

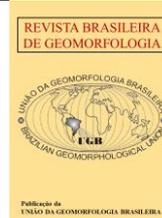


<https://rbgeomorfologia.org.br/>  
ISSN 2236-5664

# Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 24, nº 1 (2023)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2189>



Artigo de Pesquisa

## Erosão e gestão costeira em praias protegidas por recifes no litoral sul de Pernambuco

### *Erosion and Coastal Management on reef-protected beaches of Pernambuco southern coast*

Isaias Farias da Câmara<sup>1</sup>, Tiago Fernando de Holanda<sup>2</sup> e Mirella Borba Costa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Oceanografia da UFPE, Recife-PE, Brasil.

E-mail: isaiasdacamara10@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3459-5001>

<sup>2</sup> Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-graduação em Geografia da UFF, Niterói-RJ, Brasil.

E-mail: tfholanda@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6898-5027>

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia da UFPE, Recife-PE, Brasil.

E-mail: mirella.costa@ufpe.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7889-2828>

Recebido: 15/12/2021; Aceito: 10/10/2022; Publicado: 17/01/2023

**Resumo:** O padrão de alternância entre baías e pontais, típico da região do nordeste brasileiro, é responsável pelo estabelecimento de processos erosivos diferenciados. Este trabalho objetiva avaliar as variações espaço-temporal da linha de costa (LC) entre 2003-2020 utilizando o programa DSAS como subsídio para o gerenciamento costeiro no sul de Pernambuco. O trecho protegido ao sul apresentou 5 transectos e uma taxa de variação da LC de -1,46 m/a (100% deles em erosão). O trecho exposto (Baía de Tamandaré) apresentou 55 transectos (32,72% em erosão e 67,28% em acreção) e uma taxa de variação da LC de -0,20 m/a. O trecho protegido ao norte (urbanizado) obteve uma taxa de variação da LC de 0,23 m/a para os 74 transectos (40,54% em erosão, 35,14% em avanço de construções, 4,05% em erosão, 10,81% em recuo de construções e 9,46% em estabilidade). O trecho protegido ao sul é controlado pela dinâmica da foz do Rio Mamucabas; a Baía de Tamandaré é classificada como instável, em virtude dos valores de acreção e erosão em suas extremidades; o trecho protegido urbanizado, por sua vez, é ditado pela presença e pela geometria dos recifes costeiros. O estudo de taxas erosivas anuais em costas protegidas por recifes contribui para subsidiar a gestão da zona costeira.

**Palavras-chave:** Pontais, Baías, Linha de costa e Ocupações.

**Abstract:** The Brazilian northeast reef-fronted coast is characterized by recurrent embayed and headland segments with shorelines that behave in distinct erosive processes. This paper evaluates the shoreline (SL) spatial and temporal variations of between 2003-2020 using the DSAS program as a subsidy for the coastal management in the south of Pernambuco. The southern reef-protected section showed 5 transects with a SL variation rate of -1.46 m/y (100% on them). The exposed section (Tamandaré Bay) showed 55 transects (32.72% in erosion and 67.28% in accretion) with a SL variation of -0.20 m/y. The northern reef-protected section (urbanized) showed a SL variation rate of 0.23 m/y for the 74 transects (40.54% in erosion, 35.14% in construction progress, 4.05% in erosion, 10.81% in building retreat and 9.46% in stability). The southern reef-protected section, which is controlled by the dynamics of the mouth of the Mamucabas River; Tamandaré Bay is classified as unstable, due to accretion and erosion values at its ends; the urbanized reef-protected section, in turn, is controlled by the presence and geometry of coastal reefs. The study of erosion rates on reef-fronted coast adds to coastal zone management.

**Keywords:** Headland beaches, Embayed beaches, Reef-fronted shoreline and Occupation.

## 1. Introdução

A Zona Costeira (ZC) corresponde ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, (incluindo seus recursos naturais renováveis e não renováveis) englobando uma faixa terrestre e uma marítima (BRASIL, 1988; BRASIL, 2004; PERNAMBUCO, 2010; OLIVEIRA; NICOLODI, 2012; ROSA et al., 2018), estando sujeita a contínuas alterações morfodinâmicas, modeladas por processos de origem continental e marinha (MORAES et al., 2015; PRUDÊNCIO et al., 2019). No Brasil, tamanha é sua importância, que a Constituição Federal de 1988 elevou-a a título de Patrimônio Nacional, ao lado de biomas, como a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica. Como previsível, regiões potencialmente importantes nos âmbitos econômico, ambiental, social, cultural e político são alvos de conflitos diversos, ressaltando, assim, seu caráter emblemático.

As praias estão inseridas na ZC. A título de gestão costeira, elas podem ser definidas como uma área coberta e descoberta periodicamente pelas águas, acrescida da faixa subsequente de material detrítico, tais como areias, cascalhos, seixos e pedregulhos, até o limite superior onde se inicia a vegetação natural, ou, no caso de sua ausência, onde comece um outro ecossistema (BRASIL, 1988; PERNAMBUCO, 2010), o que se configura como um conceito relacionado apenas ao compartimento emerso. Todavia, é importante salientar que o conceito de praia também engloba o trecho submerso (antepraia) (MUEHE, 2001).

Nesse diapasão, a erosão costeira, a retrogradação da linha de costa, a elevação do nível relativo do mar, a extração indevida de sedimentos da praia, o uso e ocupação do solo e recursos de forma inadequada (instalações de grandes empreendimentos turísticos e especulação imobiliária), a urbanização de ambientes frágeis e intervenções de engenharia costeira são alguns dos processos e atividades relativamente recorrentes nessas regiões (MUEHE, 2001; SOUZA, 2009; SOUZA; LUNA, 2010; NICOLODI; PETERMANNM 2010; OLIVEIRA; NICOLODI, 2012; ABREU; ABREU NETO, 2014; PRUDÊNCIO et al., 2019; MOREIRA et al., 2020; BARROS et al., 2021).

Os recifes funcionam como estruturas naturais de dissipação de energia de ondas, refletindo na característica morfodinâmica da praia (FERRARIO et al., 2014; COSTA et al., 2016; PEREIRA et al., 2016), na distribuição sedimentar (PEREIRA et al., 2016; MANSO et al., 2018) e, por consequência, na morfologia praias (MANSO et al., 2018; MARTINS et al., 2019), além de ditar processos de cunho antrópico, como o padrão de ocupação (SUMMERS et al., 2018). Eles protegem a costa da ação direta das ondas através de processos de atenuação, criando saliências na zona de sombra do recife, projetando a Linha de Costa (LC) em direção a ele (COSTA et al., 2016; SIEGLE; COSTA, 2017). Nas bordas dos recifes, os fenômenos de difração e refração de ondas são responsáveis pela formação de baías (PEREIRA et al., 2016; MANSO et al., 2018). Dessa forma, a ausência/presença dessas estruturas criam condições para o estabelecimento de padrões que se alternam entre baías (*embayed beaches*) e pontais (*headland beaches*).

Nessa linha, Fletcher et al., (2012), em estudos nas ilhas do Havaí, sugeriram a predominância de taxas anuais de erosão mais altas em pontais arenosos e taxas relativamente mais baixas em baías adjacentes. Esse padrão erosão-acreção é um princípio fundamental da morfodinâmica costeira (ROMINE et al., 2016). Sendo assim, é de fundamental importância a compreensão desses processos costeiros, em busca de uma adaptação antropogênica e ecológica, associado, entre outros fatores, à elevação do nível do mar e a degradação crescente dos recifes costeiros, através de metodologias adequadas e adaptadas para o estudo em regiões recifais.

A delimitação, o estudo e o monitoramento da LC configuram-se como indicadores indispensáveis e intrínsecos a uma boa gestão dos espaços e dos recursos costeiros. Ela pode ser definida como um indicador geomorfológico dinâmico decorrente de respostas a processos costeiros de diferentes magnitudes e frequências

atuantes na ZC, como ondas, correntes, marés, ação eólica, atividades antrópicas e a disponibilidade de sedimentos (ROMINE et al., 2013; FARRAPEIRA NETO; MORAIS, 2014; MORAES et al., 2015; MOREIRA et al., 2020; BARROS et al., 2021) e, nesse caso, características geomorfológicas, como a presença de recifes.

Estudos sobre o monitoramento da LC em praias protegidas por recifes são discutidos a nível internacional (FLETCHER et al., 2012; ROMINE et al., 2013; ROMINE; FLETCHER, 2013; ROMINE et al., 2016; SUMMERS et al., 2018). Este trabalho tem como objetivo utilizar resultados oriundos de variações espaço-temporais da linha de costa nos últimos 17 anos (2003-2020), como subsídio para o gerenciamento costeiro em praias protegidas por recifes. Além disso, propõe-se a discussão desse trabalho a partir de legislações (federais, estaduais e municipais) no que tange a temática. Nesse sentido, o litoral sul pernambucano configura-se como um ambiente ideal para o estudo da temática, uma vez que está inserido em uma região geográfica em que recifes estão presentes ao longo da costa (DOMINGUEZ et al., 1990; FERREIRA; MAIDA, 2006; PEREIRA et al., 2016; COSTA et al., 2016).

