



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE BACHARELADO EM GEOGRAFIA

RODRIGO DE SOUZA PAULA

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA DO
MUNICÍPIO DE AQUIRAZ-CE**

FORTALEZA

2023

RODRIGO DE SOUZA PAULA

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA DO
MUNICÍPIO DE AQUIRAZ-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Professor Doutor Carlos Henrique Sopchaki.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P349a Paula, Rodrigo de Souza.
Análise espaço-temporal da variação da linha de costa do Município de Aquiraz-CE / Rodrigo de Souza
Paula. – 2023.
37 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Geografia, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Henrique Sopchaki.

1. Erosão Costeira. 2. Geoprocessamento. 3. Sensoriamento Remoto. I. Título.

CDD 910

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 em 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. Com isso, a 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, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 e 2022. Após esta etapa, as imagens foram levadas para tratamento no *software* ArcGIS 10.5 e, posteriormente, 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 apenas 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 está em algum estágio de erosão, o que indica um percentual relativamente pequeno de progradação ao longo da costa de Aquiraz. Logo, tais resultados devem servir de base para planejamentos futuros da gestão costeira, uma vez que os dados mostram qual a situação do nível de erosão dos espaços dentro da área abarcada pela pesquisa.

Palavras-chave: Erosão Costeira. Geoprocessamento. Sensoriamento Remoto.

SUMÁRIO

| | |
|----------------------------------------------|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 5 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 8 |
| 2.1. Zona costeira cearense e seus atributos | 8 |
| 2.2. Geologia da área de estudo | 10 |
| 2.3. Geomorfologia da área de estudo | 12 |
| 2.4. Dinâmica litorânea e linha de costa | 14 |
| 2.5. Sensoriamento remoto | 15 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS | 16 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 19 |
| 4.1. Foz do Rio Pacoti e Porto das Dunas | 21 |
| 4.2. Praia do Japão e Prainha | 24 |
| 4.3. Praia do Presídio e Iguape | 27 |
| 4.4. Praia do Barro Preto e do Batoque | 30 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 35 |
| 6. REFERÊNCIAS | 36 |

1. INTRODUÇÃO

Christofoletti (1980) e Guerra (1993) conceituam a Geomorfologia como a ciência que estuda as formas do relevo, considerando sua origem, estrutura, natureza das rochas, clima e as diferentes forças endógenas e exógenas que atuam como modeladoras das morfoestruturas. As morfologias representam o modelado do terreno de uma superfície, compondo as diferentes configurações da paisagem geomorfológica, tendo o seu aspecto visível e a sua configuração como elementos característicos da topografia de uma área.

A Planície Costeira, forma de relevo característica de ambiente praial, 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).

Marino e Freire (2013) alegam que pela perspectiva estrutural, dentre as várias tipologias morfológicas presentes em áreas litorâneas, as que foram formadas nas épocas do pleistoceno e holoceno, são as mais sensíveis e dinâmicas. Essas feições são compreendidas por planícies costeiras e seus subambientes: lagoas costeiras, lagunas, estuários, planícies fluviomarinhas, praias, dentre outros.

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 (ABREU e NETO, 2013; IPCC, 2014).

Erosão Costeira é o processo em que ocorre a remoção, em maior quantidade que o considerado “habitual” para o sistema oceano-continente, dos sedimentos praias pela ação das ondas, correntes de marés, correntes da deriva litorânea e correntes eólicas (SUGUIO, 1973 apud ABREU e NETO, 2013).

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.

O processo é acelerado quando ocorre um déficit de fornecimento dos sedimentos em relação à taxa de remoção, sendo bastante evidenciado por meio da interferência humana, a exemplo de urbanização acelerada e sem ordenamento, instalação de indústrias, represamento de rios, construção de espigões e turismo não sustentável (SUGUIO, 1973 apud ABREU e NETO, 2013).

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.

O desenvolvimento e a importância das zonas costeiras são evidentes por sua ocupação, visto que 1,2 bilhões de pessoas habitam os 100 quilômetros iniciais da planície costeira, começando na linha de costa e adentrando no continente. Cotas altimétricas menores que os 100 metros, possuem uma concentração populacional três vezes maior que a média global, aproximadamente (SMALL; NICHOLLS, 2003 apud MARINO; FREIRE, 2013).

Logo, as zonas costeiras se evidenciam, como ambientes altamente frágeis ao uso e ocupação antrópico, tornando-as prioridade em serviços estratégicos de conservação ou até mesmo de preservação. Isso deve ser feito de modo a, considerar a variabilidade natural e capacidade de suporte dos seus sistemas ambientais (MUEHE, 2013 apud SOUZA Et al., 2014).

De acordo com Moraes (2007) apud Souza Et al., (2014), o território brasileiro tem seus principais núcleos urbanos localizados em regiões litorâneas, desde o começo do povoamento destas terras.

O Brasil possui um percentual de aproximadamente 25% dos habitantes residindo em cidades pertencentes à zona costeira, enquanto no Nordeste a quantidade de habitantes chega a ser de

37,8% da população, alcançando 50,8% no estado do Ceará (IBGE, 2015 apud SOUZA Et al., 2016).

O estado do Ceará possui um litoral bastante extenso, uma vez que são 573 km de costa e, segundo o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC II), o estado tem 30 municípios inseridos na zona litorânea, local de interface entre o continente e o mar.

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 litoral 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).

O município de Aquiraz foi criado no ano de 1699 e está localizado na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), mais precisamente na porção nordeste do estado cearense, com a capital alencarina sendo separada de Aquiraz pelo Rio Pacoti. Sua toponímia é derivada de uma palavra originária do tupi, que significa Gentio da Terra (IPECE, 2010 apud MOURA, 2012).

O município, ao norte, encontra-se circundado pelo Oceano Atlântico, bem como pelos municípios de Fortaleza e Eusébio; ao sul pelos municípios de Horizonte, Pindoretama e Cascavel; a oeste com os municípios de Eusébio, Itaitinga e Horizonte; e a leste com o Oceano Atlântico. O município pode ser acessado pela CE-025 ou por meio da CE-040, à chamada “Rota do Sol Nascente” (IPECE, 2010 apud MOURA, 2012).

A área de estudo (figura 1) compreende todo o litoral do município de Aquiraz, RMF, com o município possuindo 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: Mapa de localização da área de análise. Fonte: Elaboração própria.

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 USGS, para verificar qual o estado em que o referido litoral se encontra.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ZONA COSTEIRA CEARENSE E SEUS ATRIBUTOS

Os tabuleiros pré-litorâneos representam a faixa de transição entre o domínio das terras altas e da planície costeira, moldados nos sedimentos mio-pleistocênicos da Formação Barreiras. Sua organização se dá ao longo da linha de costa estando situados na retaguarda da frente marinha, sendo interrompidos pelos estuários dos rios que atingem o litoral. A forma de relevo dos

tabuleiros é tabular, com dissecações por riachos litorâneos de vales alongados e fundo chato. Eles penetram cerca de 40 km no interior do continente e tem altitude média de 30 a 50 metros, eventualmente ultrapassando 80 metros. Muitas vezes, chegam ao litoral, constituindo falésias vivas ou mortas (SOUZA, 1988 apud BEZERRA; MAIA, 2012).

Meireles (2014) afirma que o perfil perpendicular à faixa costeira, tendo como início a zona de praia e finalizando no interior do continente, pode ser considerado através da caracterização das seguintes morfologias:

Plataforma continental (à retaguarda da zona de surf); faixa de praia (limite com a zona de offshore, incluindo a zona de surf, estirâncio, face de praia, esporões arenosos, cristas e cavas longitudinais, bancos de areia intermarés e zona de berma); campo de dunas fixas e móveis (zona de domínio das dunas móveis sobre tabuleiros pré-litorâneos); terraços marinhos, falésias vivas e mortas, estuários (limite interno definido pela associação vegetal e níveis de salinidade controlado pela maré), planícies de marés, manguezais e apicuns (limite da influência marinha estuário adentro), lagoas, lagoas costeiras (MEIRELES, 2014, p. 76-77).

Muehe (2020) apresenta um esquema com as terminologias do sistema praial, que vai desde a antepraia inferior e superior (*upper e lower shoreface*) até as dunas frontais (*foredunes*), conforme pode ser observado na figura 2.

