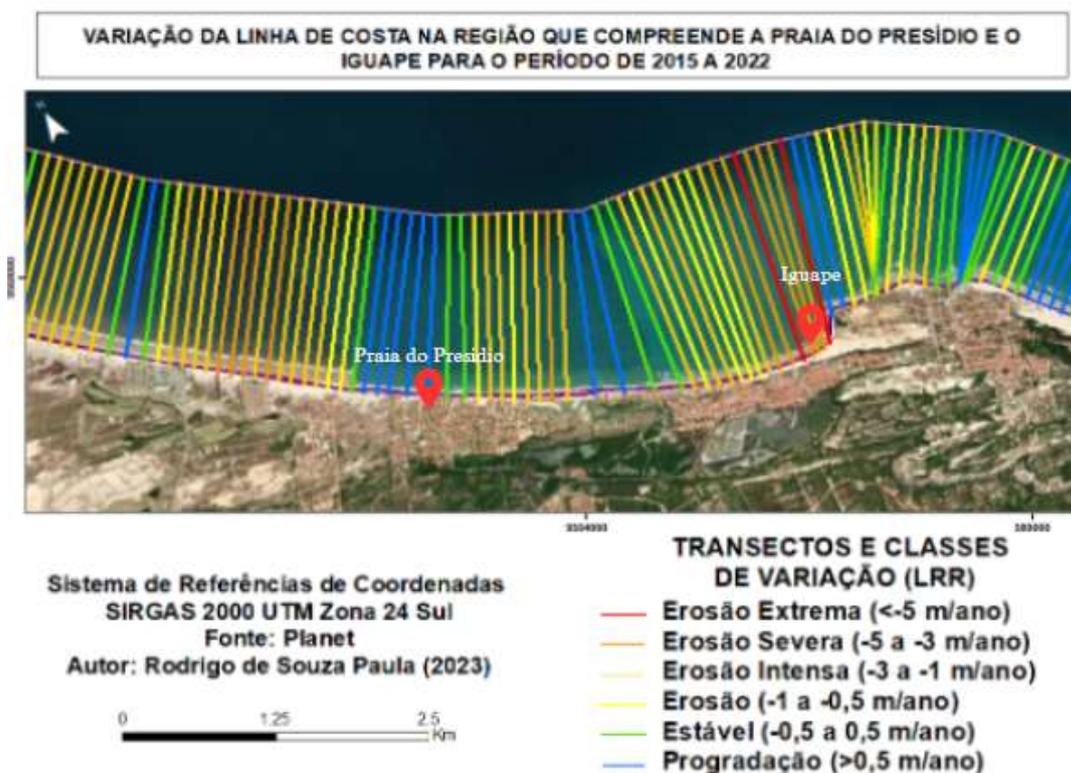


Fonte: autores (2022).

PRAIA DO PRESÍDIO E IGUAPE

A Praia do Presídio, entre a Prainha e o Iguape teve diferentes indicadores, já que apresentou progradação, estabilidade, erosão, erosão intensa e erosão severa para o trecho (Figuras 10 e 11).

Figura 10: Mapa e classes de variação da linha de costa na região que compreende a Praia do Presídio e o Iguape.



Fonte: Autores (2022).

Figura 11: Praia do Presídio.



Fonte: autores (2022).

A Praia do Iguape teve seus índices, assim como a Praia do Presídio, bastante heterogêneos. Isso se traduz em níveis de progradação, estabilidade, erosão, erosão intensa, severa e extrema, segundo o DSAS.

A visita a Praia do Iguape mostrou que ela está sem sinais evidentes de aumento do nível do mar, além da ausência de estruturas improvisadas para proteção de edificações. A Praia do Iguape

conta com a presença de promontório, conhecido como Ponta do Iguape, onde é possível ver muitas rochas quartzíticas na faixa de praia (Figura 12).

Figura 12: Praia do Iguape.



Fonte: Autores (2022).

Essas rochas podem ajudar a conter sedimentos advindos de ondas, marés e ventos, com o próprio promontório servindo de depósito sedimentar para processo de bypass. Entretanto, o promontório está ocupado por dezenas de edificações que impedem uma possível deposição, acumulação e abastecimento da costa por sedimentos.