## 2. Área de Estudo

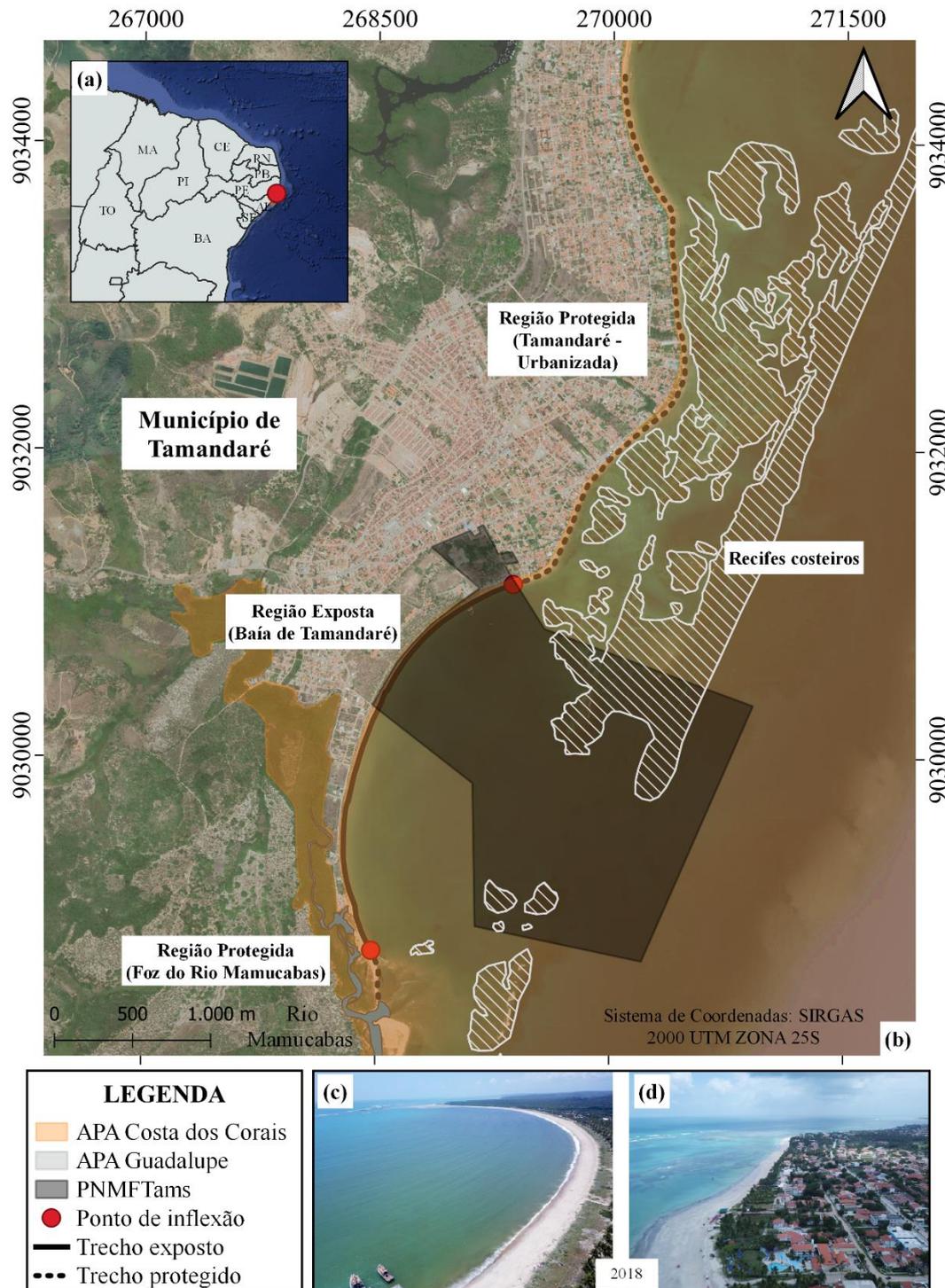
O município de Tamandaré está localizado no nordeste brasileiro, inserido no Setor Sul do Estado de Pernambuco (Figura 1a), de acordo com a Lei Estadual nº 14.258/10 (Instituiu a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro), juntamente com os municípios de Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca, Sirinhaém, Rio Formoso, Barreiros e São José da Coroa Grande. Ele detém 14 km de linha de costa (FERREIRA; MAIDA, 2006), dos quais 6,7 km foram analisados neste trabalho, compreendendo desde a Foz Mamucabas ao sul, até a Praia de Campas, ao norte, correspondente ao trecho urbanizado (Figura 1b).

A região está inserida nos intervalos de 5º a 10º de latitude, onde os recifes de coral ocorrem paralelamente à costa (COSTA et al., 2016). Na região, eles são compostos por até três linhas de recifes com topos expostos durante a maré baixa (FERREIRA; MAIDA, 2006), sendo alongados e descontínuos, com o eixo maior paralelo à linha de costa e contam com a presença de lagunas que variam de poucas dezenas a cerca de 1 km (DOMINGUEZ et al., 1990). Os processos de refração e difração que acontecem, em especial nas extremidades dos recifes, são responsáveis pela criação de linha de costa irregular e, conseqüentemente, pela geração de baías. Esse padrão é comum para o litoral sul de Pernambuco (MANSO et al., 2018).

Esses processos físicos são responsáveis pela criação de feições como tômbolos e saliências (MANSO et al., 2018). Estas últimas estão presentes a retaguarda da porção semi-submersa das linhas dos recifes (COSTA et al., 2016), podendo conter pequenas áreas de manguezais associadas com pequenos riachos que as cortam em direção a região rasa dos recifes. É observado, também, a presença de sinuosidades da LC (pequenos embaixamentos), formados em frente às lacunas dos recifes ou em seus rebaixamentos.

A área de estudo compreende na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC), a Área de Proteção Ambiental de Guadalupe (APAGua), que sobrepõe toda a área de estudo, e o Parque Natural Municipal do Forte de Tamandaré (PNMFTams) (Figura 1b) criados a partir do Decreto Federal nº 5976/97, Decreto Estadual nº 19.635/97 e pelo Decreto Municipal nº 013/03, respectivamente, nos termos do inciso III, §1º, Art. 225 da CF. As duas primeiras são classificadas como Unidades de Conservação (UC) de uso sustentável, enquanto a última é de proteção integral (Art. 7º, Lei Federal nº 9.9985/2000).

Para fins de análises, a área de estudo foi subdividida em setor exposto (sinônimo também para trecho e/ ou região exposta), compreendendo a Baía de Tamandaré, e setor protegido (sinônimo também para trecho e/ou região protegida), tendo como componentes o setor urbanizado de Tamandaré e o setor corresponde a Foz do Rio Mamucabas (Figuras 1c e 1d). O setor urbanizado detém a presença de pontais, apresentando o termo “saliência” como sinônimo.



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo, no qual (a) representa a localização da área de estudo em relação ao nordeste brasileiro; (b) a subdivisão em trechos protegidos e expostos, além da presença das Áreas Protegidas legalmente instituídas; (c) vista área da região exposta (Baía de Tamandaré), incluído a região protegida associado a Foz do Rio Mamucabas na região superior da imagem e (d) região protegida (Tamandaré – Urbanizada).

O litoral pernambucano é caracterizado pelo clima tropical com temperaturas médias anuais de 27°C e precipitação em torno dos 2.000 mm, com estação seca (ou verão) entre outubro e março e a chuvosa (inverno) que começa em abril e termina em setembro (VENEKEY et al., 2014; PEREIRA et al., 2016). Ainda, o trimestre mais chuvoso engloba os meses de maio, junho e julho, concentrando 47% dos totais anuais, tendo relação direta com a

posição e intensidade da alta pressão do Atlântico Sul (MANSO et al., 2018). Os ventos são bastante regulares, sazonal, soprando 90% do tempo do setor leste-sudeste, com velocidades médias de 3 a 5 m/s (MANSO et al., 2018). Durante a estação seca, são predominantemente de sul-sudeste com grandes ocorrências de ventos de leste-nordeste, enquanto na estação chuvosa predominam os ventos de sudeste a sul-sudeste (PEREIRA et al., 2016).

Em relação aos aspectos oceanográficos, o regime de maré é o de mesomaré, apresentando característica semidiurna (VENEKEY et al., 2014; MANSO et al., 2018). O clima das ondas em oceano aberto é controlado principalmente pelos ventos alísios, com predominância da direção leste-sudeste, embora durante o outono e inverno ondas do quadrante sul estejam presentes (COSTA et al., 2016; PEREIRA et al., 2016). As médias encontradas entre 2018 e 2019 foi de 1,5 m para altura significativa de onda e 8-9 segundos para o intervalo do pico de onda, sendo que a altura das ondas de rebentação é fortemente atenuada pelos extensos sistemas de recifes (PEREIRA et al., 2016; HOLANDA et al., 2020; GONÇALVES et al., 2022). Além disso, essas estruturas são importantes na mudança de orientação das ondas (MANSO et al., 2018). A corrente de deriva litorânea, por fim, na região tem predominância de sentido S-N.

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Seleção e tratamento de imagens

Inicialmente, 11 imagens foram extraídas do programa *Google Earth Pro*, cujas datas foram 25/07/2003, 23/11/2006, 31/10/2012, 12/04/2015, 07/09/2016, 22/02/2017, 09/08/2017, 04/12/2017, 03/08/2018, 29/12/2018 e, por fim, 31/12/2020. A escolha desse conjunto de imagens foi baseada na disponibilidade fornecida pelo programa sob a escolha de condições de baixa ou nenhuma cobertura de nuvem. Em seguida, as imagens foram inseridas no ambiente do Sistema de Informação Geográfica (SIG) *ArcGis* versão 10.6, para o georreferenciamento a partir de 15 pontos de controle previamente definidos.

As imagens de satélites foram e ainda são largamente utilizadas para este fim, intrínseco a essa metodologia a presença de erros relacionados à presença de diferentes escalas espaciais e temporais (SOUZA; LUNA, 2010).

#### 3.2. Delimitação da linha de costa

Os indicadores de linha de costa são definidos como referenciais morfológicos e geomorfológicos presentes no ambiente praiado que são utilizados para monitorar a evolução da LC no espaço e no tempo, sendo este último relacionado a contínuas coletas de informações de uma mesma região. Dentre eles, destacam-se a linha que separa a região seca e úmida, perceptível pela diferença de tonalidade (BOAK; TURNER, 2005; SOUZA; LUNA, 2010; ABREU; ABREU NETO, 2014; PRUDÊNCIO et al., 2019; BARROS et al., 2021) que é amplamente utilizado na literatura internacional em virtude da praticidade no momento da identificação por meio de imagens aéreas; a base de falésias (BOAK; TURNER, 2005); a Linha de Vegetação (LV) (BOAK; TURNER, 2005; CONTI; RODRIGUES, 2011; RIBEIRO et al., 2013, Gonçalves et al., 2022) e outros mais.

Diante disso, a extração de linhas de costa foi feita a partir da construção de arquivos em formato shapefile, com dados vetoriais, do tipo linha, para cada imagem selecionada os quais, posteriormente, foram agrupados em um único arquivo. Para esse trabalho, a LV foi adotada, visto que esse se tornou o indicador mais propício para ser trabalhado com imagens de satélites devido à precisão de identificar a linha de vegetação em cada imagem, composta majoritariamente por vegetação de restinga nos subambientes de pós-praia. Em um dado conjunto de dados, no qual as variações da LC sejam superiores a 10 anos, a LV tende a apresentar tendências relativas mais robustas (CONTI; RODRIGUES, 2011). Adicionalmente, em trechos onde ela não estava presente, como nos urbanizados, as edificações foram utilizadas como delimitadoras, dado que esse tipo de artificialização impede a

movimentação da LC para além de limites rígidos (Figura 2). A Figura 4, ainda, exhibe a utilização de ambos os indicadores ao longo de toda a área de estudo.



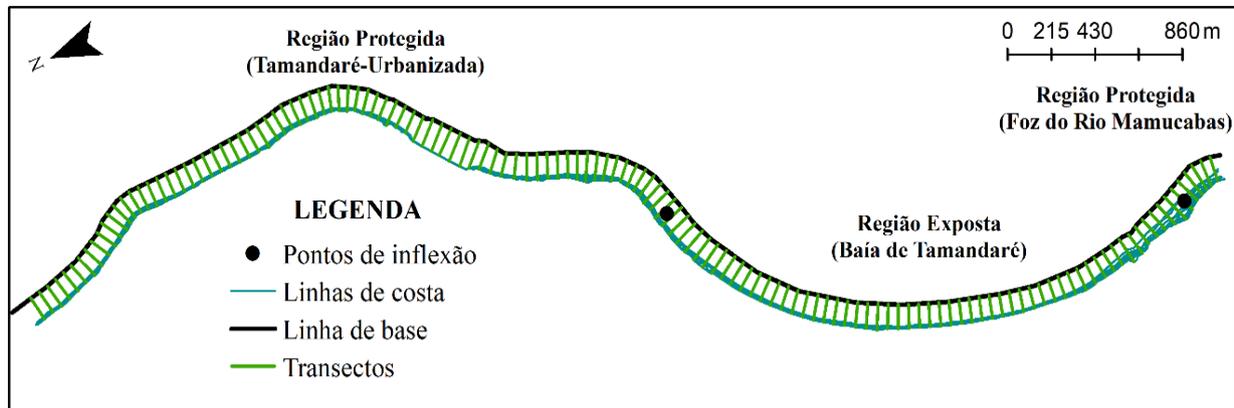
**Figura 2.** Exemplificação da utilização dos indicadores de Linha de Costa vegetação (verde) e urbanização (vermelho), tanto no setor exposto (a), como setor protegido ao norte (b), onde neste último é comum a alternância entre locais em que há a presença de restingas defronte às edificações e locais onde a vegetação foi suprimida. É recorrente, dessa forma, a presença de construções no trecho de pós-praia.

