

AS INTERAÇÕES MULTIESCALARES E AS DINÂMICAS ESPAÇO-TEMPORAIS DOS AGENTES NATURAIS E ANTRÓPICOS ATUANTES NA ZONA COSTEIRA DO ESTADO DO CEARÁ: UM ESTUDO TEÓRICO

MULTISCALAR INTERACTIONS AND SPACE-TIME DYNAMICS OF NATURAL AND ANTHROPIC AGENTS WORKING IN THE COASTAL ZONE OF THE STATE OF CEARÁ: A THEORETICAL STUDY

INTERACCIONES MULTIESCALARES Y DINÁMICAS ESPACIO-TEMPORALES DE AGENTES NATURALES Y ANTRÓPICOS QUE ACTÚAN EN LA ZONA COSTERA DEL ESTADO DE CEARÁ: UN ESTUDIO TEÓRICO

Eduardo de Sousa Marques¹

Vanda Carneiro de Claudino-Sales²

Lidriana de Souza Pinheiro³

RESUMO: O desenvolvimento desta pesquisa utiliza a revisão sistemática de literatura com o propósito de realizar um estudo teórico e interpretativo sobre as mudanças espaciais e temporais na zona costeira do litoral do Ceará, observando a atuação mútua e concomitante dos fatores dimensionados em várias escalas de atuação que interferem na variação do nível do mar. Foi realizado a coleta de informações de trabalhos em duas bases de dados: periódicos da CAPES e Scielo. A primeira etapa consistiu no aproveitamento de pesquisas realizadas anteriormente, disponíveis no Google Acadêmico. O processo de seleção seguiu procedimentos preestabelecidos, com o objetivo final de coletar informações qualitativas sobre a ação multiescalar dos fatores atuantes na zona costeira do Estado do Ceará, construindo esquematizações resultantes das interpretações realizadas após a leitura das pesquisas. Estes estudos podem auxiliar os diversos projetos e planos em curso na zona costeira, proporcionando tomadas de atitudes mais efetivas e racionais.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Antropoceno. Zonas costeiras. Escalas. Ceará.

1 Doutorando do Curso de Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará – UFC. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5306-5452>. E-mail: eduardomarques@alu.ufc.br.

2 Pós-doutora em Geomorfologia Costeira da Universidade da Florida – UF. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9252-0729>. E-mail: vcs@ufc.br.

3 Doutora em Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0863-0771>. E-mail: lidriana@ufc.br.

Agradecimentos: À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos (doutorado) para a realização dessa pesquisa vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais (PPGCMT, LABOMAR – UFC).

Artigo recebido em maio de 2022 e aceito para publicação em setembro de 2022.

ABSTRACT: The development of this research uses the systematic review of the literature with the purpose of carrying out a theoretical and interpretative study on the spatial and temporal changes in the coastal zone of the coast of Ceará, observing the mutual and concomitant action of the factors dimensioned in various scales of action that interfere in sea level variation. Information was collected from works in two databases: CAPES and Scielo journals. The first step consisted of taking advantage of previously conducted research, available on Google Scholar. The selection process followed pre-established procedures, with the final objective of collecting qualitative information about the multi-scale action of the factors acting in the coastal zone of the State of Ceará, building schematizations resulting from the interpretations carried out after reading the research. These studies can help the various projects and plans underway in the coastal zone, providing more effective and rational attitudes.

Keywords: Climate Change. Anthropocene. Coastal areas. Scales. Ceará.

RESUMEN: El desarrollo de esta investigación utiliza la revisión sistemática de la literatura con el objetivo de realizar un estudio teórico e interpretativo sobre los cambios espaciales y temporales en la zona costera del litoral de Ceará, observando la acción mutua y concomitante de los factores dimensionados en varias escalas de acción que interfieren en la variación del nivel del mar. La información fue recolectada de trabajos en dos bases de datos: revistas CAPES y Scielo. El primer paso consistió en aprovechar la investigación realizada previamente, disponible en Google Scholar. El proceso de selección siguió procedimientos preestablecidos, con el objetivo final de recolectar informaciones cualitativas sobre la acción multiescalar de los factores que actúan en la zona costera del Estado de Ceará, construyendo esquematizaciones resultantes de las interpretaciones realizadas después de la lectura de la investigación. Estos estudios pueden ayudar a los distintos proyectos y planes en marcha en la zona costera, aportando actitudes más eficaces y racionales.