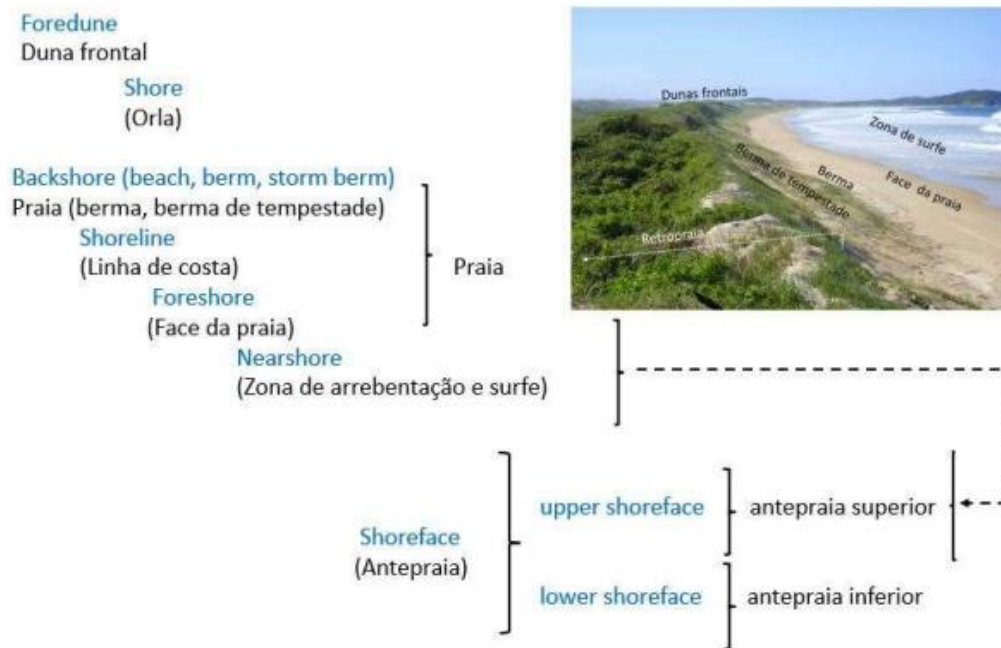


Figura 2: Terminologias do sistema praial em língua inglesa e portuguesa.

Fonte: Muehe (2020).

A zona costeira cearense é dotada de baixa altitude, areias quartzosas finas a grosseiras, clima tropical úmido com estação seca bem definida (semiárido no sertão e úmido e subúmido nos enclaves), ventos alíseos de SE e NE e rios de fluxo exorréico e de regime intermitente (SALES e PEULVAST in SILVA Et al., 2006).

2.2. GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

A geologia do município de Aquiraz (figura 3) é composta pelo Grupo Barreiras, Depósitos Aluvionares e Litorâneos, e Formação Independência (CPRM, 2020).

Bezerra Et al., (2006) classificam o Grupo Barreiras como um depósito sedimentar datado da era cenozóica, do período terciário para o quaternário nas épocas do mioceno ao plioceno-pleistoceno. Este grupo geológico se estende por quase toda a costa brasileira, indo do estado do Amapá ao Rio de Janeiro.

O Serviço Geológico do Brasil (SGB) por meio da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) - 2021, explica que o Grupo Barreiras é, de maneira geral, composto por arenitos argilosos de granulação fina a média nas cores amarela, bege e vermelha, com matriz argilo-caulinítica e cimento argiloso, ferruginosos e, às vezes, silicoso.

Os Depósitos Aluvionares são datados da era cenozóica, período do quaternário, mais precisamente na época do pleistoceno, e se caracterizam por sedimentos inconsolidados constituídos por seixos, areias de granulometria fina a grossa, material silto-argiloso e argilas orgânicas. Esses depósitos estão associados aos leitos de rios e riachos (MARINO Et al., 2012; CPRM, 2021).

Os Depósitos Litorâneos são oriundos da era cenozóica, período do quaternário, mais exatamente na época do plioceno, e se configuram por apresentarem areias quartzosas de granulação fina a média, bem selecionadas e com grãos arredondados (MARINO Et al., 2012; CPRM, 2021).

A Formação Independência é uma unidade neoproterozóica do período criogeniano originária do Grupo Ceará. Este grupo foi classificado inicialmente como Série Ceará, apresentando uma sequência de xistos, quartzitos e mármore, como visto em Crandall (1910) e CPRM (2021).

A Série Ceará passou a se chamar Grupo Ceará no Mapa Geológico do ano de 1971, publicado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), atual Agência Nacional Mineração (ANM).

O trabalho de Arthaud (2007) voltou a chamar essa unidade neoproterozóica de Grupo Ceará, uma vez que Cavalcante Et al., (2003) referiu-se a esta geologia como Complexo Ceará anos antes, e apresentou uma hierarquização com subdivisões para o Grupo Ceará, onde tal grupo passou a contar com as seguintes formações: Arneiroz, Independência e Itataia (CPRM, 2021).

O mapa abaixo traz a representação da geomorfologia da área, porém as cores adotadas nele não foram em conformidade com o manual técnico de geologia do IBGE, uma vez que as cores presentes no manual estavam de difícil visualização.

Assim, as cores empregadas no produto cartográfico a seguir foram extraídas da classificação internacional de 2018, pois são de fácil identificação visual e não trariam riscos no preenchimento das camadas com cores diferentes.

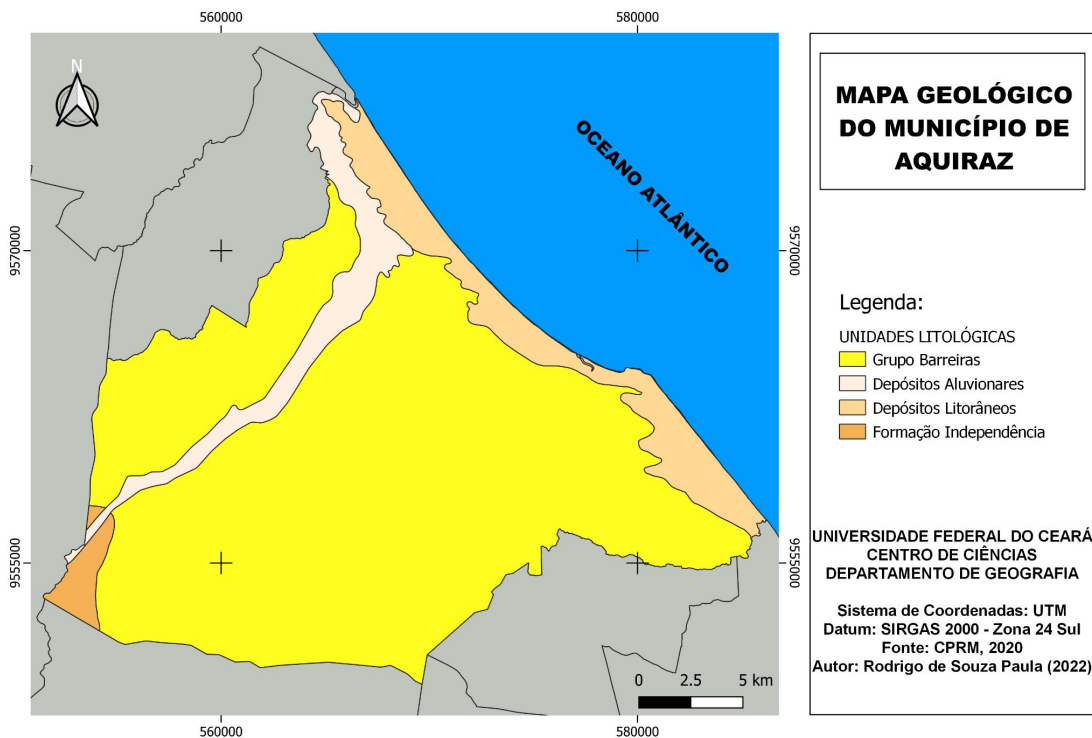


Figura 3: Mapa geológico de Aquiraz-CE. Elaboração própria.

2.3. GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

Com relação à geomorfologia (figura 4), apresentam-se as seguintes compartimentações do relevo: Corpo Hídrico, Depressão, Planície e Tabuleiro (IBGE, 2019).