### 3. 3. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) e Taxas de erosão

Dentre as ferramentas utilizadas para o cálculo da variação da linha de costa, temos o *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), ferramenta criada pelo *United States Geological Survey* (USGS). O DSAS é amplamente utilizado em estudos sobre a evolução costeira por possibilitar, de maneira rápida e bastante eficiente, a análise de modificações daquela (DOLAN et al., 1990; SMITH; ZARILLO, 1990; CROWELL et al., 1993; TO; THAO, 2008; LUIJENDIJK et al., 2018; PRUDÊNCIO et al., 2019). O programa utiliza de variados métodos estatísticos para a realização dos cálculos, entre eles o utilizado nesse trabalho, o *Linear Regression Rate* (LRR) que consiste em um cálculo de regressão linear simples, considerando os desvios existentes ao longo de cada linha de costa selecionada (ABREU; ABREU NETO, 2014; PRUDÊNCIO et al., 2019).

Nesse sentido, foram originados 134 transectos perpendiculares à linha de costa com espaçamento aproximado de 50 metros entre eles, utilizando o Datum horizontal SIRGAS 2000. Moreira et al. (2020) destacam

que para a utilização desse método, são necessárias que todas as linhas de costa vetorizadas estejam disponíveis no momento da análise, como exhibe a imagem esquemática abaixo (Figura 3).



**Figura 3.** Utilização do DSAS para a realização de cálculos de taxas de regressão linear em trechos expostos e protegidos no município de Tamandaré.

Em seguida, depois dessa análise, foi realizada a subdivisão entre os trechos expostos e trechos protegidos. Para isso, foram traçadas duas linhas paralelas, a primeira tangenciando a concavidade de duas baías (a englobada na área de estudo e outro mais ao norte), e a segunda tangenciando dois pontais, o primeiro representado pela foz do Rio Mamucabas e o segundo pelo pontal mais convexo do trecho protegido. Pontais são convexos em direção ao mar e baías são côncavas em direção mar (ROMINE et al., 2016). A partir disso, traçou-se uma linha média entre às duas linhas supracitadas. Os pontos exatos onde elas tocaram a LC foram definidos como os pontos de inflexão entre área protegida e área exposta (Figura 3).

A quantidade total de Transectos (T) foi o valor total da extensão da LC analisada. Dessa forma, pôde-se estabelecer a porcentagem de trechos em erosão/recuo – com valores abaixo de 0 (zero), acreção/avanço – com valores acima de 0, e a estabilidade, com valores iguais a 0. Uma vez gerado os transectos, foram criadas linhas de costa ao longo do trecho, em que (a) vermelho representou erosão, quando o indicador utilizado foi a vegetação e recuo, quando o indicador utilizado foi a urbanização; (b) azul representou acreção quando o indicador utilizado foi a vegetação e avanço, quando o indicador utilizado foi a urbanização - indicando avanço das construções sobre o ambiente praial e, por fim, (c) cinza, representou o trecho em estabilidade. Os dados fornecidos pelo DSAS, foram então subdivididos de acordo com a relação supracitada, no intuito, por exemplo, de não classificar como acreção o avanço de uma propriedade sobre o sistema praial, o que, de certa forma, mascararia os dados a serem discutidos.

### 3. 4. Taxa e distribuição da ocupação e delimitação de Espaços Territoriais Especialmente Protegidos (ETEPs)

O ordenamento da zona costeira pode ser facilitado pelo uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG), constituindo um recurso fundamental para o desenvolvimento sustentável (PORTZ et al., 2014), além de permitir o estabelecimento de limites legalmente definidos e propor re(organizações) espaciais. Nesse sentido, foi realizado o mapeamento de ocupações para a área de estudo, a partir de um mosaico de imagens construído no programa *Agisoft Photoscan*, no âmbito do Projeto Ecológico de Longa Duração Tamandaré Sustentável (PELDTams), com o auxílio de uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP).

Na imagem, foi plotada a Linha de Costa do Estado de Pernambuco (Decreto Estadual nº 42.010/2015) e realizado, com o auxílio da ferramenta *Buffer*, um polígono de 100 metros em direção ao interior do continente,

formando a área de análise total, sendo que as dimensões foram estabelecidas de acordo com o alcance da imagem produto do sobrevoo com uma ARP utilizado. Ainda, a região foi dividida em dois trechos baseados na subdivisão apresentada no tópico 3.3. Em virtude da ausência de ocupações e a presença majoritária de Áreas Protegidas, o trecho protegido na Foz do Rio Mamucabas, para a análise referente a este tópico, foi integrado ao trecho exposto correspondente a Baía de Tamandaré. Dessa forma, foram estabelecidos apenas dois sub-grupos, o trecho exposto (Baía de Tamandaré + Foz do Rio Mamucabas) e o trecho protegido (Tamandaré-Urbanizado).

Para isso, foram separadas classes, que variaram entre os dois trechos. O trecho exposto conteve: (i) ocupação, (ii) área útil, (iii) Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Nordeste (CEPENE), (iv) vias, (v) Área de Preservação Permanente (APP) de restinga, de curso d'água e de manguezais, (vi) Rio Mamucabas e (viii) ambiente praias. Para o trecho protegido foram: (i) ocupação, (ii) área útil, (iii) galerias fluviais, (iv) vias, (v) APPs de restinga, (vi) vegetação e (vii) ambiente praias.

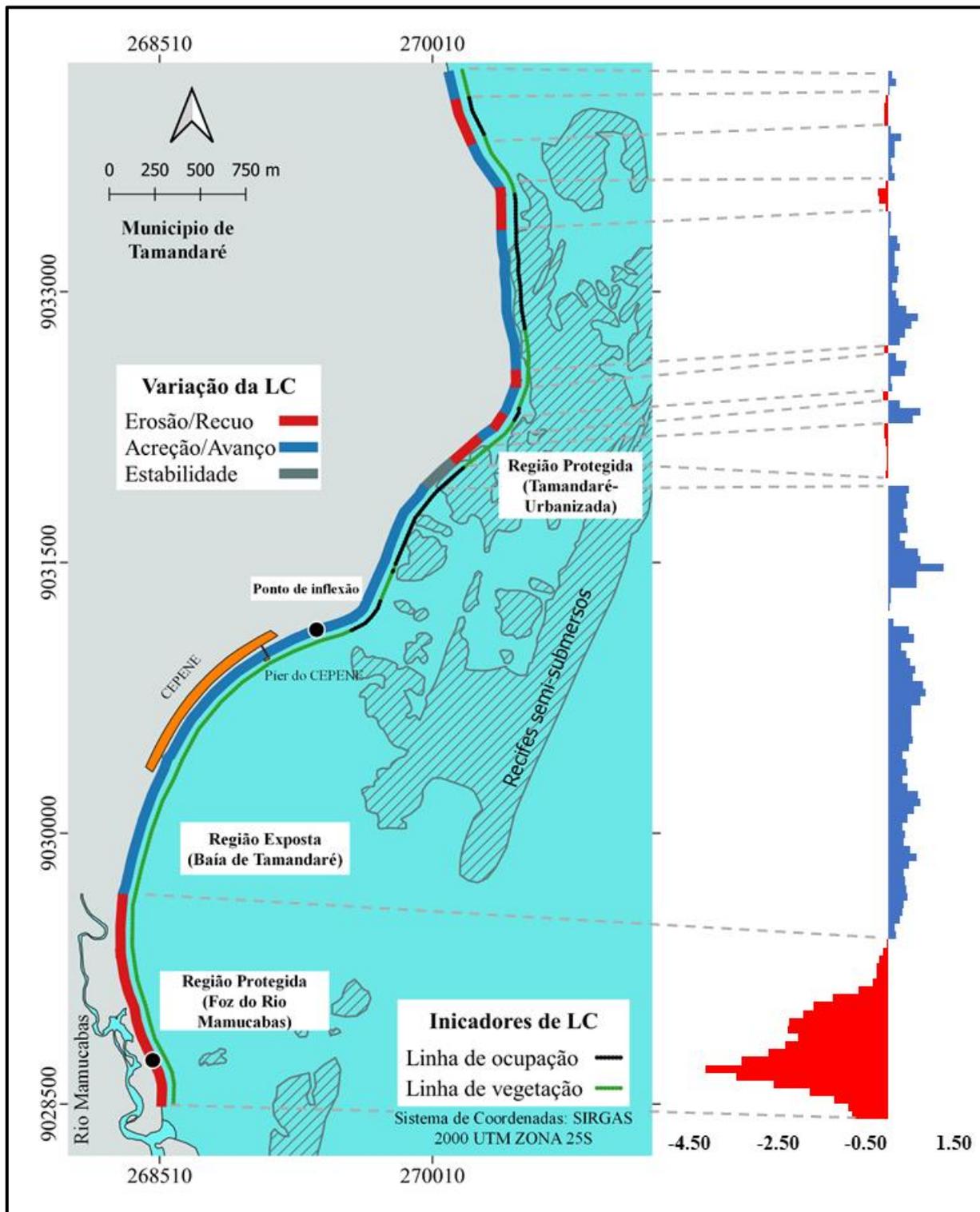
Uma vez escolhida as classes a serem mapeadas, suas respectivas áreas foram contabilizadas em m<sup>2</sup>, a partir da arquivos vetoriais do tipo polígono, em formato *shapefile*. Ao final, a área total correspondente a cada uma delas foi relacionada com a área total de cada um dos polígonos, estabelecendo assim, suas respectivas taxas. A taxa de ocupação, todavia, foi aferida de acordo com a área útil, diferente das demais. A área útil foi considerada como as regiões em que não haviam ocupações e aquelas que não fossem trechos legalmente protegidos, restando para análise, as que estavam dentro de limites visuais (*e.g.* cercas e muros), mesmo que fosse em trechos onde o parcelamento, em teoria, não poderia ser realizado (*e.g.* loteamentos próximos ao ambiente praias). As vias foram consideradas como aquelas por onde circulam automóveis e pessoas (*e.g.* calçadas). No trecho exposto, para fins de cálculos de porcentagem, as APPs de Manguezais e de Cursos d'água foram unidas em apenas uma classe, junto com o ambiente praias.

Foram plotados espaços territoriais especialmente protegidos (Art. 225, §1º, III da CF/1988), como já mencionado, com o intuito de verificar o estágio atual de efetividade das legislações ambientais. Embora existam diversas legislações infraconstitucionais e infralegais que venham a legislar sobre o tema, nesse trabalho, em especial, focamos nas APPs de cursos d'água, de restingas e de manguezais, e nas UCs presentes e, quando pertinentes, em outras legislações complementares.