Palabras clave: Cambio Climático. Antropoceno. Areas costeras. Escamas. Ceará.

INTRODUÇÃO

O estudo sobre a ação conjunta dos agentes endógenos e exógenos em um determinado espaço geográfico tem como fator importante o dimensionamento da atuação desses agentes, debatendo no caso o conhecimento acerca da escala de atuação e/ou abrangência. Em uma perspectiva dinâmica, entender essas escalas que diferenciam os agentes em micro (locais e regionais) e macro (globais) é fundamental para compreender não só as suas inter-relações e as interconexões, mas também as suas estruturas e hierarquias, sendo as escalas de observação um tema primordial para a ciência geográfica (SOTCHAVA, 1978; BERTRAND, 2004; MEIRELES et al., 2005).

É recorrente o debate sobre as mudanças climáticas na atual no Antropoceno, onde se questiona o grau de intervenção antrópica no sistema climático-atmosférico-oceanográfico. Aqui, levanta-se hipóteses sobre o limite da interferência humana em escalas de dimensões planetárias e astronômicas, como no caso da variação do nível do mar a partir das mudanças climáticas caracterizadas em nível global (SUGUIO et al., 1985; MUEHE, 1995; OLIVEIRA et al., 2017). Considera-se importante uma releitura sobre os estudos levantados sobre a multiescalaridade dos agentes atuantes, sabendo que em uma dinâmica ambiental considera-se a ação concomitante desses agentes, compreendendo que os seus comportamentos não ocorrem de forma homogênea (ou uniforme) no espaço e no tempo.

Esse estudo torna-se essencial para as tomadas de atitudes mais planejadas e racionais por parte dos representantes políticos e órgãos governamentais, além de representar a evolução do debate científico sobre as interpretações das dinâmicas dos sistemas terrestres. Esse estudo pode contribuir também para os avanços teóricos nos prognósticos climáticos que estão em constante construção atualmente, como no caso do IPCC - O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (CHURCH et al. 2013). Além disso, o atual debate sobre o Período Antropocênico questiona as potencialidades das intervenções antrópicas e o grau de alteração nos sistemas ambientais dimensionados em várias escalas de observação, trazendo questionamentos sobre as consequências futuras em um cenário de contínuo desequilíbrio desses sistemas ambientais.

No geral, pretende-se com essa pesquisa contribuir com uma nova interpretação dessa multiescalaridade espaço-temporal a partir de uma releitura dos autores que estudam as mudanças climáticas e a evolução morfológica do relevo no contexto do litoral do Nordeste do Brasil, em especial o litoral do Ceará, observando a variação do nível do mar como objeto de estudo. Foi realizada uma busca em diferentes bases de dados de artigos que tratam desses assuntos, realizando a partir da leitura integral dos arquivos coletados uma nova interpretação acerca da multiescalaridade dos agentes que interferem na variação do nível do mar. Os produtos finais gerados foi a produção de esquematizações que representam o resultado final dessas interpretações.

METODOLOGIA

Esta pesquisa desenvolveu uma busca de dados qualitativos com o objetivo de realizar uma revisão sistemática de literatura sobre os agentes exógenos e endógenos que atuam (ou interferem) na variação do nível do mar no litoral do Estado do Ceará. A primeira etapa da pesquisa consistiu em levantar hipóteses sobre as dinâmicas ambientais dimensionadas na zona costeira do Brasil, usando por base os conhecimentos adquiridos sobre os agentes causadores da variação do nível do mar, buscando responder a pergunta: *quais agentes interferem de forma direta e indireta na variação do nível do mar na costa do Estado do Ceará?* Foram coletados artigos e capítulos de livros sem mencionar escalas temporais no buscador do Google Acadêmico, pesquisando trabalhos que discutem temas sobre: *mudanças climáticas, variação da linha de costa e do nível do mar no Ceará,*

erosão costeira no Ceará, processos de ocupação e exploração da zona costeira no Ceará, relação entre a morfodinâmica e a hidrodinâmica costeira no Ceará.