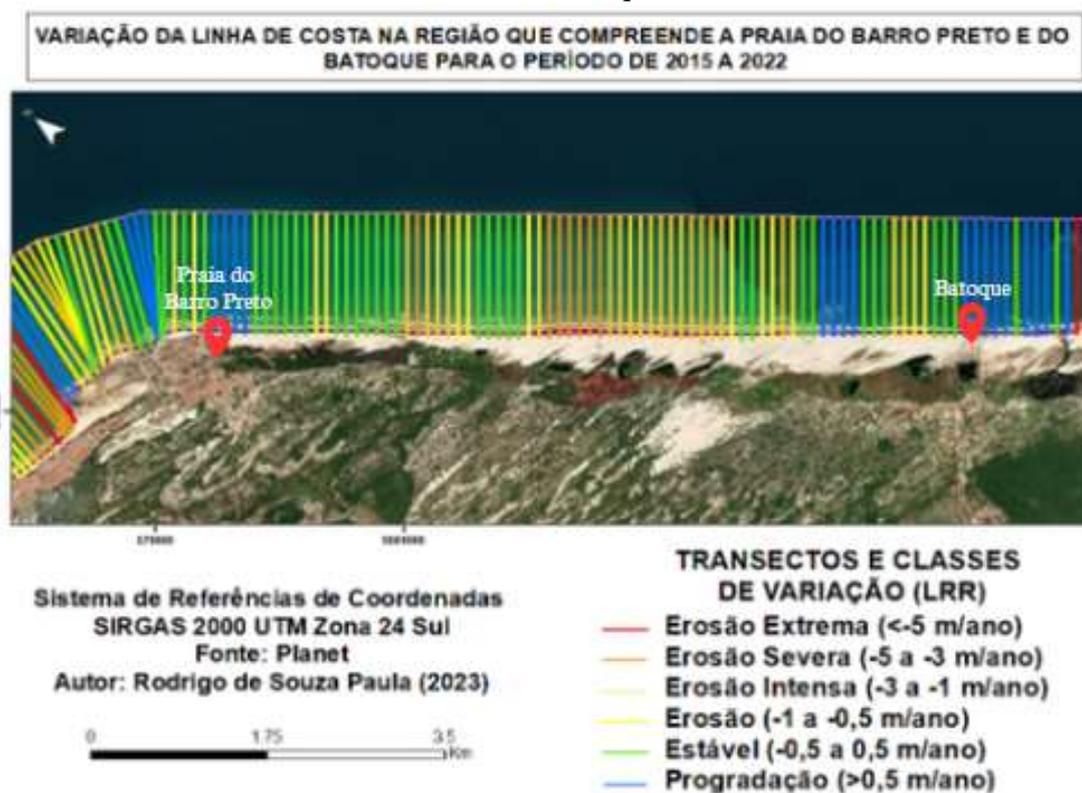
PRAIA DO BARRO PRETO E DO BATOQUE

O resultado obtido a partir da aplicação do DSAS apontou alguns indicadores para a praia do Barro Preto (Figura 13), como progradação, estabilidade, erosão, erosão intensa e erosão severa. Através de visita de campo, constatou-se a presença de várias construções próximas ao mar: barracas, casas, terrenos murados com e sem edificações, sendo todas elas sobre a Ponta do Iguape e nas imediações do promontório (Figura 14).

De acordo com Lemos e Sopchaki (2020), com o crescimento urbano nas zonas costeiras, componentes morfológicos tais como faixa praial, campos de dunas, estuários, lagunas, entre outros, sofrem intensas alterações (barramentos nos cursos fluviais, antropização de dunas frontais etc.), afetando diretamente a carga sedimentar que abastece a praia.

Há um espaço considerável entre a Praia do Barro Preto e a Praia do Batoque sem nenhuma ocupação humana, tendo a presença de uma vasta vegetação sobre campos arenosos que servem de depósito para acumulação e abastecimento sedimentar da costa por fluxo eólico.

Figura 13: Mapa e classes de variação da linha de costa na região que compreende a Praia do Barro Preto e o Batoque.



Fonte: Autores (2022).

Figura 14: Praia do Barro Preto.



Fonte: autores (2022).

A Praia do Batoque apresentou índices de progradação, estabilidade, erosão, erosão intensa e erosão extrema. O indicador de erosão extrema se deu da mesma forma que na Foz do Rio Pacoti, onde a diminuição do nível da vazão fluvial provocada pela redução do volume de chuvas no segundo semestre do ano, bastante característico no estado do Ceará, reduziu o aporte de sedimentos do Riacho Boa Vista.