Os corpos hídricos são locais em que há água depositada sobre alguma superfície e que, neste município, se apresenta distribuído por algumas áreas do mesmo, seja em volumes maiores ou menores.

O CPRM (2014) classifica a Depressão Sertaneja como uma vasta depressão interplanáltica, circundada a oeste pela Chapada da Ibiapaba, a sul pela Chapada do Araripe e a leste pela Chapada do Apodi e pelo Maciço Residual do Pereiro.

As condições de denudação e esculturação das morfologias presentes no clima semiárido cearense ao longo do Cenozóico, apresentam um modelo de evolução do relevo onde se sobressaem os processos de recuo lateral de vertentes, caracterizadas pela presença de

escarpas erosivas e elaboração de pedimentos detríticos e pediplanos, além formas compostas por rochas mais resistentes a ação de intemperismo e erosão, como os inselbergs de Quixadá, no sertão central do Ceará (CPRM, 2014).

A Planície Costeira é uma estreita, mas extensa formação geomorfológica presente no litoral cearense. Este relevo possui um diversificado conjunto de padrões de relevo deposicionais de origem eólica, fluvial e marinha (CPRM, 2014).

Ainda segundo a CPRM (2014), dentre as formações presentes na Planície Litorânea, destacam-se os campos de dunas, as planícies fluviomarinhas na forma de mangues na foz dos principais rios do estado.

Os tabuleiros do Grupo Barreiras são formas de relevo tabulares, com extensos topos planos, esculpidas em rochas sedimentares, em geral pouco litificadas, com predomínio de processos de pedogênese e formação de solos espessos e bem drenados, possuindo baixa suscetibilidade à erosão nas áreas de topo e moderada a forte nas vertentes (CPRM, 2014).

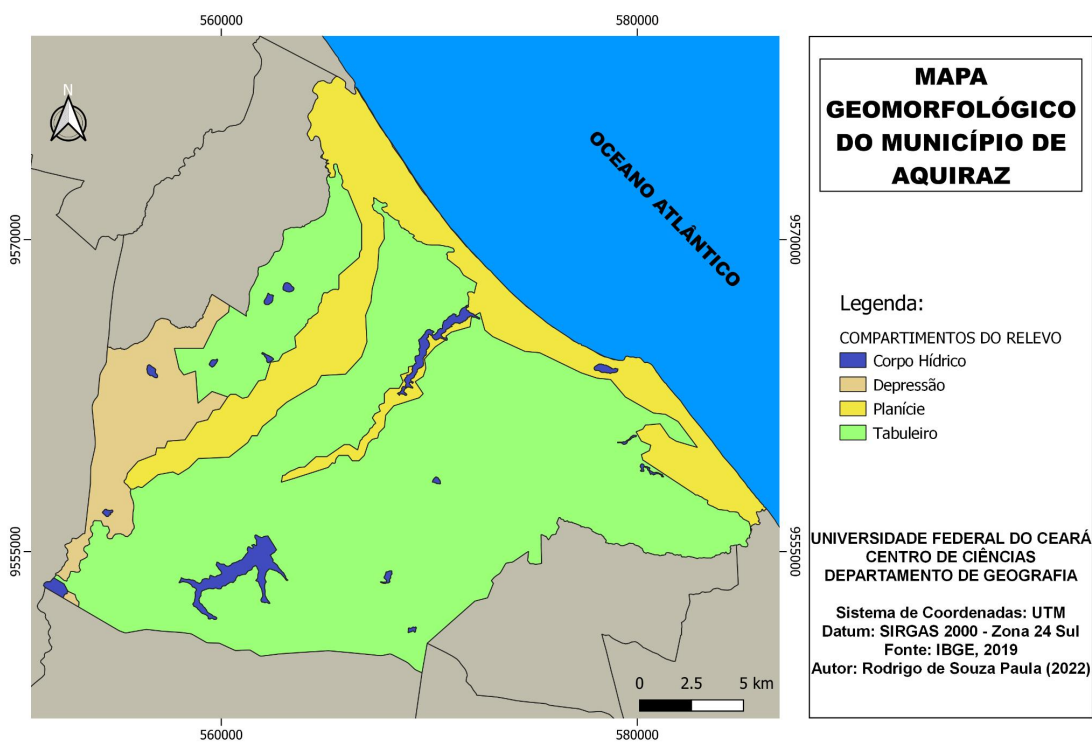


Figura 4: Mapa geomorfológico de Aquiraz. Fonte: Elaboração própria.

2.4. DINÂMICA LITORÂNEA E LINHA DE COSTA DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo Maia (1998) apud Sales e Peulvast in Silva Et al., (2006), os principais vetores de transporte de sedimentos na zona litorânea imersa são as ondas e as correntes litorâneas. As ondas são predominantemente do tipo *sea*, caracterizando-se por apresentarem uma altura média da ordem de 1,10 metros e um período médio de 5 à 6 segundos.

A configuração atual do litoral de Aquiraz ocorreu pela presença e influência de importantes agentes modeladores, como o fluxo eólico, a hidrodinâmica dos canais de maré e lagunas, e a deriva litorânea (MEIRELES, 1999 apud OLIVEIRA e MEIRELES, 2010).

Oliveira e Meireles (2010) explicam que esses agentes, atuando de forma integrada e relacionada com as variações climáticas e do nível relativo do mar, durante o período do Quaternário, originaram os processos sedimentares que propiciaram a formação dos campos de dunas e uma faixa praial integrada com seus demais componentes morfológicos (canais de maré, lagoas costeiras, manguezais e terraços marinhos).

A linha de costa apresenta uma direção preferencial SE-NW, em que os ventos alísios de sudeste atuam com maior importância, originando ondas maiores que em grande parte são responsáveis pela construção e evolução do perfil de praia. Os ventos de nordeste, de menor intensidade, atuam preponderantemente nos processos sedimentares relacionados com a deriva litorânea (OLIVEIRA e MEIRELES, 2010).

2.5. SENSORIAMENTO REMOTO

Florenzano (2011) explica que a energia emitida ou refletida pela superfície terrestre é captada por componentes eletrônicos denominados de sensores, onde são acoplados em satélites artificiais para registrarem e transmitirem as informações adquiridas para estações em terra, equipadas com antenas parabólicas de grande porte.

Depois dos dados serem enviados e posteriormente captados em terra, há a conversão dessas informações sob a forma de imagens, gráficos e tabelas. A partir disso, as informações podem ser interpretadas e em seguida utilizadas para os mais diversos fins (FLORENZANO, 2011).

Segundo Florenzano (2011), as imagens obtidas por sensores remotos são interpretadas de acordo com uma série de elementos, sendo eles compostos pelo tamanho, forma, sombra, altura, localização, contexto, tonalidade (cor), textura (rugosidade) e padrão (distribuição espacial dos objetos imageados).

Durante o processo de interpretação e análise de imagens digitais, há uma relação intrínseca entre a resolução da imagem e a escala de visualização da mesma. Por isso, quando houver a realização de tal processo, deve-se visualizar a imagem no modo de resolução plena, onde cada ponto na imagem corresponda a um pixel (elemento com nítida resolução) na tela de visualização (FLORENZANO, 2008).

Trabalhos de monitoramento litorâneo contam com a disponibilidade de imagens de sensores remotos de diferentes anos, pois permitem uma análise multitemporal que facilita a compreensão da evolução histórica desses ambientes (TREBOSEN Et al., 2005; CHU Et al., 2006 apud FARIAS; MAIA, 2010).

Um dos métodos empregados para analisar ambientes costeiros é o geoprocessamento, que consiste em técnicas de coleta, armazenamento, manipulação e interpretação de informações para análises em *softwares*. Esses sistemas operacionais devem estar conectados aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para conseguirem operar com dados georreferenciados (LE MOS; SOPCHAKI, 2020).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

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).

| ANO | SATÉLITE | RESOLUÇÃO ESPACIAL | FONTE |
|-----|----------|-----------------------|-------|
|-----|----------|-----------------------|-------|

| | | | |
|------|------|-------------|---------------|
| 2015 | Dove | 4,77 metros | NICFI Program |
| 2016 | Dove | 4,77 metros | NICFI Program |
| 2017 | Dove | 4,77 metros | NICFI Program |
| 2018 | Dove | 4,77 metros | NICFI Program |
| 2019 | Dove | 4,77 metros | NICFI Program |
| 2020 | Dove | 4,77 metros | NICFI Program |
| 2021 | Dove | 4,77 metros | NICFI Program |
| 2022 | Dove | 4,77 metros | NICFI Program |

Quadro 1: Relação de imagens utilizadas para o estudo. Fonte: elaboração própria.