Para início do estado da arte foram aproveitados os resultados sumariamente coletados de estudos bibliográficos feitos antes da construção desse artigo, proveniente de pesquisas já realizadas sobre esses temas, com enfoque voltado para o litoral do Nordeste do Brasil, mais especificamente no litoral do Estado do Ceará. Essa primeira etapa marcou um maior acervo de artigos, livros e capítulos de livros consultados de forma gratuita na internet, sem **minuciar** uma base de dados, utilizando no buscador apenas os termos presentes nos temas elencados anteriormente e selecionando os trabalhos mais citados (ou com maior expressão de publicação), totalizando assim 52 arquivos. Em um segundo momento foi realizada a busca de novos artigos (exceto os livros e capítulos de livros) presentes em duas bases de dados, que foram: periódicos da CAPES e Scielo. Nesse momento foi convencionado que os artigos que não se encontravam nessas bases de dados seriam descartados. A principal ideia de desenvolver uma construção de interpretações neste primeiro e segundo momento é de promover um avanço conceitual e teórico sobre o assunto a partir da continuidade dos estudos realizados a longo prazo.

Foi utilizado a língua portuguesa nos termos usados para a busca, porém foi selecionado “qualquer idioma” na busca avançada a fim de se ter um maior alcance de trabalhos. Os termos escolhidos foram: *nível do mar AND mudanças climáticas AND Ceará, erosão costeira AND mudanças climáticas AND Ceará, linha de costa AND mudanças climáticas AND Ceará, zonas costeiras AND mudanças climáticas AND Ceará, morfodinâmica costeira AND mudanças climáticas AND Ceará*. Nos filtros foram buscados os termos contidos no título, no assunto (no caso dos Periódicos da CAPES) ou em todos os índices (no caso do Scielo), já no processo de seleção/exclusão foi observado no primeiro momento informações contidas no título, no resumo e nas palavras-chaves. Foram excluídos os artigos que não apresentavam correlação com os temas ou que não continham pelo menos um dos termos escolhidos.

Além disso, no processo de seleção e exclusão dos trabalhos foram admitidos apenas as pesquisas realizadas no (ou sobre) o litoral cearense, ou na costa nordestina, ou no Oceano Atlântico Equatorial (ou em ambos os assuntos). Após essa etapa, os artigos foram conferidos na sua íntegra, coletando informações qualitativas sobre a atuação de agentes exógenos e endógenos na variação do nível do mar e a sua respectiva escala de atuação. Procurou-se desenvolver também uma avaliação cega no processo de avaliação da qualidade e viabilidade de uso do artigo, buscando proceder os passos descritos anteriormente. Nas bases de dados foram identificados e excluídos os arquivos duplicados (repetidos), quantificando após a realização de todos os procedimentos os seguintes resultados:

- **Periódicos da CAPES:** artigos coletados = 12 / artigos selecionados = 3
- **Scielo:** artigos coletados = 16 / artigos selecionados = 3

No processo de coleta dos dados qualitativos foi desenvolvido uma tabela contendo informações (seja qualitativas ou quantitativas) sobre a atuação desses agentes em cada escala de observação (local, regional e global), objetivando diferenciar as ações e as

suas respectivas amplitudes no espaço. As informações coletadas para o estudo sobre esses agentes foram: ocorrência espacial (escala), ocorrência temporal (em anos: cem, mil, milhões), ciclos de ocorrências e as principais consequências promovidas por estes agentes (seja em critérios geológicos ou geomorfológicos). Esse mesmo procedimento também foi realizado no primeiro momento da pesquisa, colaborando com o processo de coleta de informações. É preciso destacar que estas informações não serão utilizadas como resultados da pesquisa, tampouco serão publicadas, apenas deverá contribuir nos processos de construção das interpretações posteriormente realizadas (terceiro momento), filtrando apenas os dados necessários para o desenvolvimento do texto do artigo. Durante as discussões utilizou-se a paisagem e o espaço como categorias geográficas de análise.