Existem algumas construções na faixa de praia, acarretando interferência na dinâmica dos fluxos de sedimentos, mas que aparentemente não está causando uma perda significativa dos mesmos, pois há uma boa quantidade de sedimentos presente no local.

As ondas e marés não estão ocasionando recuo da faixa praial no Batoque, porque há aporte regular de sedimentos nesta área pela deriva litorânea (Figura 15), fluxo hidrodinâmico e fluxo eólico de SE e NE.

Figura 15: Praia do Batoque.



Fonte: Autores (2022).

DISCUSSÕES

O Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2016) aponta que o Brasil não possui um estudo integrado da vulnerabilidade das cidades costeiras frente aos impactos decorrentes das mudanças climáticas em escala nacional, particularmente em relação à elevação do nível relativo do mar.

Ainda consoante ao Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2016), os dados disponíveis no Brasil são ainda insuficientes para a construção de cenários de impactos nas zonas costeiras decorrentes das mudanças climáticas. Estudos regionais têm sido desenvolvidos, porém, as metodologias e objetivos são variados, não permitindo uma comparação uniforme entre os estudos executados ou uma análise integrada a nível regional ou nacional.

A partir do que foi apresentado até este momento, fica claro a necessidade de iniciativas para tratar de questões ambientais ligadas à elevação do nível do mar, grandes tempestades, ondas gigantes, altas variações das marés, erosão das praias etc.

Pensando nisso, o governo brasileiro resolveu lançar o Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa (Procosta). O programa tem o objetivo de promover o planejamento

a longo prazo com ações que aperfeiçoem o gerenciamento costeiro no Brasil, ordenando a ocupação humana e adequando os vários usos da região à mudança do clima (Ministério do Meio Ambiente, 2018).

O Procosta possui quatro projetos dentro de si, sendo eles o Alt-Bat, projeção de linhas de costa futuras e identificação de perigos, o projeto riscos costeiros e estratégias de adaptação, e o monitoramento e gestão para a conservação da linha de costa.

O projeto Alt-Bat busca compatibilizar os níveis de referência para descrição e representação do relevo terrestre e submarino, por meio do processo de altimetria e batimetria, respectivamente, em toda a zona costeira marinha. Isso possibilitará a definição exata da linha de costa atual do território brasileiro, o que contribuirá para o sucesso das futuras ações do programa (Ministério do Meio Ambiente, 2018).

O segundo projeto (Projeção de Linhas de Costa Futuras e Identificação de Perigos) tem o objetivo de fazer projeções, através de softwares de modelagem, sobre as variações previstas para a linha de costa brasileira, considerando cenários futuros para os intervalos temporais de 5, 10, 25, 50 e 100 anos (Ministério do Meio Ambiente, 2018).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2018), o projeto Riscos Costeiros e Estratégias de Adaptação pretende, a partir da linha de costa atual do país, da projeção dos cenários futuros e do mapeamento dos perigos, realizar a avaliação dos riscos potenciais para a zona costeira, considerando os aspectos socioambientais e econômicos.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2018), o quarto e último projeto (Monitoramento e Gestão para a Conservação da Linha de Costa) busca estabelecer diagnóstico, monitoramento e gestão contínuos da linha de costa, por meio de informações precisas, objetivando fomentar o estabelecimento de uma cultura de risco, ainda inexistente no Brasil.

Na área de estudo, algumas das praias apresentadas estão inseridas no levantamento sobre os pontos erosivos da costa cearense, como a Praia da Prainha, do Presídio e do Iguape (LEITE; 2022). De acordo com a reportagem, a Prainha teve casas e barracas atingidas pelo avanço do mar na segunda metade de 2018, mas segue sendo considerada com situação menos grave. Uma faixa de areia transportada por correntes eólicas ajuda na reposição de sedimentos para o mar. Semelhante à situação apresentada na Praia do Iguape, a Praia do Presídio exhibe um quadro semelhante, com imóveis afetados e a faixa de praia reduzida seguidamente pelo avanço do mar nos últimos anos (LEITE; 2022).