A delimitação da linha de costa é um passo fundamental na análise de avanço ou recuo do mar pela variação da linha de costa. 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 temporal.

A partir deste conceito, as linhas de costa foram vetorizadas manualmente para os anos de 2015 até 2022 a fim de que, posteriormente, os transectos pudessem ser calculados pela ferramenta DSAS.

O funcionamento do DSAS pode ser compreendido a partir de Himmelstoss Et al., (2018). Segundo os autores, o DSAS funciona por meio de três arquivos vetoriais: I) a linha de base ou, *baseline*, que é desenhada de modo paralelo à linha de costa e pode ser fixada *offshore* ou *onshore*, ou seja, fora ou dentro do continente para servir de base aos cálculos de

movimentação da linha de costa; II) os transectos, que são linhas perpendiculares à costa, responsáveis por gerar os cálculos de variação em determinados vértices, setorizando o litoral a partir da linha de base e cruzando todas as linhas de costa disponíveis, gerados automaticamente pelo DSAS, necessitando apenas da atribuição do intervalo entre cada transecto e por fim; III) os vetores de linhas de costa, que são linhas que serão atribuídas a uma data do recorte temporal analisado (figura 5).

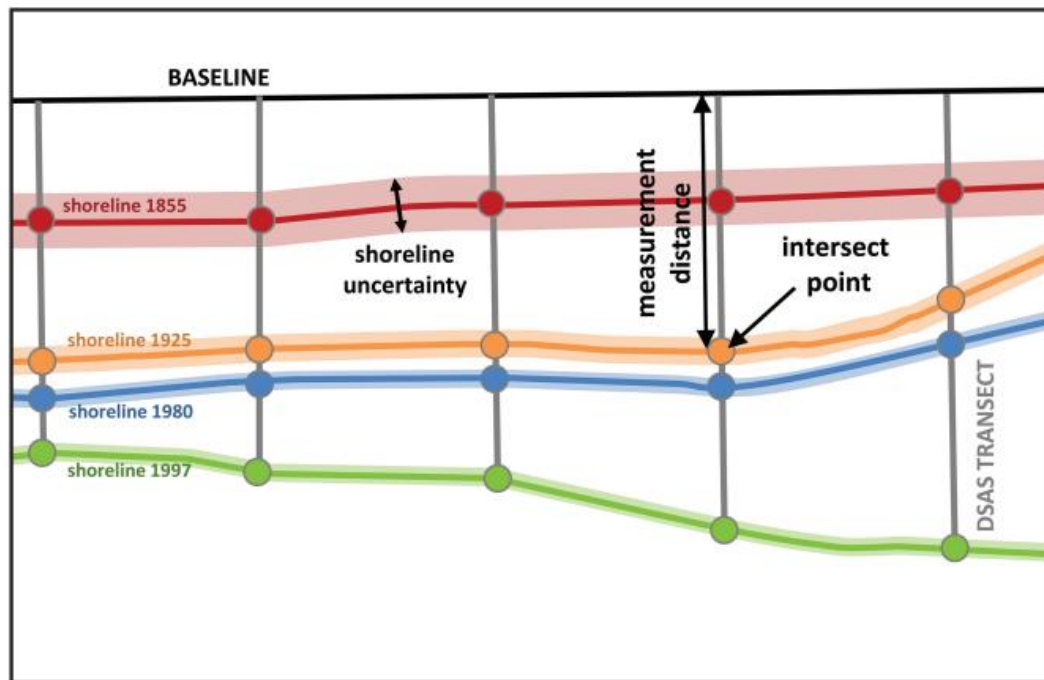


Figura 5: Representação dos dados necessários para calcular a variação temporal da linha de costa no DSAS.
Fonte: Himmelstoss Et al., (2018).

O DSAS conta 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 (HIMMELSTOSS, 2009 apud 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).

Os resultados obtidos neste trabalho serão apresentados, posteriormente, 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.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

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 (Fig. 6).

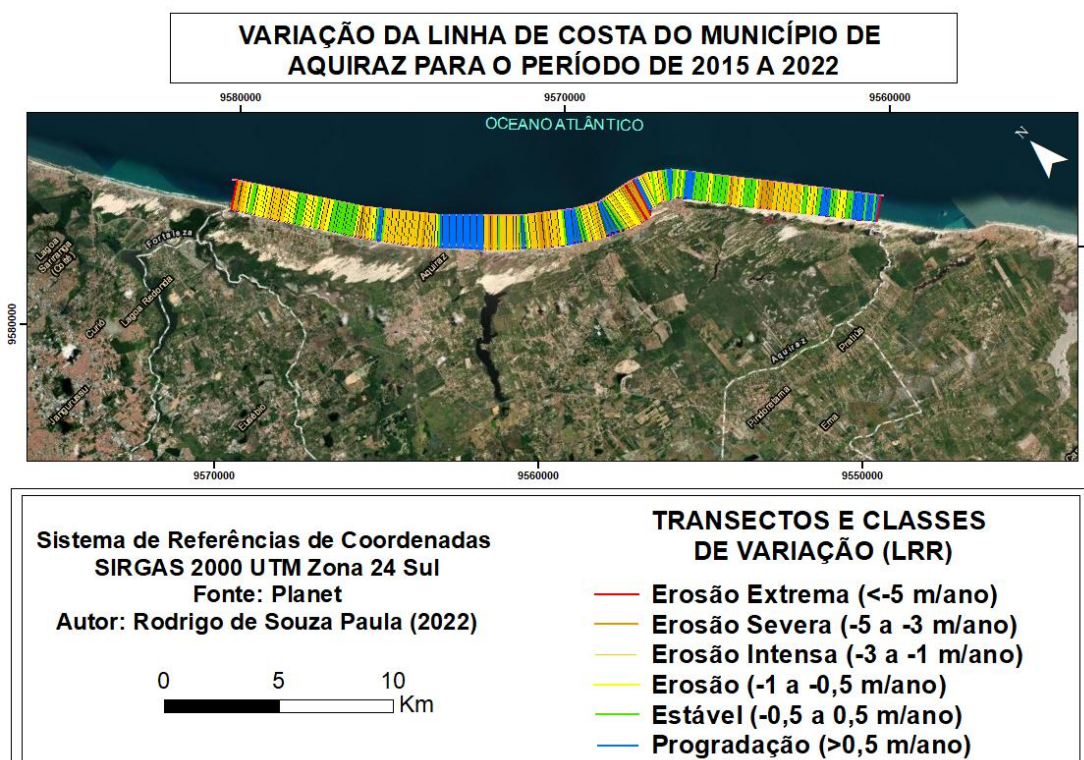


Figura 6: Mapa e classes de variação da linha de costa de Aquiraz.
Fonte: Elaboração própria.

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, conforme a figura 7.