Nessa etapa (terceiro momento) foi descrita e delimitada a partir da análise das informações coletadas a presença de agentes naturais que se encontram em macroescalas e em microescalas de acordo com os estudos realizados (após a filtragem e seleção de artigos), desenvolvendo para isso interpretações e inferências a respeito do dimensionamento e interação multiescalar destes fatores. As informações coletadas foram necessárias para a construção de esquematizações que objetiva melhor apresentar as interpretações e conclusões realizadas nesta etapa. O objetivo dessa etapa está em desenvolver teorias e construir esquematizações que possam explicar de forma clara e didática a dinâmica natural da área a fim de construir novas inferências.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De modo geral, foi observado nas fases de coleta e seleção de artigos nas duas bases de dados escolhidas (periódicos da CAPES e Scielo) um reduzido quantitativo de trabalhos que abordam uma correlação (seja direta ou indireta) das mudanças climáticas antropogênicas com a variação do nível do mar e da linha de costa, zonas/erosão costeira e a relação da morfodinâmica com a hidrodinâmica costeira na costa do Nordeste do Brasil, em especial no litoral do Estado do Ceará, observando uma maior concentração de trabalhos nas regiões Sudeste e Sul do país. Dessa forma, justifica-se a necessidade de desenvolvimento e discussões dessas pesquisas, principalmente nas áreas onde ainda ocorre pouca produção científica no assunto, como no caso da região Nordeste.

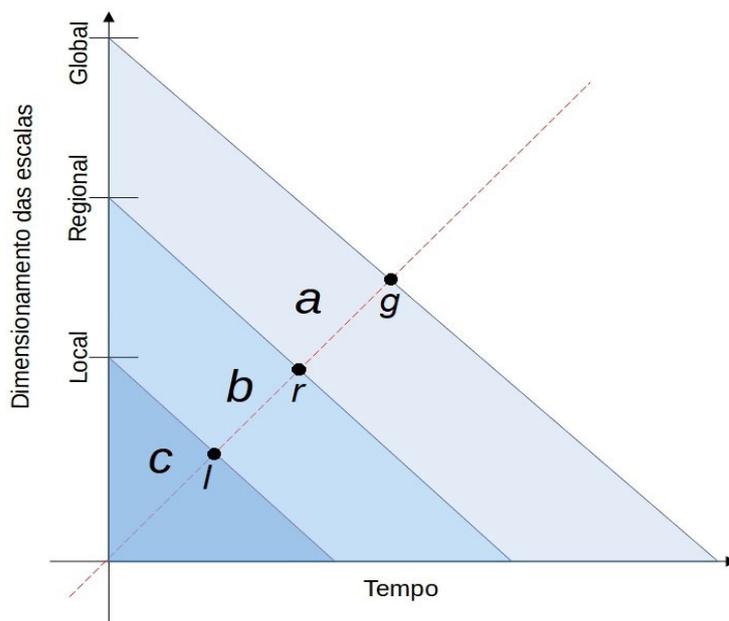
A urgência de pesquisas do estado da arte na zona costeira da região Nordeste pode ser respondida pelas características geoambientais locais e regionais, pois diante das mudanças climáticas antropogênicas que está em curso é possível observar ocorrências de erosão acelerada (principalmente nas áreas mais densamente povoadas), interferência na evolução fisiográfica das feições costeiras diante da especulação imobiliária, influxo dos rios com a presença de barragens, criação de salinas e carcinoculturas clandestinas, extração ilegal de areia de praia, bloqueio do transporte eólico de sedimentos no campo de dunas, etc. Essas ocorrências podem não interferir diretamente nas dinâmicas dimensionadas em escalas astronômicas/planetárias, por outro lado as cíclicas mudanças que ocorrem em macroescalas influenciam diretamente no comportamento dos agentes em microescalas.

A multiescalaridade espacial e temporal dos fatores causadores da variação do nível do mar

Os heterogêneos agentes atuantes na zona costeira podem ser mensurados em diversas escalas de atuação, influenciados por fatores climáticos, pelas movimentações da crosta terrestre, pela rotação terrestre e por fatores gravitacionais, constituindo assim um complexo sistema entre os oceanos e os continentes (SUGUIO et al., 1985; MEIRELES et al., 2005). A diversidade de processos geoambientais que configuram a zona costeira responde pelas instabilidades das evoluções fisiográficas das feições, tornando-as susceptíveis a mudanças espaciais (PINHEIRO et al., 2016; COUTINHO et al., 2016). O resultado da variação do nível do mar está diretamente associado com a desigual distribuição da massa d'água dos oceanos por conta das irregularidades topográficas da Terra, considerando que as movimentações das águas oceânicas se comportam de forma diferenciada de acordo com as heterogêneas condições geoambientais em escala regional e local (MARTIN et al. 1993; SUGUIO et al. 1985; CHURCH et al. 2013; COUTINHO et al., 2016; BRAGA et al., 2020).