A Praia do Iguape também está em situação complicada, já que é avaliada como uma das praias com quadro mais grave de erosão costeira no Ceará. Duas grandes marés altas ocorridas em 2007 e em 2014, engoliram quase duas dezenas de barracas e a avenida litorânea que existia ali,

além de alcançar muros e estruturas de residências de veraneio mais próximas da área de arrebentação. Quase 300 metros adiante e o mar já alcança novos imóveis no local (LEITE, 2022).

Nesse sentido, Barros et. al (2018), em pesquisa realizada no litoral leste do Ceará, afirmam que há ocupações irregulares fora do limite estabelecido pelo Projeto Orla, as quais estão expostas aos riscos associados ao avanço da erosão costeira. Os autores afirmam que “a ausência da aplicação dos Planos de Gerenciamento Integrado que instituem as diretrizes do Projeto Orla, relacionado ainda a inexistência de fiscalização e revisão dos planos já vigentes, contribuem para expansão de assentamentos urbanos irregulares que ignoram os limites legais”.

Marino e Freire (2013) analisaram a evolução da linha de costa, para o período de 1972 a 2010, entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas. Para esta, os autores já demonstravam predomínio de erosão, o que coaduna com os resultados alcançados por esta pesquisa, o que evidencia a continuidade do processo erosivo em algumas áreas desta praia, posto que esta pesquisa investigou um período posterior, de 2015 a 2022.

A Praia do Iguape foi objeto de estudo de Moura de Abreu e Abreu Neto (2013) para o período de 2004 a 2012. Os autores identificaram diminuição da faixa praial, destruição de estabelecimentos localizados na faixa praial e apontaram um recuo de média de -0,76 m/ano, acarretando no recuo de 6,08 m para o período analisado. Portanto, a partir dos resultados alcançados por esta pesquisa, infere-se que, em linhas gerais, que na Praia do Iguape há também uma continuidade de processos erosivos em alguns pontos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os objetivos alcançados por esta pesquisa, inferiu-se que o litoral do município de Aquiraz, entre os anos de 2015 e 2022, registrou um percentual de 58,9 % de retrogradação, distribuído da seguinte forma: o percentual do déficit sedimentar para erosão extrema ficou em 1,4 %, o percentual de erosão severa alcançou 8%, o percentual de erosão intensa registrou 30,1% para a área analisada e o indicador de erosão foi o segundo mais alto, com 19,4%. Os outros dois indicadores são o de estabilidade, que apresentou um percentual de 23,5%, com o de progradação marcando 17,6% para o litoral de Aquiraz.

O aumento das temperaturas e conseqüente subida do nível dos oceanos, valorização e exploração imobiliária da orla marítima e, déficit sedimentar, poderão causar episódios de avanço expressivo das águas oceânicas sobre os continentes.

Isso pode vir a enfraquecer as estruturas naturais de proteção da zona costeira, a exemplo das flechas de areia, zona de berma, plataforma de abrasão e dunas que beiram a faixa de praia.

Ademais, a construção de casas de veraneio e de equipamentos turísticos em dunas, falésias e zonas de berma está causando alteração no balanço sedimentar ao longo de extensos trechos da costa, uma vez que esses ambientes propiciam aporte regular de sedimentos para a faixa praial.

O litoral de Aquiraz detêm verdadeiras mansões em sua faixa de praia, como nas praias do Porto das Dunas, Prainha e do Presídio. Essas praias tiveram alguns setores de berma e dunas reguladoras do aporte de sedimentos para a faixa de praia ocupados por empreendimentos e imóveis das mais diversas naturezas.

A realização de trabalho de campo possibilitou a observação do avanço expressivo das águas oceânicas sobre o continente, uma vez que a Praia do Presídio apresenta sinais evidentes de problemas erosivos, com vários blocos de rochas na parte da frente de residências e edificações abandonadas que estão danificadas pela ação das ondas e marés.

Estas edificações representam importantes indicadores de déficit de sedimentar para o sistema praial a médio e longo prazo, com elevada probabilidade de aumento das taxas de erosão para essa parte do litoral cearense.

Outrossim, os próprios processos naturais, considerados aqueles que ações antrópicas não influenciam de maneira significativa, como o comportamento climático da área, fisiografia da costa, transporte natural de sedimentos por ação eólica, marinha ou fluvial, ação dos ventos, ondas e marés, entre outros possuem relação direta com acreções encontradas em grande parte da área analisada.