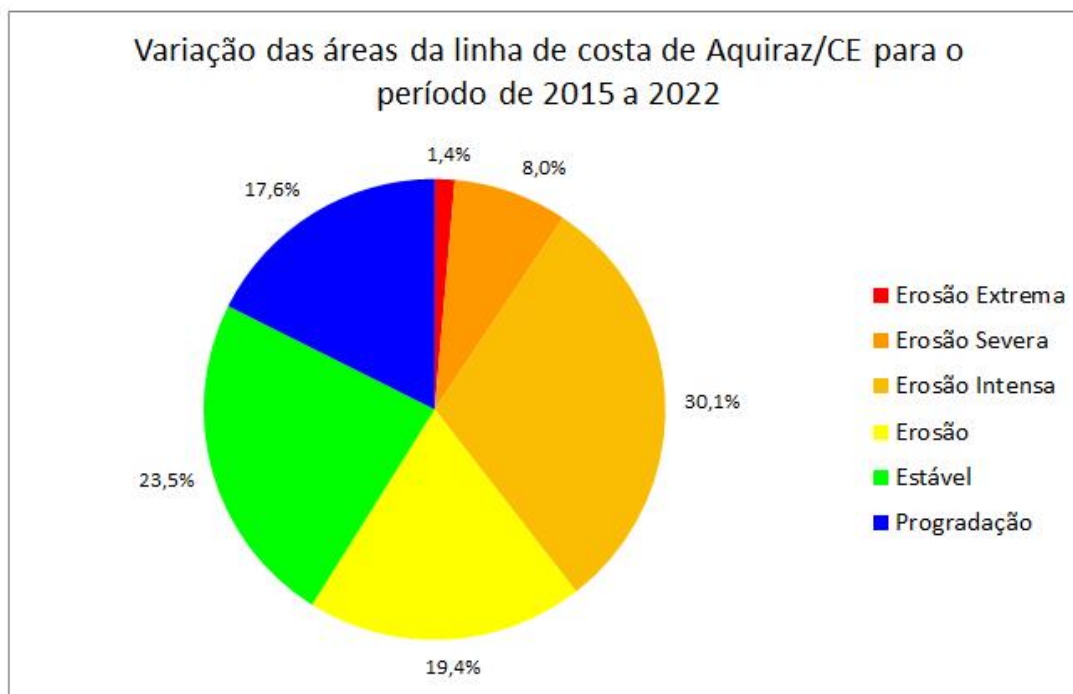


Figura 7: Percentuais das classes estabelecidas para análise do abastecimento sedimentar. Fonte: Elaboração própria.

A ferramenta DSAS gerou 289 transectos espaçados em uma distância de 100 m entre eles, o que leva a estimar o tamanho do litoral de Aquiraz em aproximadamente 28.900 m de comprimento ou 28,9 km de extensão.

Os resultados obtidos neste trabalho 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.

4.1. Foz do Rio Pacoti e Porto das Dunas

As desembocaduras fluviais são ambientes com forte variabilidade espacial em consequência da ação de elementos que atuam na linha de costa, como às marés, ventos, deriva litorânea, vazão fluvial, além de fatores climáticos e neotectônicos locais (ROCHA et. al, 2011).

Localizada entre os municípios de Fortaleza e Aquiraz, a Foz do Rio Pacoti aparece no mapa com índices erosivos compreendidos nas classes de erosão extrema e erosão severa. O local detém uma quantidade significativa de sedimentos na faixa de praia, assim como dentro e nas margens do estuário, 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.

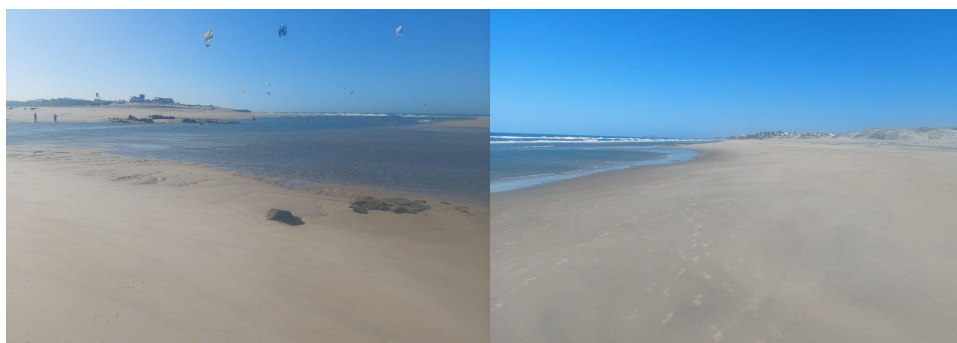


Figura 8: Foz do Rio Pacoti. Fonte: autor (2022)

De acordo com Marino e Freire (2013), a faixa praial da Foz do Rio Pacoti até a Praia do Porto das Dunas é uma orla de categoria exposta, com extensão de 2,5 metros em orientação SE-NW. O seu estado morfodinâmico é enquadrado entre dissipativo a intermediário, apresentando grau elevado de exposição às ondas e nível de ocupação variando de alto a nulo.

O DSAS registrou níveis de estabilidade no local, mas também relatou taxas de decréscimo sedimentar, indo da classe de erosão a de erosão intensa. Neste espaço, há muitos sedimentos depositados na faixa de praia, apontando um vasto estoque de sedimentos para o balanço sedimentar, além da ausência de traços que indiquem o avanço do mar sobre esta área.

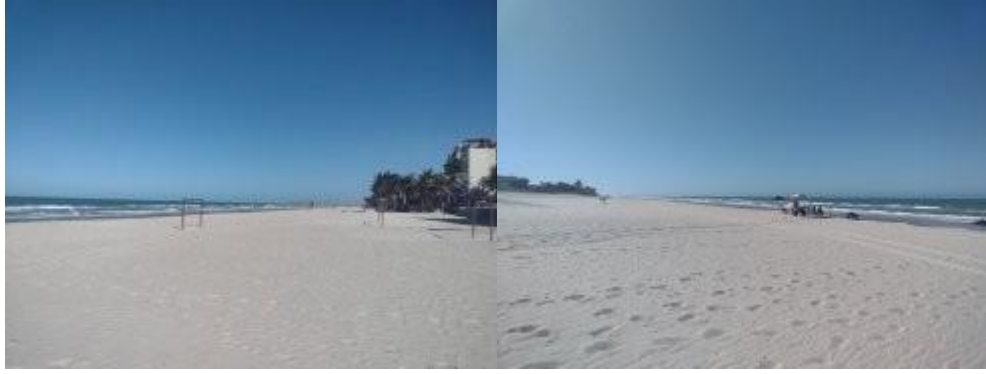


Figura 9: Porto das Dunas. Fonte: autor (2022)

O mapa abaixo indica as classes de variação da Foz do Rio Pacoti até o Porto das Dunas no período de 2015 a 2022. Os dois locais possuem 47 transectos, indicando as alterações correspondentes. A contagem inicia no primeiro transecto à esquerda (cor vermelha).

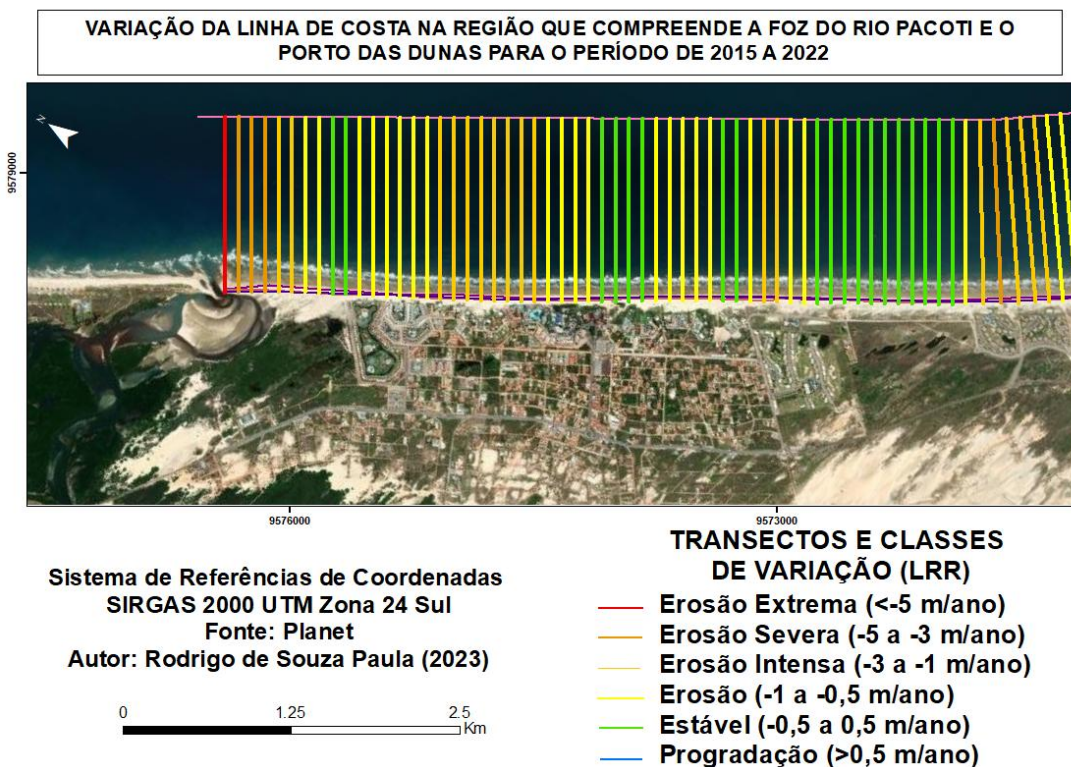


Figura 10: Mapa e classes de variação da linha de costa na região que compreende a Foz do Rio Pacoti e o Porto das Dunas. Fonte: elaboração própria.