As constantes variações do nível relativo do mar são ocasionadas por inúmeras reações geossistêmicas de diferentes dimensões e escalas, e provocam um contínuo remodelamento das feições costeiras (MEIRELES et al., 2005). A variação da linha de costa está diretamente relacionada com a oscilação do nível do mar, no decorrer do tempo geológico essas mudanças podem ser cíclicas, apresentar um processo erosivo ou progradacional (BIRD, 2008; BRAGA et al., 2020). É importante considerar que a variação do nível do mar deve ser mensurada em diferentes escalas regionais e locais, sendo inviável a elaboração de uma curva global (geral) do nível do mar que tenderia ser relativa (SUGUIO et al., 1985; MEIRELES et al., 2005). A glácioeustasia, tectono-eustasia, a geóido-eustasia e a sedimentoeustasia provocam mudanças dos níveis oceânicos (eustasia), com diferentes amplitudes espaciais e temporais em diferentes faixas latitudinais do planeta, podendo ser evidenciados por indicadores geológicos, arqueológicos e biológicos (BRUUN, 1962; SUGUIO et al., 1985; MARTIN et al., 1993; MUEHE, 1995; BIRD, 2008; CUNHA et al., 2017).

Ao observar a intensa dinâmica natural existente nas zonas costeiras que interferem sistematicamente no nível do mar, se propõe uma interpretação matemática simplificada sobre as interações diretas ou indiretas entre os fatores que incidem em um espaço, dimensionados em multiescalas (Figura 1). A dinâmica ambiental (*da*) (equação 1) em um determinado espaço é dada pela variação e interação de diversos fatores (*a*, *b*, *c*), podendo ser dimensionados em três escalas de abrangência ao longo do tempo. Além disso, a variação e ação desses fatores sobre o espaço apresenta heterogêneas potencialidades ou graus de interferências, representados pelos expoentes *x*, *y*, *z*. A medida da amplitude espaço-temporal desses fatores são indicados pelos pontos *g* (global), *r* (regional) e *l* (local), onde $g > r > l$.



Equação 1: $da = f(\Delta a^x, \Delta b^y, \Delta c^z)$

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 1. dimensionamento multiescalar dos fatores ao longo do tempo. Observa-se que as tonalidades em azul indica que não há divisão ou separação dos fatores atuantes, a principal proposta é representar uma dinâmica interação de forma hierárquica. O ponto g equivale a eventos de longa duração (milhões de anos) como as mudanças morfológicas do fundo do oceano por eventos tectônicos, o ponto r equivale a eventos de média duração (milhares de anos) como os eventos interglaciais, o ponto l equivale a eventos de curta duração (meses e centenas de anos) como os ajustamentos isostáticos do terreno.

A recente configuração das feições costeiras é resultado das variações do nível do mar durante o Pleistoceno e o Holoceno da atual Era Cenozoica, influenciado pelos contínuos ciclos de glaciação e deglaciação, a tectônica global e a forma geoidal da Terra (BRUUN, 1962; BIRD, 2008). A formação do litoral do Ceará origina-se a partir da separação do continente sul-americano e o africano no período Cretáceo da Era Mesozoica, havendo assim um processo de *rifting* sentido em escala mundial ao longo de milhões de anos (MARTIN et al., 1993; MUEHE, 1995; CLAUDINO-SALES; PEULVAST, 2006). Dessa forma, considera-se que a subida do nível do mar está diretamente relacionada com a contínua abertura e expansão dos oceanos nos processos de divergências de placas tectônicas, onde há uma intumescência térmica que proporciona uma elevação do fundo oceânico nas dorsais, formando uma crosta mais densa e em processo de subsidência térmica (DEBELMAS; MASCLE, 2002; MEIRELES et al. 2005; BRAGA et al., 2020).