Considera-se APP, tanto em zonas rurais quanto urbanas: I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: [...] VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues e VII - os manguezais, em toda a sua extensão (Art 4º, Lei Federal nº 12.651/2012). Em complemento, a Resolução CONAMA nº 303/2002 também versa sobre APPs, regulamentando as de restingas, por exemplo "a) em faixa mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar e b) em qualquer localização ou extensão, quando recoberta por vegetação com função fixadora de dunas ou estabilizadora de mangues" (Art. 3º, inciso IX, Conama 303/2002).

#### 4. Resultados

Foram gerados 134 transectos com uma taxa média geral de variação da LC de -0,02 m/a. Destes, 34 apresentaram erosão/recuo (25,37%, ou seja, aproximadamente 1.700 metros de extensão), tendo como taxa média -0,92 m/a e valor máximo de -4,15 m/a. Obteve-se 93 (69,41%, ou seja, aproximadamente 4.650 metros de extensão) de transectos em acreção/avanço, tendo como taxa média 0,38 m/a e valor máximo de 1,26 m/a (Figura 4). Em relação à classe da estabilidade, foram contabilizados 7 transectos (5,22%, ou seja, aproximadamente 350 metros de extensão). Os resultados estão subdivididos por trechos expostos e protegidos, de acordo com o descrito na metodologia.



**Figura 4.** Variação da Linha de Costa no Município de Tamararé, considerando os trechos protegidos e expostos, de acordo com o indicador de linha de costa utilizado (linha de vegetação e urbanização).

#### 4. 1. Trechos expostos (Baía de Tamnadaré)

Nesse trecho, foram gerados 55 transectos. Destes, 18 (32,72%) estão em erosão, tendo -1,62 m/a como a média das taxas de erosão, e 37 (67,28%) estão em acreção com uma média das taxas de acreção de 0,49 m/a. A taxa de variação da LC geral neste trecho foi de -0,20 m/a. O trecho mais ao sul, próximo a foz do Rio Mamucabas, apresentaram os valores negativos (em erosão) e ao norte, houve a ocorrência dos valores positivos (acreção). Não

foram contabilizadas taxas de recuo e avanço de ocupações, uma vez que o indicador utilizado foi apenas o da vegetação (Figura 4).

#### 4. 2. Trechos protegidos

Já nos trechos protegidos, englobando a Foz do Rio Mamucabas e os trechos urbanizados ao norte, foram gerados 79 transectos, apresentando 15 (18,99%) em erosão/recuo, tendo -0,38 m/a como a média, 57 (72,15%) em acreção/avanço, com uma média de 0,30 m/a e 7 (8,86%) em estabilidade. A taxa de variação da LC geral foi de 0.11 m/a. O trecho mais erosivo está ao sul, imediatamente na margem esquerda da foz do Rio Mamucabas (Figura 4). Abaixo, os valores estão subdivididos em dois trechos protegidos, o primeiro adjacente à foz do Rio Mamucabas e o segundo após o CEPENE, nos trechos já urbanizados. Para a gestão dos recursos costeiros, é importante frisar que a identificação de “pontos críticos” é mais valiosa do que uma média de todas as taxas para uma dada região (ROMINE; FLETCHER, 2013).

##### 4. 2. 1. Foz do Rio Mamucabas

Foram gerados 5 transectos nesse trecho. Todos foram caracterizados como erosivos, tendo como uma média geral -1,46 m/a, sendo que transectos em acreção não foram observados. Além disso, não foram observadas taxas de recuo de ocupações, uma vez que, assim como o trecho exposto (Baía de Tamandaré), o único indicador utilizado foi a LV.

##### 4. 2. 2. Trecho Urbanizado – Tamandaré

Diferentemente dos trechos anteriormente citados, este apresentou um maior grau de complexidade, sendo gerados 74 transectos. Desses, 30 (40,54%) foram classificados como em acreção, 26 (35,14%) em avanço de construções, 3 (4,05%) em erosão e 8 (10,81%) em recuo das construções, com taxas médias de 0,39 m/a, 0,22 m/a, -0,10 m/a e -0,09 m/a, respectivamente. No geral, a taxa de variação da LC para o trecho foi de 0,23 m/a. Os indicadores utilizados variaram entre a LV e as construções.

Além disso, 7 (9,46%) foram classificados como estáveis, presentes exclusivamente entre os dois primeiros pontais do setor protegido. O indicador de LC utilizado foi uma via pavimentada, que não sofreu alterações no período analisado, sendo, portanto, considerado uma variação igual a 0.

#### 4. 3. Mapeamento e distribuição de ocupações em regiões expostas e protegidas

Quanto aos aspectos quantitativos, o polígono de ocupação apresentou aproximadamente  $\frac{1}{4}$  da área útil do setor exposto, enquanto no setor protegido esse número chegou a mais que a metade. As vias estão quatro vezes mais presentes neste último em detrimento do primeiro, enquanto a vegetação de restinga apresenta  $\frac{1}{4}$  de todo o polígono do setor exposto e no setor protegido esse número é apenas um pouco maior que 5% (Tabela 1).

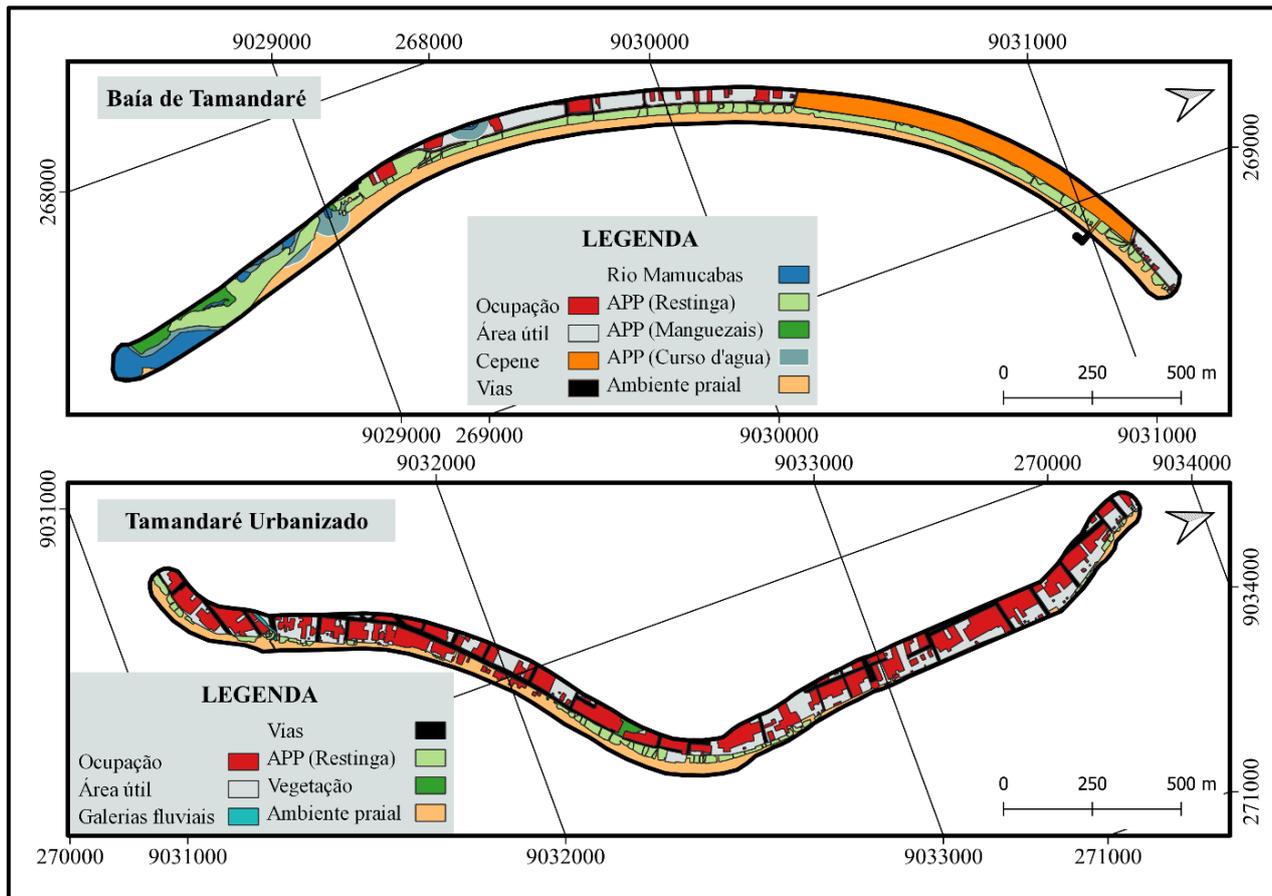
**Tabela 1.** Dados quantitativos relacionados a ocupação, a delimitações de ETEPs e outras categorias, subdivido em trechos expostos e protegidos.

Região Exposta			Região protegida		
Classes	Área (m <sup>2</sup> )	%	Classes	Área (m <sup>2</sup> )	%
Área útil	52556,993	15,70	Área útil	191884,766	61,52
<i>Ocupação</i>	13410,561	25,52	<i>Ocupação</i>	114358,887	59,60
<i>Passível de ocupação</i>	39146,432	74,48	<i>Passível de ocupação</i>	77525,879	40,4
Vias	10802,658	3,28	Vias	37468,567	12,02
CEPENE	55750,263	16,66	Vegetação	2033,504	0,65
Rio Mamucabas	19815,109	5,92	Galerias fluviais	933,851	0,3
APP de restingas	85341,484	25,5	APP de restingas	19494,120	6,25
Outros*	110390,12	32,99	Outros**	60111,422	19,27
Polígono total	334656,627	100	Polígono total	311926,230	100

\*Classes referente às APPs de Cursos d'água e de manguezais, e ao ambiente praial.

\*\*Classe referente ao ambiente praial.

Quanto aos aspectos qualitativos, na região exposta, as ocupações estão localizadas a retaguarda da vegetação de restingas, de forma esparsa. Essas, apresentam-se na forma de um cordão contínuo paralelo à linha de costa, com pequenas aberturas perpendiculares, sinalizando a presença de trilhas de acesso à praia. Ao sul estão bem preservadas, porém, à medida que se aproximam de ocupações se tornam parcialmente descaracterizadas, em especial, após o píer do CEPENE. As vias, por sua vez, são escassas, contabilizando apenas uma com ramificações de acesso, construídas de material arenoso. Outros ETEP's, com exceção das APPs de restingas, estão exclusivamente localizadas ao sul (Figura 5).



**Figura 5.** Distribuição de classes, em especial a de ocupação e as de APPs, entre trechos expostos (Baía de Tamandaré) e protegidos (Tamandaré-Urbanizado).