Logo, a utilização de técnicas de geoprocessamento em estudos geomorfológicos se revela eficiente a respeito da análise litorânea, com ênfase nas análises multitemporais, que provém informações acerca do ambiente em um cenário geográfico, além de propiciar o entendimento da evolução dos espaços costeiros.

A ferramenta DSAS expôs os níveis de erosão da área, tendo alguns pontos do trecho estando em constante diminuição de sedimentos, o que eleva o estado de alerta a respeito desses locais. Além disso, também existem áreas em que há progradação contínua.

Dessa maneira, pesquisas a respeito da evolução de linha de costas devem estar presentes em planejamentos de ordem urbana para amparar os gestores no momento das tomadas de decisões no que tange ao uso e ocupação dos solos nos espaços litorâneos, haja vista que isso irá ajudar a manter os elementos ambientais responsáveis pelo suprimento sedimentar do litoral, barrando adversidades ligadas a carência de sedimentos.

REFERÊNCIAS

BARROS, E. L.; GUERRA, R. G. P.; PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O. Erosão costeira no litoral leste do Ceará: tendência natural e reflexos dos impactos antropogênicos. In: **Anais do XII Simpósio Nacional de Geomorfologia**, 2018. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/2/2-237-2150.html>. Acesso em: 21 dez. 2023.

CROWELL, M.; LEATHERMAN, S. P; BUCKLEY, M. K. Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. **Journal of Coastal Research**, Flórida, v. 7, n. 3, p. 839-852, 1991.

CUNHA, G. B; PEREIRA, A. Q. Vilegiatura Marítima e os Municípios Litorâneos da Região Metropolitana de Fortaleza: o Caso de Aquiraz, Caucaia, São Gonçalo e Cascavel. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 6, número especial (3), p. 417 - 426, Fevereiro. 2016.

ESTEVES, L. S.; FINKL, C. W. The problem of critically eroded areas (CEA): An evaluation of Florida beaches. **Journal of Coastal Research**, [s.l.] 26, 11–18, 1998.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014: synthesis report**. Geneva, Switzerland, 2014.

LEITE, C. Avanço do mar: a creche de Icapuí levada pelo mar. **Jornal O Povo**, Fortaleza, 06 out 2022. Disponível em <https://mais.opovo.com.br/reportagens-especiais/mudancas-climaticas-ceara/2022/10/06/avanco-do-mar-a-creche-de-icapui-levada-pelo-mar.html#:~:text=Em%20Icapu%C3%AD%2C%20o%20mar%20manso,consegue%20enganar%20os%20mais%20atentos>. Acesso em 19 jan. de 2023.

LEMOS, A. L. B.; SOPCHAKI, C. H. Contribuição da Ferramenta Digital Shoreline Analysis System nos Estudos de Dinâmica Costeira no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Equador**, Piauí, v. 9, n. 3, p. 61-81, 2020.

LEMOS, A. L. B. **Análise da Variação de Linha de Costa do Município de Caucaia-CE para o Período de 2004-2019**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geografia, Fortaleza, 2021.

LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; BAART, Fedor; DONCHYTS, Gennadii; AARNINKHOF, Stefan. The State of the World's Beaches. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 1, n. 8, p. 1-11, 2018.

MARINO, M. T. R. D.; FREIRE, G. S. S. 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**, v. 13, n. 1, p. 113-129, 2013.

MEIRELES, A. J. A. **Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais**. Fortaleza: Edições UFC, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/noticia-acom-2018-03-2912>. Acesso em 23 mar. de 2023.

MOURA DE ABREU, M. R.; ABREU NETO, J. C. de. Evolução da Linha de Costa da Praia do Iguape, Aquiraz, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 1, p. 044–053, 2013.

PEREIRA, A. Q. **Veraneio Marítimo e Expansão Metropolitana no Ceará: Fortaleza em Aquiraz**. 2006. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

PLANET. **Norway's International Climate and Forests Initiative Satellite Data Program**. Disponível em: <https://www.planet.com/nicfi/>. Acesso em 14 abr. de 2022.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 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.

SOUZA, W. F. **Sensoriamento Remoto e SIG Aplicados à Análise da Evolução Espaço Temporal da Linha de Costa do Município de Icapuí, Ceará - Brasil**. 2016. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.