Apesar de ocasionar transgressões generalizadas nos processos de *rifting*, as causas tectônicas podem ser mensuradas por uma abrangência regional, sendo que as deformações do modelado das margens continentais dependem das características geológicas (SKINNER;

TUREKIAN, 1977; DEBELMAS; MASCLE, 2002; TEIXEIRA et al., 2009), havendo assim uma variação do deslocamento vertical do terreno que proporciona estágios transgressivos que favorece os processos erosivos e a sedimentação siliciclástica na costa semiárida do Brasil (PINHEIRO et al., 2020). As variações eustáticas em escala planetária estão relacionadas com os cíclicos períodos de glaciação e deglaciação, ocorrendo no modo geladeira (glaciação) o confinamento de parte da água (em forma de gelo ou neve) nos continentes, causando uma queda global do nível da água, no modo estufa há uma elevação da temperatura no planeta, motivando o derretimento e recuo das geleiras (deglaciação), aumentando o volume de água e a subida do nível dos oceanos (SKINNER; TUREKIAN, 1977; SUGUIO et al., 1985; TEIXEIRA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2017). No litoral do Brasil o período de deglaciação no Holoceno promoveu a intensificação do processo de transgressão marinha, numa taxa de 100 centímetros por século (MUEHE, 1995).

De modo geral, é possível correlacionar as mudanças do nível do mar e a temperatura dos oceanos com os fenômenos de movimentos de placas tectônicas e as atividades vulcânicas, podendo também estar associado com as mudanças dos modos geladeira e estufa (NANCE et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017). Os eventos de glaciação e deglaciação proporcionam variações do nível do mar em centenas de metros, apresentando uma duração estimada em milhares de anos (MUEHE, 1995). As atuais feições costeiras estão associadas as variações do nível do mar ao longo do Quaternário, responsáveis pela redistribuição da cobertura sedimentar inconsolidada dos fundos marinhos desde o último grande evento glacial ocorrido há 18 mil anos (TEIXEIRA et al., 2009). Na costa semiárida do Nordeste do Brasil a sedimentação siliciclástica ocorreu em períodos de diminuição do nível do mar, enquanto que a sedimentação carbonática se processou em períodos de aumento ou estabilização do nível do mar (PINHEIRO et al., 2020). Além disso, há uma correlação entre o comportamento térmico dos oceanos com as contínuas mudanças climáticas, estabelecendo assim alterações dos níveis dos mares que são responsáveis pelo controle de sedimentação e erosão na zona costeira (BIRD, 2008; BRANDÃO, 2008).

As mudanças climáticas são eventos que ocorrem naturalmente na história da Terra, podendo apresentar durações estimadas em meses ou algumas centenas de anos, incluindo também nessa questão os ajustamentos isostáticos, os efeitos tectônicos locais, as mudanças da pressão atmosférica, a circulação termohalina e a deformação do geóide por efeitos gravitacionais (MUEHE, 1995; ARTAXO, 2014; FRANCHINI et al., 2017). Alterações da distribuição, frequência e intensidade dos fenômenos atmosféricos e das características físicas e químicas dos oceanos são sinais de mudanças climáticas, tendencialmente continuarão a ocorrer no futuro de forma cíclica e em constante relação com os fatores astronômicos (BIRD, 2008; SATO; POLITO, 2008; TEIXEIRA et al., 2009, OLIVEIRA et al., 2017). Essas alterações podem repercutir em escalas mais locais, caracterizadas por causas deposicionais que podem ser facilmente modificadas por ações antrópicas que acelera os efeitos erosivos e favorece um maior deslocamento da linha de costa (SKINNER; TUREKIAN, 1977; SUGUIO, 1998; CLAUDINO-SALES; PEULVAST, 2006; MORAIS et al., 2006).

Dados atuais da NASA (2021) revela um constante aumento do nível médio global do mar de 1993 até atualmente, registrando em janeiro de 2021 uma variação da altura do mar de 98 mm (± 4 mm de margem de incerteza), com uma taxa de variação de 3,3 mm ($\pm 0,4$ mm/ano). Esses dados indica um cenário inverso dos estudos que revelam uma tendência progratativa da costa brasileira que ocorre em escala milenar (SUGUIO et al., 1985; TEIXEIRA et al., 2009). Além disso, esses resultados levam a discutir sobre as atuais condições climáticas da Terra, submetida por fatores astronômicos como os ciclos lunares e nodal da Lua (MOLION, 2017) e os ciclos solares (OLIVEIRA et al., 2017), além da crescente intervenção antropogênica que pode interferir na composição gasosa da atmosfera terrestre a partir da emissão de gases de efeito estufa, podendo interferir também no comportamento físico e químico das águas superficiais dos oceanos (CHURCH et al., 2013; MOLION, 2017). As principais consequências estão nas ocorrências de eventos extremos como as secas, as ondas de calor e as enchentes, alteração dos níveis de salinidade das águas subterrâneas dos municípios costeiros, impactos sobre o ecossistema costeiro e o bioma marinho (PEIXINHO; FEITOSA, 2008; GUIMARÃES et al., 2010; BERNARDES et al., 2012; GODOY; LACERDA, 2015; ALVES et al., 2021).