No trecho protegido, de maneira geral, a ocupação está mais próxima da linha de costa e, por vezes, sobre esta. Mais ao norte, é possível perceber, todavia, que embora a ocupação esteja mais interiorizada, os limites dos loteamentos ainda estão sobre a linha de costa, porém, não necessariamente com a presença de estruturas rígidas. Tem-se, por exemplo, áreas de lazer, como os jardins. Além disso, após o setor central não é possível observar faixa de praia, uma vez que o limite adotado (linha de preamar estadual) está muito próximo das ocupações. Em relação às restingas, apresentam-se de forma esparsa, sem larguras homogêneas, com dimensões reduzidas e, por vezes, no interior de propriedades privadas. Nessa situação, parte delas foram suprimidas e/ou substituídas. Ainda, foram mapeadas duas classes: um referente a uma galeria pluvial próxima ao primeiro pontal e outra referente a uma classe de vegetação entre quarteirões urbanizados, a qual não foi possível a identificação (Figura 5).

## 5. Discussão

Os resultados referentes à variação espaço-temporal da LC mostraram tendências de acreção/avanço e erosão/recuo de forma heterogênea ao longo do trecho analisado, em especial, dentro do subtrecho protegido urbanizado. Abaixo, tendências serão discutidas de acordo com cada trecho e, quando possível, serão estabelecidas relações entre eles.

No trecho protegido correspondente a Foz do Rio Mamucabas foi observado apenas taxas erosivas, tendo a linha de vegetação como único indicador utilizado (Figura 4). As condições hidrodinâmicas do rio associada as taxas de erosão indicam que o trecho é controlado pelos processos dinâmicos inerentes àquele. O fluxo de rios, ao

desaguar no mar, são capazes de alterar a circulação lateral e influenciar na distribuição sedimentar próximo a desembocadura. Komar (1973) cita, como exemplo, a função de espigão hidráulico exercidos pelos rios, influenciando na deposição a barlar e erosão a sotamar. Adicionalmente, Morais et al. (2008) abordam que bancos submersos existentes em fozes de rios podem criar barreiras físicas ao trânsito litorâneo de sedimentos e provocar erosão à imediatamente a jusante do fluxo. Em Camocim, no Ceará, por exemplo, foi constatada erosão em todas as desembocaduras analisadas a sotamar, isto é, na margem esquerda dos rios (FARRAPEIRA NETO; MORAIS, 2014).

Foram observados, ainda, a presença de indicadores de erosão, como raízes expostas de plantas e a destruição da vegetação de restingas (Figuras 6a e 6b). Martins et al., (2016) definiram como principal geoindicador de erosão costeira no litoral sul de Pernambuco a presença de árvores na face de praia ou com raízes expostas, além de escarpas erosivas nas dunas frontais. Adicionalmente, ao estudar sobre vulnerabilidade costeira na região, Mallmann e Araújo (2010) classificaram o trecho com vulnerabilidade baixa, de acordo com dados coletados entre as décadas de 1960 e 2006. A ausência de urbanização, somado aos ecossistemas relativamente bem preservados podem ter contribuído para essa classificação. Os resultados comparativos mostram, portanto, que o trecho apresenta alto grau de dinamismo e que suas condições de erosão/acreção podem variar em escalas decadais. No período analisado, por exemplo, foi perdido aproximadamente 25 metros de faixa de praia, indicando, portanto, a necessidade de não ocupações no local, sobretudo quando se tratam de ocupações próximas a LC.



**Figura 6.** (a) representa a exposição, no estirâncio, de raízes de plantas erodidas pela ação de ondas; (b) exhibe a atuação de processos erosivos na base da vegetação de restinga, danificando-as, ambas localizadas no trecho protegido sob influência do Rio Mamucabas e (c) mostra a artificialização da LC por obras rígidas, o parcelamento e supressão da vegetação de restingas, no segundo pontal, no trecho protegido urbanizado.

Em seguida, a Baía de Tamandaré apresentou taxas de erosão ao sul e acreção ao norte, caracterizada, então, como uma baía instável, por indicar erosão em uma extremidade e acreção em outra (SILVA et al., 2015). Ao estudarem variações da LC em ilhas do Havaí, Romine et al. (2016) concluíram, de maneira geral, taxas predominantes de acreção em baías (acreção ao sul e estabilidade ao norte) e erosão em pontais. Para a Baía de Tamandaré, o padrão foi observado parcialmente. Em termos de extensão, os trechos em acreção apresentaram mais que 2/3 do comprimento total, quando comparado com os de erosão. Todavia, a taxa média geral encontrada foi negativa, indicando que a magnitude dos valores de erosão dos transectos sob a influência do Rio Mamucabas são consideravelmente maiores que os de acreção. Dessa forma, valores positivos a jusante não foram suficientes para compensar a erosão concentrada mais ao sul da baía.

Além disso, condicionantes de âmbito local podem alterar padrões de erosão/acreção. Nesse sentido, fenômenos erosivos, como os que acontecem na Foz do Rio Mamucabas e adjacências, são capazes de disponibilizar sedimentos ao meio. Os sedimentos são, então, retrabalhados pela ação das ondas e carregados para setores à jusante por meio de correntes costeiras (CÂMARA et al., 2021). O fluxo preferencial S-N da corrente de deriva litorânea local, então, pode contribuir para a progradação de trechos a partir da centralidade da baía, em especial, ao norte. Adicionalmente, a atuação de processos hidrodinâmicos pontuais, como o píer do CEPENE, atua na diminuição hidrodinâmica, influenciando no processo de deposição sedimentar e, por conseguinte, na progradação da LC (Figura 5). A ausência de ocupação sobre o ambiente praiado pode, ainda, favorecer processos sazonais de sedimentações e o aumento da vegetação de restinga no trecho.

O trecho protegido urbanizado, diferente dos demais, apresentou-se como o mais heterogêneo. A média geral encontrada remete a um cenário genérico de análise para o trecho, o que justifica a subdivisão nas classes anteriormente definidas. Os trechos em erosão e em recuo estão associados majoritariamente aos pontais presentes na região, especificamente aos dois mais ao norte, e a ocupação presente sobre eles (Figuras 4 e 5). Enquanto o rio é o principal agente que dita os processos referentes ao primeiro trecho protegido, a presença dos recifes e as atividades antrópicas (e.g. ocupação irregular, supressão de restingas) são os agentes mais atuantes nesse trecho.

Sabe-se que os recifes atuam na dissipação das ondas (MUEHE, 2001; MALLMANN et al., 2014; COSTA et al., 2016; SIEGLE; COSTA, 2017; MANSO et al., 2018) e que, portanto, conferem uma maior proteção costeira relativa à retaguarda. Todavia, estudos mais recentes abordam que trechos protegidos estão com tendências mais erosivas quando comparados com trechos expostos (FLETCHER et al., 2012; ROMINE et al., 2016; SIGLE; COSTA, 2017; SUMMERS et al., 2018). Nessa perspectiva, encaixa-se o papel antrópico. Historicamente, optou-se por ocupações mais próximas à LC em trechos protegidos, devido à busca por condições “mais brandas”, como águas mais calmas para o lazer e a prática de esportes náuticos. Além disso, Osorio-Cano et al. (2019) acrescentam que os serviços prestados pelos recifes ao redor do mundo foram responsáveis, inclusive, pelo incremento à indústria do turismo. Como consequência, no âmbito econômico, houve uma maior valorização desses espaços, a exemplo da elevação do preço médio do m<sup>2</sup>.

As taxas de ocupação em setores protegidos são maiores que nos expostos, um padrão, sem dúvidas, auxiliado pela falta de dados sobre mudanças históricas da LC (SUMMERS et al., 2018), e anuência do Poder Público. Este direcionou recursos para a melhoria da infraestrutura, como a pavimentação de vias e melhorias de acessos à praia (embora este último seja de forma parcial), sem controlar com eficácia o processo de evolução da ocupação, que aconteceu de forma rápida e desordenada para a região, em especial, sobre os pontais e em trechos de pós-praias. O avanço das ocupações e parcelamentos em direção a costa geram consequências: o impedimento de processos naturais quanto ao fluxo de sedimentos (ARAÚJO et al., 2007; MORAIS et al., 2008; MALLMANN; ARAÚJO, 2010; MENEZES et al., 2018), a supressão da vegetação de restingas, a artificialização da linha de costa (Figura 6c) e a privatização de bens públicos (e.g. terrenos de marinha e faixas de praia), além de originar e/ou acentuar os

processos erosivos. Estes últimos ocasionam diretamente a destruição do patrimônio edificado público ou privado, a destruição de ecossistemas e acentua a decadência do turismo. Vale ressaltar que as restingas funcionam como retentora de sedimentos (MENEZES et al., 2018) e que, portanto, a sua remoção implica no desequilíbrio sedimentar. Mesmo protegida por leis, essa vegetação ainda é constantemente ameaçada por atividades humanas (PORTELLA et al., 2001). Menezes et al., (2018) destacam que a retirada de vegetação natural, a exemplo das restingas, foi um dos responsáveis por mudanças morfológicas no município de Goiana, no litoral norte de Pernambuco, que ocasionou a retração da linha de costa.

Para esse trecho foi observado que mais de um terço de seu comprimento está associado a vegetação de restingas, conferindo, mesmo que mínimos, valores progradantes (Figura 4). Todavia, percebeu-se uma redução temporal dessa vegetação no ambiente praial, à medida que as ocupações as substituíam, além de dar lugar a outros tipos de vegetação. Esse dado é discutido mediante resultado que indica que aproximadamente 1/3 do trecho está em avanço (de construções), isto é, ao longo do tempo parte da vegetação de restinga presente foi sendo incorporada ao patrimônio privado e, conseqüentemente, foi retirada da dinâmica sedimentar (Figura 6c). Santos (2007) destaca que essa vegetação vem sendo descaracterizada para atender à demanda proveniente de uma ocupação que objetiva lucrar, em desacordo com a legislação ambiental. Segundo Araújo et al. (2007) a maioria da ocupação no ambiente praial no litoral sul de Pernambuco se deu através da atividade de veraneio, especificamente para Tamandaré, a partir da década de 1980, onde a atividade de fato começou a se desenvolver.

Sobre a artificialização do litoral, essa atividade pode levar ao estreitamento da faixa praial porque a linha d'água continua a avançar em direção a LC fixa, podendo ainda, afetar a disponibilidade de sedimentos (ROMINE; FLETCHER, 2013; FLETCHER et al., 2012). Áreas com maior influência antrópica, por exemplo, estão relacionadas com maiores intensidades de erosão costeira (MARTINS et al., 2016). Nesse sentido, esse trecho foi classificado com grau de vulnerabilidade muito alto (MALLMANN; ARAÚJO, 2010), além de ser caracterizado como uma área crítica por Araújo et al., (2007), no que diz respeito às características referentes a ocupação.

Os recifes estão diretamente relacionados a dinâmica sedimentar (SANDERSON, 2000; MANSO et al., 2018), por exemplo, influenciando no acúmulo de sedimentos na zona de sombra (SIEGLE; COSTA, 2017) e, por conseguinte, na estabilidade do trecho (MARTINS et al., 2019). Costa et al. (2016) e Siegle e Costa (2017), abordam, todavia, que a eficiência na atenuação de ondas por recifes é altamente dependente do nível do mar e da saúde dos recifes, implicando que variações mínimas no aumento da profundidade sobre os recifes afetaria a altura das ondas. Ainda, processos como o branqueamento de corais em associação com a acidificação dos oceanos podem produzir impactos negativos significativos na capacidade dos recifes de corais em mitigar, por exemplo, os efeitos de perigos costeiros (OSORIO-CANO et al., 2019).