Os 47 transectos também foram representados graficamente, para que possa haver uma melhor compreensão acerca dos resultados encontrados por meio do DSAS.

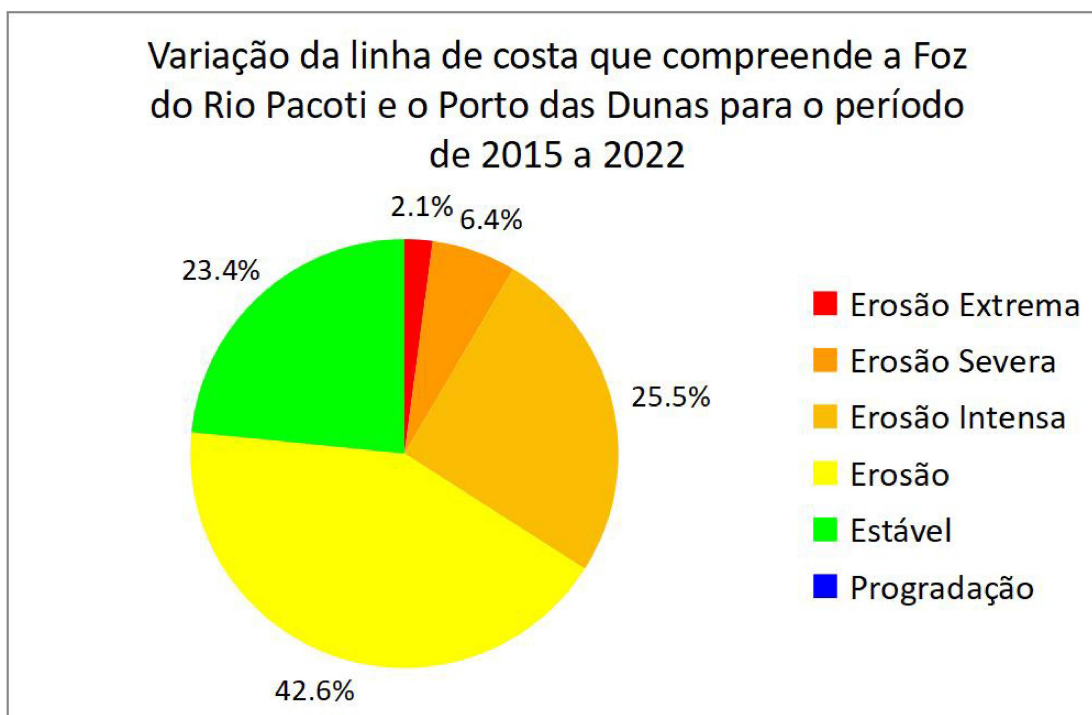


Figura 11: Percentuais das classes estabelecidas para análise do abastecimento sedimentar da Foz do Rio Pacoti e do Porto das Dunas. Fonte: Elaboração própria.

4.2. Praia do Japão e Prainha

A Praia do Japão apresentou índices de retrogradação em alguns pontos de sua extensão, porém mostrou que também está progradando 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. 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 12: Praia do Japão. Fonte: autor (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.

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 13: Prainha. Fonte: autor (2022)

O mapa abaixo indica as classes de variação da Praia do Japão até a Prainha no período de 2015 a 2022. Os dois locais possuem 80 transectos, indicando as alterações correspondentes.

VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA NA REGIÃO QUE COMPREENDE A PRAIA DO JAPÃO E A PRAINHA PARA O PERÍODO DE 2015 A 2022

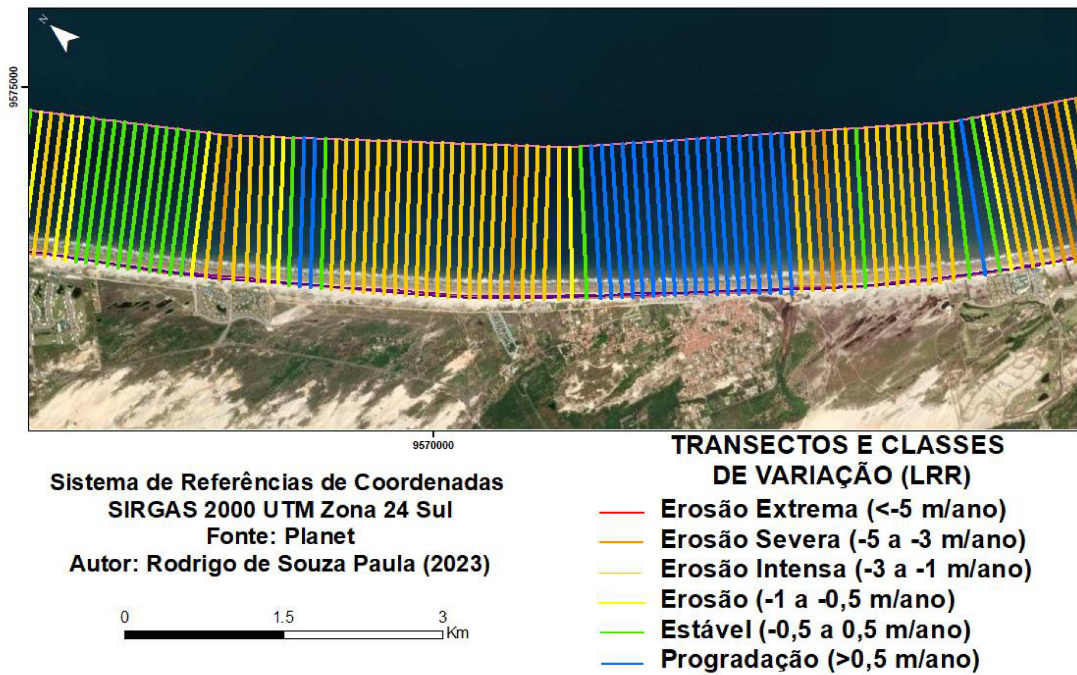


Figura 14: Mapa e classes de variação da linha de costa na região que compreende a Praia do Japão e a Prainha. Fonte: Elaboração própria.

Os 80 transectos foram representados graficamente, para que possa haver uma melhor compreensão acerca dos resultados encontrados por meio do DSAS.