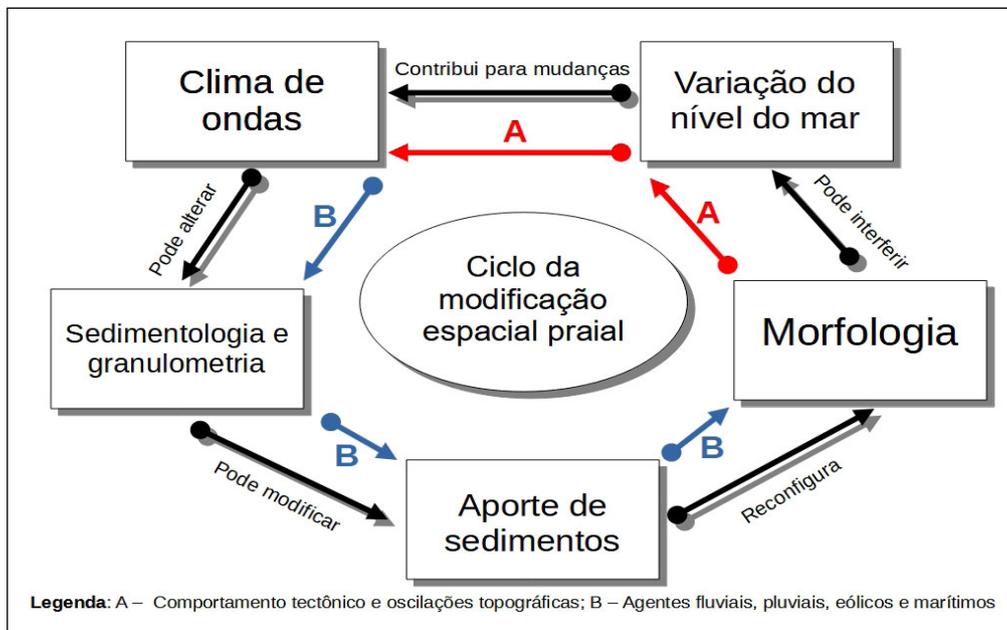
Mudanças espaço-temporais promovidas pela atuação conjunta entre a morfodinâmica e a hidrodinâmica costeira

As constantes mudanças espaço-temporais são resultado das inúmeras dinâmicas que se processam mutuamente, formando um sistema com agentes que funcionam e evoluem associadamente, organizados conjuntamente, interligados e alinhados em várias escalas e complexidades em um sistema de hierarquias (CAPRA, 1996; TROPMAIR; GALINA, 2006). Nesse sentido, aplica-se a evolução conjunta da morfodinâmica e da hidrodinâmica praial, observando que a ação da água provoca uma constante remobilização dos sedimentos inconsolidados da praia, gerando diferentes gradientes espaço-temporais em seu transporte que altera a morfologia do perfil praial (BROWN et al., 1999; CALLIARI et al., 2003). Critérios como a topografia de fundo e a geometria dos sedimentos tem relação direta com o potencial de remobilização dos grãos, incluindo também a aerodinâmica como fator potencial na movimentação dos sedimentos (WRIGHT; THOM, 1977; SILVA et al., 2004). Essas dinâmicas configuram e individualizam as paisagens, produtos de diferentes processos evolutivos.