Logo, uma combinação de déficit sedimentar, devido a presença de ocupações em trechos de praia no trecho protegido em Tamandaré e a contínua supressão da vegetação de restinga, associadas a degradação dos recifes e aumento da profundidade sobre eles pode resultar numa diminuição da capacidade de atenuação das ondas pelos recifes. Juntos, os processos citados podem contribuir para a geração e/ou intensificação de sérios problemas relacionados a erosão costeira no trecho; o que, de fato, já vem acontecendo (Figura 6). Nesse sentido, Siegle e Costa (2017), concluíram que ondas mais energéticas podem atingir zonas de sombra de forma gradual à medida que o nível do mar continua a subir. Nessa linha, a ausência de espaço de acomodação (Figura 5) aponta que o ambiente não possui limites adequados para se adaptar a possíveis alterações do meio, mesmo que elas sejam mínimas.

Além disso, todas as explicações acima convergem para cenários de tendências de retilinização do litoral, conforme descrito por Siegle e Costa (2017). Os autores, em estudos na região de Abrolhos-BA, propuseram que regiões localizadas a retaguarda dos recifes são mais fortemente afetadas pelo aumento do nível do mar e maiores

efeitos energéticos provenientes da ação de ondas, culminando em processos de transporte sedimentar, levando esses trechos a erosão. Em Tamandaré, esse processo é intensificado pelo avanço da ocupação sobre o ambiente praial, massivamente presente nos pontais (Figura 5).

Na Baía de Tamandaré, por outro lado, o processo de ocupação é bastante distinto. As ocupações estão mais distantes da LC, sem infraestrutura solidificada e, por associação, problemas de erosão relacionadas a perda de patrimônio não foram identificados. Summers et al. (2018) caracterizou um cenário similar para o Havaí, atribuindo a essa diferença, em especial, a construção de uma via mais próxima ao litoral na região protegida, facilitando e estimulando as ocupações neste trecho em detrimento de trechos expostos.

Embora acredite-se que esse padrão seja seguido ao longo de trechos similares na costa brasileira, em Tamandaré, temos algumas explicações de abrangência local e regional que merecem atenção. Na Baía, a ocupação se deu de forma relativamente tardia e concomitantemente a isso, legislações mais atuais vieram a disciplinar o uso do espaço costeiro, por exemplo as de âmbito municipal, como a Lei de Uso e Ocupação do Solo, o Plano Diretor e o Projeto Orla, sendo este último apenas orientativo e não disciplinador de ocupação. Outras, em especial, vieram a instituir Áreas Protegidas.

Nesse sentido, a criação do PNMFTams, que abrange um trecho da região da baía (não abrange o trecho protegido), teve como um dos objetivos a ordenação do uso e a preservação dos ambientais naturais costeiros e marinhos da área pública inserido em seus limites (incisos I e II, art. 1, Decreto Municipal nº 013/2003). Vale ressaltar que os Parques são de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites serão desapropriadas (§1º, art. 11, Lei Federal nº 9985/2000). Além disso, as instituições das APAs, a dos Corais e a de Guadalupe, em especial a última que abrange uma maior porção territorial do município, tem como objetivos básicos disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (Art. 15, Lei Federal nº 9985/2000).

Adicionalmente, a presença de outros trechos legalmente protegidos na baía, como APPs de manguezais, de cursos d'água e de restingas, desestimulam ocupações e usos inadequados, visto que esses espaços são legalmente protegidos pelo Código Florestal e por algumas Resoluções Conama (e.g. 303/02, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de APPs). A intervenção ou a supressão da vegetação nativa em APPs, por exemplo, somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental (Art. 8, Lei nº 12.651/12), e no caso de restingas somente por utilidade pública (§1º, art. 8, Lei Federal nº 12.651/2012), devendo a ocupação e exploração da ZC se dá apenas de modo ecologicamente sustentável (Art. 11, Lei Federal nº 12.651/2012). Nessa mesma linha, o Poder Público local, ainda adiciona proteção aos mangues e cursos d'água além da faixa de preservação definida pela legislação federal, em 15 metros, em zonas onde a ocupação urbana deve ser impedida e/ou desestimulada (Leis Municipais nº 188/02 e 336/11, respectivamente).

Percebe-se, então, que a presença de UCs e outros trechos legalmente protegidos desestimulam a presença de ocupações irregulares e práticas não sustentáveis. Câmara e Silva (2021), nessa linha, concluíram que a presença de uma UC do tipo integral na região leste do estado cearense foi responsável pela proteção às feições naturais presentes (dunas e falésias), além de dificultar o estabelecimento de ocupações em trechos proibidos, como em Áreas de Preservação Permanente.

Na contramão do exposto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) revogou a resolução 303/02, citada anteriormente, o que acarretaria, dentre outras consequências, por exemplo, a sérios danos às restingas, uma vez que seus limites de preservação estão regulamentados nesta resolução, a saber, nas alíneas a) e b), inciso IX, art. 3. Através de uma medida cautelar na Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental (ADPF) 748 sobre o tema em 04 de novembro de 2020, a decisão foi revogada e, posteriormente, o plenário da Suprema Corte

a referendou. Visto a importância da temática, a Ministra Rosa Weber aborda, em sua decisão, que todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, assegurado pelo Art. 225 da Constituição Federal.

É importante ressaltar, por fim, o cuidado em analisar e classificar os resultados oriundos de variações de LC de um dado trecho. Luijendijk al. (2018), por meio de um trabalho de caráter global, estabeleceu 6 classes relacionadas as taxas de acreção, estabilidade ou erosão (e subtipos), apresentando, por exemplo, -0,5 e +0,5 m/a como um intervalo de estabilidade. Todavia, ao confrontar com os dados previamente apresentados e discutidos neste trabalho, observou-se que por essa classificação aproximadamente 70% da área de estudo (4600 metros de LC) estariam com tendências de estabilidade, incluído grande parte do trecho protegido.

Resultados como esses, em praias protegidas por recifes, podem dar a falsa sensação de segurança. Para a região de Tamandaré, onde a artificialização no trecho protegido é grande, nos leva a concluir que quaisquer alterações de ordem natural podem contribuir para a geração de impactos, o que, de fato, já vem acontecendo. Embora gestores de recursos costeiros possam se beneficiar do conhecimento adquirido de mudanças históricas a LC (ROMINE; FLETCHER, 2013), os mal-intencionados podem utilizar do pretexto de “segurança” para criar e atualizar leis que abordem sobre limites e ocupação, de forma a regredir, indo de encontro, inclusive, ao Princípio do Não Retrocesso Ambiental. Nesse sentido, é de fundamental importância a criação de intervalos aceitáveis de classificação para praias protegidas por recifes.

### 5. 1. Gerenciamento costeiro em praias protegidas por recifes

Praias protegidas por recifes, como discutidas ao longo deste trabalho, estão presentes em grandes extensões do litoral nordestino (5º - 10º de latitude) (COSTA et al., 2016). Tão importante é a importância dessas feições, que ainda no século passado, notou-se a necessidade de preservação dos recifes, sendo a APCC a primeira UC federal a protegê-los (FERREIRA; MAIDA, 2006). Nesse contexto, legislações infraconstitucionais versaram também sobre o tema, como o Decreto 6514/2008, em seus arts. 38 e 39, que estabelecem multas diferenciadas para a importação ou exportação de espécies aquáticas, bem como a introdução (...) em regiões que possam impactar corais e quanto a exploração destes, respectivamente. Além disso, a Lei Federal nº 9605/1998, estabelece a responsabilização penal para aqueles que por ventura fundeiem embarcações ou lancem detritos de qualquer natureza sobre corais, devidamente demarcados em carta náutica (Inciso III, art. 33).

De um modo genérico, dessa forma, temos o reconhecimento da importância ecológica dos recifes de coral em legislações. Porém, não é possível observar citações sobre seus efeitos na costa (retaguarda e adjacências) de forma direta, indicando que os achados científicos relativamente recentes ainda não foram incorporados no arcabouço jurídico que versam sobre o gerenciamento costeiro. A exceção do exposto acima é tratada na Lei Estadual nº 14.258/2010, em seu Art. 9, que inova ao abordar que não será permitido edificações em áreas de tómbolo, saliências (...) que tenham resultado do crescimento natural da costa (...) com fins a manutenção do suprimento sedimentar da praia; e no Decreto 5.300/2004, que regulamenta o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei Federal nº 7.661/1988), no inciso VI, §1º, Art. 23, que aborda sobre critérios ao estabelecer os limites da orla marítima, entre eles, a observação de áreas sujeitas a erosão, como pontais e áreas próximas a desembocaduras fluviais, por apresentarem alta instabilidade. Dessa forma, temos que ambas as legislações se referem apenas indiretamente sobre o papel dos recifes na costa, uma vez que esses são responsáveis pela formação de saliências na costa, por exemplo (COSTA et al., 2016).

Todavia, embora legislações a nível federal e estadual versem sobre o tema, mesmo que de forma indireta, a Lei de Uso e Ocupação do Solo de Tamandaré (Lei Municipal nº 188/2002) não o faz. Na verdade, aborda no caput do Art. 151 que novos parcelamentos em áreas costeiras, será considerada não parcelável e não edificante em uma faixa de 75 (setenta e cinco) metros de largura, em toda a extensão das praias, contada a partir da preamar máxima

atual. Disso, conclui-se que a lei considera os processos costeiros atuantes como homogêneos, sem distinguir limites não parceláveis/ocupáveis para regiões protegidas (e.g. pontais) e baías, sem, ainda, apontar os critérios adotados para a definição da metragem supracitada. Nesse sentido, foi construído o Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima de Tamandaré (Projeto Orla – Tamandaré) em 2004, consoante ao Art. 34 do Decreto Federal nº 5300/2004. Embora tenha sido importante na identificação, na caracterização e na discussão sobre as problemáticas presentes na região, também não veio a abordar de forma direta a relação citada nesse parágrafo.

Nesse sentido, é importante a definição de critérios para a fixação de limites de não-construções na costa (ARAÚJO et al., 2007), levando em consideração tendências erosivas ou progradacionais anuais, os efeitos da elevação do nível relativo do mar (MUEHE, 2001), além da presença de estruturas capazes de influenciar nos processos costeiros, como os recifes costeiros. Além disso, é indispensável incorporar os achados científicos recentes, que corroboram para tratar praias protegidas por recifes como ambientes merecedoras de uma devida atenção, sobretudo, porque esses trechos já se encontram com ocupações consolidadas e com tendências a erosão, em especial as saliências. Muehe (2001), por exemplo, destaca a necessidade de evitar a construção de imóveis em pontais com largura inferior a 150 metros, devido ao risco de erosão e transposição pelas ondas, já que esta largura é insuficiente para o estabelecimento de uma faixa de proteção capaz de observar os efeitos de uma elevação do nível do mar, bem como, aqueles decorrentes de efeitos negativos do balanço sedimentar.