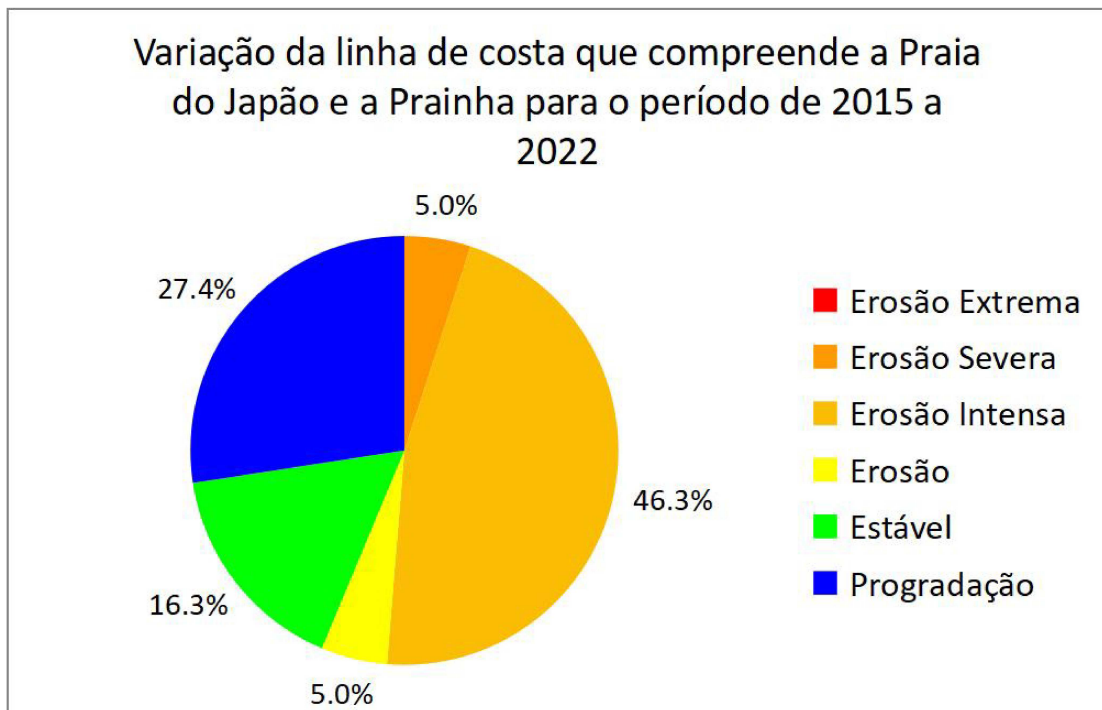


Figura 15: Percentuais das classes estabelecidas para análise do abastecimento sedimentar da Praia do Japão e da Prainha. Fonte: Elaboração própria.

4.3. 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, de acordo com o DSAS.

Por meio de trabalho de campo, foi possível evidenciar várias casas de veraneio com estruturas improvisadas para tentar conter o avanço do mar, a exemplo de diversos blocos de pedras e grades. No entanto, isso não parece ter adiantado para uma das edificações presentes no local, pois o imóvel está com a frente totalmente destruída, o que indica aumento do nível do mar nesta porção do litoral.



Figura 16: Praia do Presídio. Fonte: autor (2022)

A Praia do Iguape teve seus índices, assim como a Praia do Presídio, bastante heterogêneo. 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.

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.



Figura 17: Iguape. Fonte: autor (2022)

O mapa abaixo indica as classes de variação da Praia do Presídio até o Iguape no período de 2015 a 2022. Os dois locais possuem 73 transectos, indicando as alterações correspondentes.

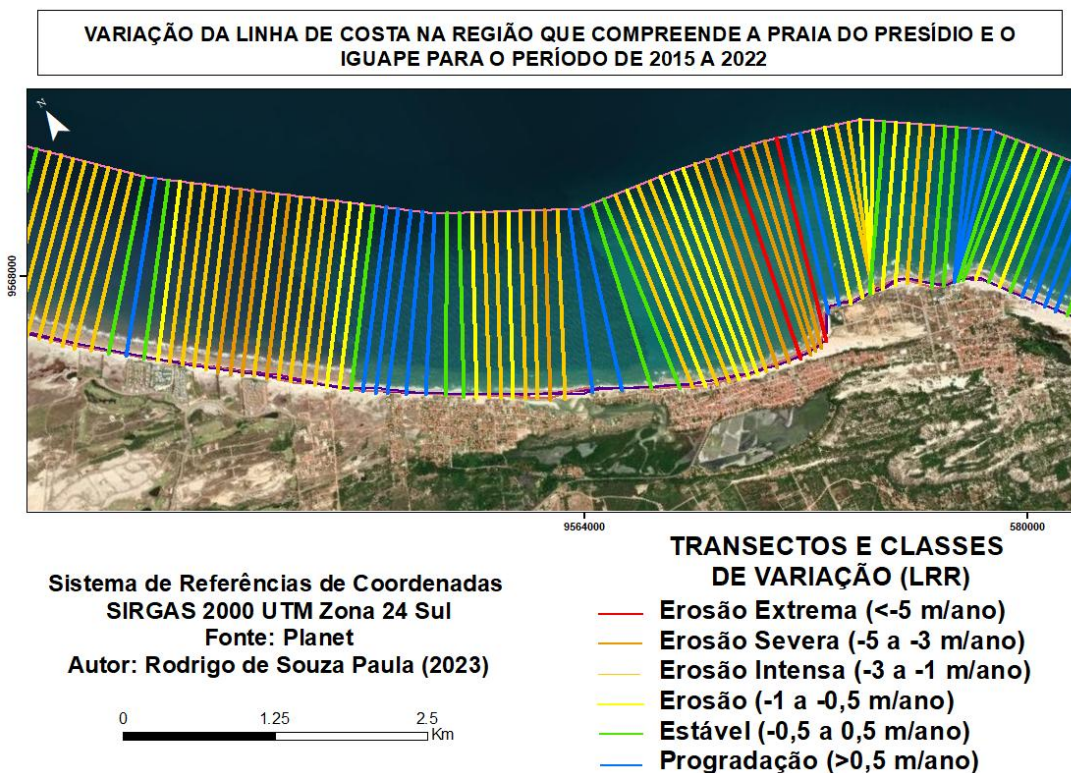


Figura 18: Mapa e classes de variação da linha de costa na região que compreende a Praia do Presídio e o Iguape.
Fonte: Elaboração própria.

Os 73 transectos foram representados graficamente, para que possa haver uma melhor compreensão acerca dos resultados encontrados por meio do DSAS.



Figura 19: Percentuais das classes estabelecidas para análise do abastecimento sedimentar da Praia do Presídio e do Iguape. Fonte: Elaboração própria.

4.4. Praia do Barro Preto e do Batoque

O DSAS apontou alguns indicadores para a praia do Barro Preto, 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.

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 20: Praia do Barro Preto. Fonte: autor (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, fluxo hidrodinâmico e fluxo eólico de SE e NE.



Figura 21: Batoque. Fonte: autor (2022)

O mapa abaixo indica as classes de variação da Praia do Barro Preto até o Batoque no período de 2015 a 2022. Os dois locais possuem 89 transectos, indicando as alterações correspondentes.

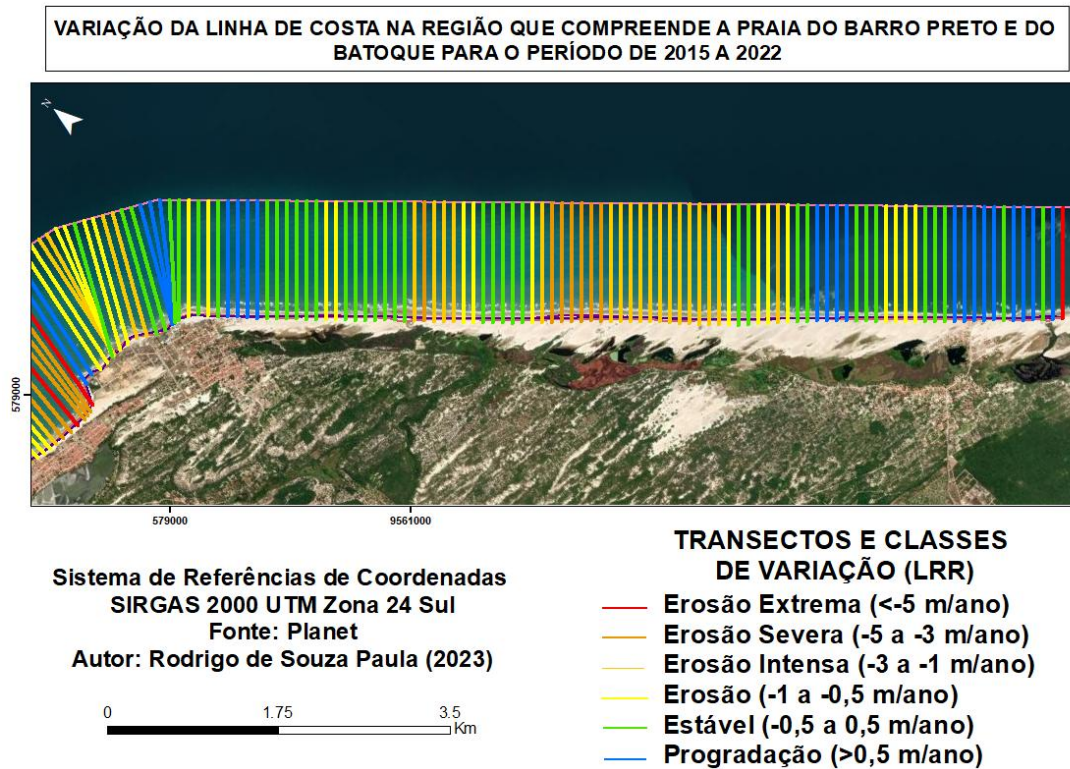


Figura 22: Mapa e classes de variação da linha de costa na região que compreende a Praia do Barro Preto e o Batoque. Fonte: Elaboração própria.