Logo, é urgente a necessidade da atualização das legislações que versam sobre o gerenciamento costeiro municipal, através do estabelecimento de critérios científicos na escolha de recuos para a não construção e parcelamento do solo, como os aqui discutidos; investimentos crescentes em fiscalizações que impeçam a privatização de bens públicos e, conseqüentemente os avanços das edificações sobre o sistema praias, consoante ao Art. 10 da Lei Federal nº 7.661/1988. E, além disso, sugere-se a internalização de sujeições presentes em outros documentos normativos aos usuários, como o Plano de Manejo da APACC, além da necessidade da elaboração dos Planos de Manejo da APAGua e do PNMFTams, uma vez que esses são indispensáveis em uma boa gestão territorial, como apontam Câmara e Silva (2021).

Assim, é essencial garantir que as políticas de gestão sejam eficazes na preservação e proteção dos ambientes costeiros (SUMMERS et al., 2018). Por fim, o monitoramento da evolução da linha de costa é essencial na previsão de mudanças nas praias, em especial em um futuro dominado pela elevação do nível do mar (ROMINE et al.; 2013; ROMINE et al., 2016) e devem ser estimulados, inclusive, em uma maior escala temporal, se possível, para que padrões sejam observados antes da ocupação antrópica em Tamandaré.

## 6. Conclusões

A presença dos recifes costeiros no litoral de Tamandaré resulta em uma linha de costa caracterizada por uma significativa variação espaço-temporal de erosão/recuo e acreção/avanço entre os trechos expostos e protegidos e dentro de cada um deles. A partir do estabelecimento de análises pontuais e utilização da ferramenta DSAS, foi possível identificar os pontos críticos de erosão costeira, como a margem esquerda da Foz do Rio Mamucabas e a erosão/recuo em pontais na região protegida urbanizada, além daqueles em acreção, como na baía de Tamandaré, em especial após o CEPENE, e em trechos onde houveram avanços de ocupações, como no trecho protegido urbanizado. É preciso, todavia, salientar que trechos em acreção não são sinônimos para construções, muito pelo contrário, deve ser estimulada a não ocupação, bem como, a não supressão da vegetação contida, em busca da retomada de padrões presentes antes da consolidação de atividades antrópicas.

O padrão de ocupação mostrou-se também heterogêneo. O trecho protegido contém maiores taxas de ocupação e estas mais próximas da LC, associado à presença esparsa de restingas, enquanto o trecho exposto apresenta ocupações a retaguarda do cordão de restingas, o que influencia na preservação dessas feições. A

presença de Áreas Protegidas (e.g. UCs) e a característica tardia de ocupação na baía também influenciaram na baixa taxa de ocupação relativa do trecho exposto, somado a incipiência de infraestrutura pública.

A praia de Tamandaré possui, de maneira geral, um conjunto de leis e normas que fornecem subsídios para o gerenciamento costeiro, associado, por exemplo, a presença de áreas protegidas que conferem maior proteção sobre o uso direto (UC sustentável) e uso indireto (UC integral). Todavia, percebe-se que parte delas foram promulgadas depois de parcelamentos e ocupações já presentes e, além disso, por vezes, conferindo uma “proteção homogênea”, não considerando os efeitos dos recifes a retaguarda. A Baía de Tamandaré, nesse sentido, por possuir características distintas da região protegida no que diz respeito à ocupação, pode ser classificada como de melhor consonância com a legislação em vigência, diferentemente do setor protegido.

Os resultados aqui encontrados e discutidos, podem servir como subsídios para os tomadores de decisões em diferentes âmbitos (municipal, estadual e federal), em conjunto ou individualizado, no que concerne a temática do gerenciamento costeiro. Ressalta-se, por fim, a necessidade da continuidade de trabalhos como esses, no intuito de dar continuidade a observação dos padrões que envolve os processos costeiros associados a feições costeiras, como os recifes de coral, além de avaliar continuamente a efetividade das legislações ambientais.

**Contribuições dos Autores:** Concepção, I. F. Câmara e M. B. Costa; metodologia, I. F. Câmara, T. F. Holanda e M. B. Costa; software, I. F. Câmara e T. F. Holanda; validação, I. F. Câmara, T. F. Holanda e M. B. Costa; análise formal, I. F. Câmara, T. F. Holanda e M. B. Costa; pesquisa, I. F. Câmara, T. F. Holanda e M. B. Costa; recursos, I. F. Câmara e M. B. Costa; preparação de dados, I. F. Câmara; escrita do artigo, I. F. Câmara, e M. B. Costa; revisão, I. F. Câmara, T. F. Holanda e M. B. Costa; supervisão, M. B. Costa; aquisição de financiamento, I. F. Câmara e M. B. Costa.

**Financiamento:** Esta pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio da concessão de uma bolsa de mestrado, e também pelo Programa Ecológico de Longa Duração Tamandaré Sustentável.

**Agradecimentos:** Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado do primeiro autor; ao Departamento de Oceanografia da UFPE; aos laboratórios de Oceanografia Geológica (LABOGEO/UFPE) e o de Cartografia Costeira (LACCOST/UFPE) pela estrutura de equipamento e de softwares; ao Programa Ecológico de Longa Duração Tamandaré Sustentável pelo suporte financeiro e ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Nordeste (CEPENE/ICMBio) pelo suporte logístico.

**Conflito de Interesse:** Os financiadores não tiveram interferências no desenvolvimento do estudo, nas coletas, nas análises ou nas interpretações dos dados; na redação do manuscrito, ou na decisão de publicar os resultados.

## Referências

1. ABREU, M. R. M.; ABREU NETO, J. C. Evolução da linha de costa da praia do Iguape, Aquiraz, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 1, p. 044-053, 2014. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v7.1.p044-053>
2. ARAÚJO, M. C. B.; SOUZA, S. T.; CHAGAS, A. C. O.; BARBOSA, S. C. T.; COSTA, M. F. Análise da ocupação urbana das praias de Pernambuco, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 7, n. 2, p. 97-104, 2007. DOI:10.5894/rgci17
3. BARROS, E. L.; GUERRA, R. G. P.; FERNANDES, R. P. Variação da linha de costa no litoral leste do estado do Ceará: o caso da RESEX da Prainha do Canto Verde. **Arquivo de Ciências do Mar**, v. 53, n. esp, p. 25-33, 2020. DOI: <https://doi.org/10.32360/acmar.v53iEspecial.42693>
4. BOAK, E. H.; TURNER, I. L. Shoreline definition and detection: A review. **Journal of Coastal Research**, v. 21, n. 4, p. 688-703, 2005. DOI: <https://doi.org/10.2112/03-0071.1>
5. BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1998. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**.
6. BRASIL. Decreto nº 5.300, de 7 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1998, que institui o Plano de Gerenciamento Costeiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**.

7. BRASIL. Decreto nº 597, de 23 de outubro de 1997. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental da Costa dos Corais, nos Estados de Alagoas e Pernambuco. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**.
8. BRASIL. Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para a apuração destas infrações. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**.
9. BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**.
10. BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**.
11. BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**.
12. CÂMARA, I. F.; SILVA, R. R. Mapeamento e evolução da ocupação irregular em falésias do litoral leste cearense, Nordeste do Brasil. **Geociências**, v. 40, n. 4, p. 1033-1046, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v40i04.15670>
13. CÂMARA, I. F.; SILVA, R. R.; BARROS, E. L. Caracterização Sedimentológica da Praia de Morro Branco, Litoral Leste Cearense: Uma Análise Espaço-temporal. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 7, p. 3788-3803, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.7.p3788-3803>
14. CONAMA. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**.
15. CONTI, L. A.; RODRIGUES, M. Variação da linha de costa na região da Ilha dos Guarás-PA, através de análise de série temporal de imagens de satélites. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 5, p. 922-937, 2011. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i5.232745>
16. COSTA, M. B. S. F.; ARAÚJO, M.; ARAÚJO, T. C. M.; SIEGLE, E. Influence of reef geometry on wave attenuation on a Brazilian coral reef. **Geomorphology**, v. 253, p. 318-327, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.11.001>
17. CROWELL, M.; LEATHERMAN, S. P.; BUCLKEY, M. K. Shoreline Change Rate Analysis: Long Term Versus Short Term Data. **Shore and Beach**, v. 61, n. 2, p. 13-20, 1993.
18. DOLAN, R.; FENSTER, M.S.; HOLME, S.J. Temporal analysis of shoreline recession and accretion. **Journal of Coastal Research**, v. 7, n. 3, p. 723-744, 1990. DOI: <https://www.jstor.org/stable/4297888>
19. DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; LEÃO, Z. M. A. N.; AZEVEDO, A. E. G. Geologia do quaternário costeiro do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 20, n. 1-4, p. 208-215. DOI:10.5327/RBG.V20I1.330
20. FARRAPEIRA NETO, C. A.; MORAIS, J. O. Evolução da linha de costa do município de Camocim, Ceará, Brasil. **Revista Casa da Geografia**, v. 16, n. 2, p. 101-114, 2014.
21. FERRARIO, F.; BECK, M. W.; STORLAZZI, C. D.; MICHELI, F.; SHEPARD, C. C.; AIROLDI, L. The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. **Nature Communications**, v. 5, n. 3794, p. 1-9, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms4794>
22. FERREIRA, B. P.; MAIDA, M. **Monitoramento dos recifes de coral do Brasil**. Ministério do Meio Ambiente – MMA. 2006. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-que-fazemos/Monitoramento\\_dos\\_Recifes\\_de\\_Coral\\_do\\_Brasil\\_Livro.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-que-fazemos/Monitoramento_dos_Recifes_de_Coral_do_Brasil_Livro.pdf). Acesso em: 02/11/2021.
23. FLETCHER, C. H.; ROMINE, B. M.; GENZ, A. S.; BARBEE, M. M.; DYER, M. D.; ANDERSON, T. R. LIM, S. C.; VITOUSEK, S.; BOCHICCHIO, C.; RICHMOND, B. M. **National Assessment of Shoreline Change: Historical Shoreline Change in the Hawaiian Islands**. 2012. Disponível em: [https://pubs.usgs.gov/of/2011/1051/pdf/ofr2011-1051\\_report\\_508.pdf](https://pubs.usgs.gov/of/2011/1051/pdf/ofr2011-1051_report_508.pdf). Acesso em: 12/12/2021.

24. GONÇALVES, R. M.; HOLANDA, T. F.; QUEIROZ, H. A. A.; SOUSA, P. H. G. O.; PEREIRA, P. S. Exploring RPAS potentiality using a RGB camera to understand short term variation on sandy beaches. **CATENA**, v. 210, n. 3, p. 1-14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.10594>
25. HOLANDA, T. F.; GONÇALVES, R. M.; LINO, A. P.; PEREIRA, P. S.; SOUSA, P. H. G. de O. Classificação das variações morfodinâmicas e processos costeiros, Praia do Paiva, PE, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, p. 235-251, 2020. DOI: 10.20502/rbg.v21i2.1796.
26. KOMAR, P. D. **Beach Processes and Sedimentation**. 2º Ed. N. J, Prentice Hall, 1973. 544p.
27. LUIJENDIJK, A.; HAGENNAARS, G.; RANASINGHE, R.; BAART, F.; DONCHYTS, G.; AARNINKHOF, S. The state of the world's beaches. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>
28. MALLMAAN, D.; PEREIRA, P.; SANTOS, F.; FAÇANHA, P. Classificação morfodinâmica das praias arenosas de Ipojuca (Pernambuco, Brasil) através da análise semântica de imagens de satélite pancromáticas. **Pesquisas em Geociências**, v. 41, n. 2, p. 169-189, 2014. DOI: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.78094>
29. MALLMANN, D. L. B.; ARAÚJO, T. C. M. Vulnerabilidade física do litoral sul de Pernambuco à erosão. **Tropical Oceanography**, v. 38, n. 2, p. 130-152, 2010. DOI:10.5914/tropocean.v38i2.5167
30. MANSO, V. A. V.; COUTINHO, P. N.; PEDROSA, F. J.; MACEDO, R. J.; SILVA, A. C.; GOIS, L. A.; BARCELLOS, R. L.; ARRUDA, S. D. D.; SOARES JUNIOR, C. F. A.; MADRUGA FILHO, J. D. Pernambuco. In: MUEHE, D. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. 1º Ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2018. p. 345-379.
31. MARTINS, K. A.; PEREIRA, O. S.; ESTEVES, L. S.; WILLIAMS, J. The role of coral reefs in costal protection: Analysis of Beach Morphology. **Journal of Coastal Research**, v. esp, n. 92, p. 157-164, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2112/SI92-018.1>
32. MARTINS, K. A.; PEREIRA, P. S.; LINO, A. P.; GONÇALVES, R. M. Determinação da erosão costeira no estado de Pernambuco através de geoindicadores. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 3, p. 533-546, 2016. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i3.854>
33. MENEZES, A. F.; PEREIRA, P. S.; GONÇAVES, R. M. Uso de geoindicadores para avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira através de sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 1, p. 276-296, 2018. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.1.p276-296>
34. MORAES, M. V. A. R.; FREIRE, G. S. S.; MANSO, V. A. V.; COSTA, S. S. L.; PORTELA, J. P. Variações temporais da Linha de Costa do município de Acaraú-Ceará-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 981-989, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150047>
35. MORAIS, J. O.; PINHEIRO, J. S.; CAVALCANTE, A. A.; PAULA, D. P.; SILVA, R. L. Erosão Costeira em praias adjacentes às desembocaduras fluviais: O caso de Pontal de Maceió, Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 8, n. 2, p. 61-76, 2008. DOI:10.5894/rgci132
36. MOREIRA, T. F.; ALBUQUERQUE, M. G.; ESPINOZA, J. M. A.; PAULA, D. P.; ALVES, D. C. L.; BARROS, E. L.; BENDÔ, A. R. R.; CONCEIÇÃO, T. F. Estudo do comportamento da linha de costa na praia do Icarai (Caucaia, Ceará), a partir dos métodos digital shoreline analysis system e do polígono de mudança. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 7, p. 3395-3411, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3395-3411>
37. MUEHE, D. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da Orla Costeira para fins de gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 35-44, 2001. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v2i1.6>
38. NICOLODI, J. L.; PETERMANN, R. M. Mudanças climáticas e a vulnerabilidade da zona costeira do Brasil: aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 10, n. 2, p. 151-177, 2010.
39. OLIVEIRA, M. R. L.; NICOLODI, J. L. A Gestão Costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla. Uma análise sob a ótica do poder público. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 12, n. 1, p. 91-100, 2012.
40. OSORIO-CANO, J. D.; ALCÉRRECA-HUERTA, J. C.; MARIÑO-TAPIA, I.; OSORIO, A. F.; ACEVEDO-RAMÍREZ, C.; COSTA, M.; PEREIRA, P.; MENDOZA, E.; ESCUDERO, M.; ASTORGA-MOAR, A.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, J.; APPENDINI,

- C. M.; SILVA, R.; OUMERACI, H. Effects of roughness loss on reef hydrodynamics and costal protection: Approaches in Latin America. *Estuaries and Coasts*, v. 42, p. 1742-1760, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12237-019-00584-4>.
41. PEREIRA, S. P.; ARAÚJO, T. C. M.; MANSO, V. A. V. Tropical Sandy Beaches of Pernambuco State. In: SHORT, D. A.; KLEIN, A. H. F. **Brazilian Beach System**. 1º Ed. Switzerland: Coastal Research Library, 2016. p. 251-279.
42. PERNAMBUCO. Decreto nº 19.635, de 13 de março de 1997. Declara como Área de Proteção Ambiental a região situada nos municípios de Sirinhaém, Rio Formoso, Tamandaré e Barreiros. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**.
43. PERNAMBUCO. Decreto nº 42.010, de 4 de agosto de 2015. Institui a linha de costa da zona costeira de Pernambuco. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**.
44. PERNAMBUCO. Lei nº 14.258, de 23 de dezembro de 2010. Institui a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**.
45. PORTELLA, D. B.; SANTOS, F. L. B.; ARAÚJO, T. C. M. Morphological and dynamical characterization of Tamandaré Bay, Pernambuco-Brazil. *Tropical Oceanography*, v. 29, n. 1, p. 79-86, 2001. DOI: <https://doi.org/10.5914/tropocean.v29i1.2840>
46. PORTZ, L.; ROCKETT, G. C.; FRANCHINI, R. A. L.; MANZOLLI, R. P.; GRUBER, N. L. S. Gestão de dunas costeiras: o uso de sistema de informações geográficas (SIG) na implantação de planos de gestão no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 14, n. 3, p. 517-534, 2014. DOI:10.5894/rgci445
47. PRUDÊNCIO, M. C.; AMARO, V. E.; SCUDELARI, A. C. Análise da evolução costeira entre os anos de 1984 e 2014 de trecho do litoral oriental do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ)*, v. 42, n. 2, p. 189-205, 2019.
48. RIBEIRO, J. S.; SOUSA, P. H. G. O.; VIEIRA, D. R.; SIEGLE, E. Evolução da vulnerabilidade à erosão costeira na Praia de Massaguaçu (SP), Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 13, n. 3, p. 253-265, 2013. DOI:10.5894/rgci377
49. ROMINE, B. M.; FLETCHER, C. A summary of historical shoreline changes on beaches of Kauai, Oahu, and Maui, Hawaii. *Journal of Coastal Research*, v. 29, n. 3, p. 05-614, 2013. DOI: <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-11-00202.1>
50. ROMINE, B. M.; FLETCHER, C. H.; BARBEE, M. N.; ANDERSON, T. R.; FRAZER, L. N. Are beach erosion rates and sea-level rise related in Hawaii? *Global and Planetary Change*, v. 108, p. 149-157, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/sed.12264>
51. ROMINE, B. M.; FLETCHER, C. H.; FRAZER, N.; ANDERSON, T. F. Beach erosion under rising sea-level modulated by costal geomorphology and sediment availability on carbonate reef-fringed island coasts. *Sedimentology*, v. 63, n. 5, p. 1-12, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/sed.12264>
52. ROSA, C. N.; BREMER, U. F.; KAMER, G.; PEREIRA FILHO, W.; HILLEBRAND, F. L.; SOUZA, S. F. Linha de Preamar: uma revisão sobre seus conceitos e implicações. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 4, p. 849-858, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i4.1334>
53. SANDERSON, P. G. A comparison of reef-protected environments in western Australia: The central west and Ningaloo coasts. *Earth Surface Process and Landform*, v. 25, n. 4, p. 397-419, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(200004\)25:4<397::AID-ESP62>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(200004)25:4<397::AID-ESP62>3.0.CO;2-9)
54. SANTOS, C. R. Proposta de critérios de ordenamento para a área de influência direta sobre a Área de Preservação Permanente (vegetação de restinga fixadora de dunas) do litoral catarinense: bases para uma gestão costeira integrada. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, v. 7, n. 1, p. 17-32, 2007.
55. SIEGLE, E.; COSTA, M. B. Nearshore wave power increase of reef-shaped costal due to sea-level rise. *Earth's Future*, v. 5, n. 10, p. 1054-1065, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/2017EF000624>
56. SILVA, E. R. M.; MALLMANN, D. L. B.; PEREIRA, P. S. Análise da estabilidade da Praia do Janga (Paulista, PE, Brasil) utilizando ferramenta computacional. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 15, n. 1, p. 109-120, 2015. DOI:10.5894/rgci492

57. SOUZA, C. R. G. A erosão costeira e os desafios da Gestão Costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9, n. 1, p. 17-37, 2009. DOI:10.5894/rgci147
58. SOUZA, C. R. G.; LUNA, G. C. Variação da linha de costa e balanço sedimentar de longo período em praias sob risco muito alto de erosão do município de Caraguatatuba (litoral norte de São Paulo, Brasil). **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 10, n. 2, p. 179-199, 2010. DOI:10.5894/rgci176
59. SUMMERS, A.; FLETCHER, C. H.; SPIRANDELLI, D. MCDONALD, K.; OVER, J.S; ANDERSON, T.; BARBEE, M.; ROMINE, B. M. Failure to protect beaches under slowly rising sea level. **Climatic Change**, v. 151, n. 1, p. 427-443, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2327-7>.
60. SMITH, G.; ZARILLO, G. Calculating long-term shoreline recession rates using aerial photographic and beach profiling techniques. **Journal of Coastal Research**, v. 6, n. 1, p. 111-120, 1990. DOI: <https://www.jstor.org/stable/4297648>.
61. SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. **Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental nº 748**. 2020. Disponível em: <<https://stf.jusbrasil.com.br/>>. Acesso em: 14/12/2021.
62. TAMANDARÉ. Decreto nº 013, de 10 de setembro de 2003. Cria o Parque Natural Municipal do Forte de Tamandaré. **Acervo de leis, Portal da transparência de Tamandaré – PE**.
63. TAMANDARÉ. Lei nº 188, de 27 de dezembro de 2002. Dispõe sobre o Parcelamento, o Uso e a Ocupação do Solo Urbano e sobre as Zonas Áreas Especiais localizadas na área rural do Município de Tamandaré. **Acervo de leis, Portal da transparência de Tamandaré – PE**.
64. TAMANDARÉ. Lei nº 336, de 08 de julho de 2011. Dá nova redação ao inciso I do §1 do art. 56 a Lei nº. 188/2002, que instituiu o Parcelamento, o Uso e Ocupação do Solo. **Acervo de leis, Portal da transparência de Tamandaré – PE**.
65. TAMANDARÉ. Plano de intervenção na orla marítima de Tamandaré (Projeto Orla). **Ministério do Meio Ambiente**. 2004. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/945.html?Itemid=887>> Acesso em: 14/12/21.
66. TO, D. V.; THAO, P. T. P. A Shoreline Analysis using DSAS in Nam Dinh Coastal Area. **International Journal of Geoinformatics**, v. 4, n. 1, p. 37-42, 2008.
67. VENEKEY, V.; SANTOS, P. J. P.; GENEVOIS-FONSÊSCA, V. G. The influence of tidal and rainfall cycles on intertidal nematodes: A case study in a tropical sand beach. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, n. 2, p. 247-256, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-87592014061706204>.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.