Os 89 transectos foram representados graficamente, para que possa haver uma melhor compreensão acerca dos resultados encontrados por meio do DSAS.

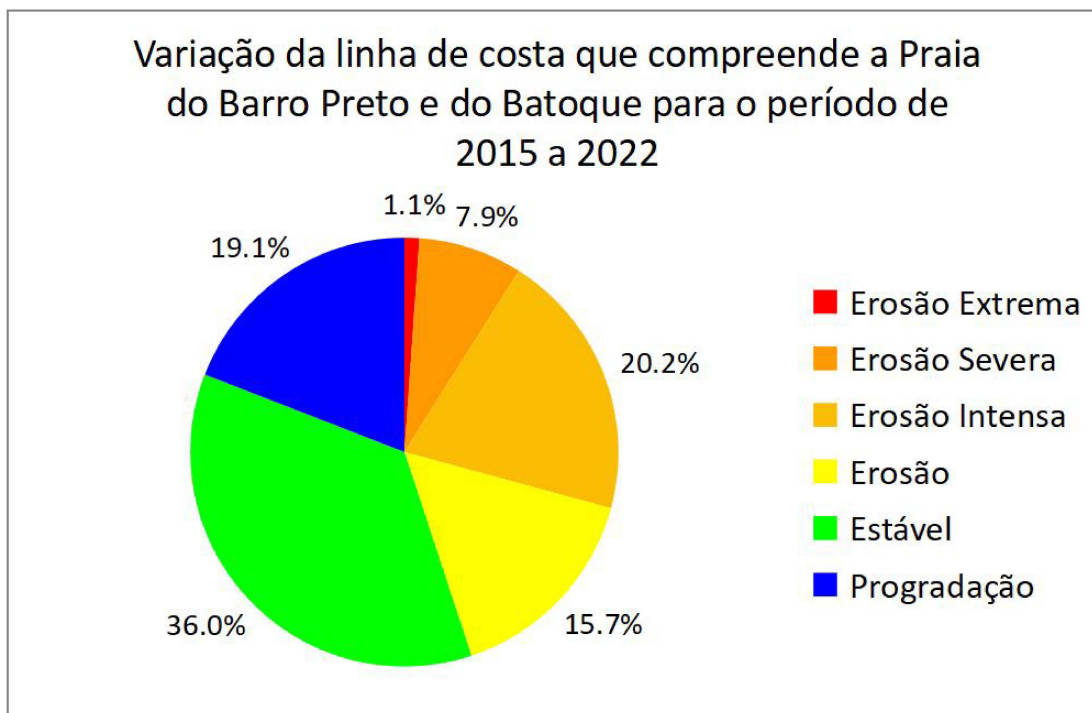


Figura 23: Percentuais das classes estabelecidas para análise do abastecimento sedimentar da Praia do Barro Preto e do Batoque. Fonte: Elaboração própria.

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, o 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.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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 consequente 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 revelam muito eficientes 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.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, M. R. M; NETO, J. C. A. Evolução da Linha de Costa da Praia do Iguape, Aquiraz, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.07, n.01, p. 044-053, 2013.

ARTHAUD, M. H. **Evolução neoproterozóica do grupo Ceará (domínio central, NE Brasil: da sedimentação à colisão continental brasileira)**. 2007. 132 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BEZERRA, F. H. R., MELLO, C. L., & SUGUIO, K. A Formação Barreiras: recentes avanços e antigas questões. **Geologia USP. Série Científica**, 6(2), III-VI, 2006.

BEZERRA, L. J. C; MAIA, L. P. Caracterização Sedimentológica dos Tabuleiros Pré-Litorâneos do Estado do Ceará. **Arquivo de Ciências do Mar**. Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 47-55, 2012.

BRASIL. Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 005 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar**, de 03 de dezembro de 1997. Brasília, 1997.

CAVALCANTE, J. C; VASCONCELOS, A. M; MEDEIROS, M. F; PAIVA, I. G; GOMES, F. E. M. **Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2003. Escala 1:500.000.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Blucher, 1980.

CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J. P. Geomorfologia da Zona Costeira do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. *In*: SILVA, J. B. da; DANTAS, E.W.C; ZANELLA, M.E.; MEIRELES, A.J.A. (Orgs). **Litoral e Sertão: Natureza e Sociedade no Nordeste Brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

CRANDALL, R. **Geographia, geologia, suprimento d'água, transporte e açudagem nos estados orientais do norte do Brasil, Parahyba, Rio Grande do Norte e Ceará**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1910. 137p. (IFOCS – Serv. Geol., Série II. Publicação, 4.).

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.

FARIAS, G. G. F.; MAIA, L. P. Uso de Técnicas de Geoprocessamento para a Análise da Evolução da Linha de Costa em Ambientes Litorâneos do Estado do Ceará, Brasil. **Revista de Gestão Integrada da Zona Costeira**, v. 10, n. 4, p. 521-544, 2010.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

Geodiversidade do estado do Ceará. Organização Ricardo de Lima Brandão [e] Luís Carlos Bastos Freitas - Fortaleza: CPRM, 2014.

GUERRA, A. J. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico.** Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

HIMMELSTOSS, E. A; HENDERSON, R. E; KRATZMANN, M. G; FARRIS, A. S. **Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.0 User Guide.** Virginia: U.S Geological Survey, 110 p, 2018.

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

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.

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.

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.

MARINO, M. T. R. D.; FREIRE, G. S. S; HORN FILHO, N. O. Aspectos geológicos e geomorfológicos da zona costeira entre as praias do Futuro e Porto das Dunas, região metropolitana de Fortaleza (RMF), Ceará, Brasil. **Revista de Geologia**, vol. 25, n. 1, p. 77-96, 2012.

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 10 de fevereiro de 2023.

MOURA, M. R. **Dinâmica Costeira e Vulnerabilidade à Erosão do Litoral dos Municípios de Caucaia e Aquiraz, Ceará**. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2012.

MUEHE, D. O Sistema Praial: formas, termos, processos e medição. In MUEHE, D; LINS DE BARROS, F. M; PINHEIRO, L .S. **Geografia Marinha: Oceanos e Costas na Perspectiva de Geógrafos**. Rio de Janeiro, 2020.

OLIVEIRA, G. G; MEIRELES, A. J. A. Dinâmica Geoambiental a Partir da “Litoralização” de Aquiraz, Ceará, Brasil. **REDE – Revista Eletrônica do Prodem**, Fortaleza, v. 5, n.2, p. 50-68, jun. 2010.

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 de abril de 2022.

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.

Projeto Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Ceará / Organizadores Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo [e] Edney Smith de Moraes Palheta. – Escala: 1:500.000 – Fortaleza : CPRM, 2021.

ROCHA, G. H. M; ROCHA, M. N; PINHEIRO, L. S; MORAIS, J. O. Variações na Linha de Costa da Desembocadura do Rio Pacoti e Processos Sazonais Associados. **XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA**, III Encontro do Quaternário

Sulamericano, XIII ABEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives, 2011.

SOUZA, C. D.; SILVA, R. M. N.; RODRIGUES, L. I. C.; MORORÓ, E. A. A.; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S.; SABADIA, J. A. B. Emprego de Imagens Landsat na Análise Temporal da Linha de Costa da Porção Oeste do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, vol. 29, n. 2, p. 181-194, 2016.

SOUZA, W. F.; LEITE, N. S.; FARIAS, J. F.; MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E.V. Imagens multitemporais de sensores remotos aplicadas a análise da dinâmica costeira em Icapuí - Ceará, Nordeste do Brasil. **VIII Simpósio Latinoamericano de Geografia Física; IV Simpósio Iberoamericano de Geografia Física**, Santiago (Chile), p. 605-612, 2014.

SOUZA, W. F. **Sensoriamento Remoto e SIG Aplicados à Análise da Evolução EspaçoTemporal 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.