Dessa forma, observa-se que na medida que a hidrodinâmica atuante induz mudanças morfológicas das feições costeiras, as mesmas causam alterações no padrão hidrodinâmico, formando um sistema natural que evolui conjuntamente (CALLIARI et al., 2003). As considerações acerca desse assunto passaram por reformulações teóricas, definindo na década de 1970 uma morfodinâmica costeira atrelada ao constante remodelamento topográfico e a padronização da dinâmica dos fluidos como grandezas que interagem mutuamente e não hierarquicamente (WRIGHT; THOM, 1977; ALBUQUERQUE et al., 2009). Atualmente a morfodinâmica costeira se consolida como um importante método de

estudo da morfologia e da dinâmica costeira, apresentando assim uma interpretação mais completa e coerente (CALLIARI et al., 2003). Além disso, esse estudo fornece subsídios para o acompanhamento espaço-temporal de ciclos de erosão e deposição, permitindo também a construção de prognósticos das mudanças morfológicas (MALLMANN et al., 2014; ALVES et al., 2021).

O ciclo da modificação espacial praial (Figura 2) é uma proposta de interpretação da ação cíclica e concomitante dos agentes exógenos e endógenos, e consiste em um sistema aberto e dimensionado em multiescalas de abrangências, apesar de estar esquematizado em um ciclo com formato pentagonal (com cinco elementos constituintes) as inúmeras interações e dinâmicas podem sofrer alterações a partir do comportamento dos agentes dimensionados em escalas planetárias e astronômicas. De forma resumida, esse ciclo define a modificação do espaço praial diante da atuação de agentes endógenos (nas setas vermelhas “A”) e exógenos (nas setas azuis “B”). Dependendo da localização geográfica, haverá uma maior intensificação de um agente ou fator (uma relação dialética, mas não excludente), evidenciando assim as inúmeras diferenças geoambientais que podem ser identificadas e caracterizadas, havendo a necessidade de se (re)ajustar as formas de apropriação do espaço.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 2. ciclo da modificação espacial praial. Pontua-se que os elementos constituintes nesse ciclo atuam de forma simultânea e de forma contínua, a relação apresentada é de causa e efeito em uma representação simplificada da dinâmica espacial. A caracterização climática de uma região é resultante da atuação contínua de elementos e fatores dimensionados em escala astronômica, sua interferência nesse ciclo ocorre de forma a alterar a intensidade ou a amplitude da ação desses elementos, interferindo diretamente em todos os elementos constituintes. A ação antropogênica também pode intervir (em uma menor abrangência, mas em ritmo acelerado) na evolução (ou no comportamento) desses elementos constituintes, porém não interfere no processo de caracterização climática de uma região.

Dessa forma, compreende-se que as escalas de abrangência planetária consistem no somatório de vários ciclos com características geoambientais próprias, individualizados por elementos espaciais que configuram e diferenciam as paisagens. A individualização dos mecanismos destes ciclos (Figura 2) são dimensionados em microescala (letra B na legenda da Figura 2) e não interfere diretamente nos mecanismos de sistemas em macroescala (letra A na legenda da Figura 2), como no caso das ações antropogênicas que artificializam as paisagens, mas não anulam ou ativam as atividades tectônicas. Porém, é importante considerar que um conjunto integrado e sistemático de agentes que atuam em microescala pode (gradualmente) interferir no comportamento de agentes dimensionados em macroescala, pois as características que definem os agentes em macroescalas está atrelado ao comportamento conjunto de todos os ciclos constituintes, integrados sistematicamente (Figura 2).

A morfodinâmica costeira está relacionada com as formas deposicionais, que por sua vez está em constante contato com os processos hidrodinâmicos atuantes (WRIGHT; SHORT, 1984), alterando assim a modelagem das feições costeiras por fatores geológicos relativos aos processos genéticos (deposições e afloramentos rochosos e movimentos da crosta terrestre) e por fatores climáticos que moldam a geomorfologia local, com níveis de modificações dependentes da litologia local (BIRD, 2008). Esses fatores alteram constantemente a configuração do litoral a partir da ação dos agentes que provocam erosões, transportes e deposições de sedimentos, observando que o grau de modificação espacial dependerá do volume de sedimentos depositados, da granulometria dos sedimentos, da composição mineralógica, da energia das ondas, do perfil topográfico e da variação do nível do mar (MUEHE, 1995). Dessa forma, considera-se que as praias podem apresentar diferentes graus de modificações espaciais, com variados níveis de vulnerabilidades e susceptibilidades (ALVES et al., 2021). Dessa forma, interpreta-se que um dado espaço pode apresentar um mosaico de paisagens interconectados, com características próprias diretamente dependente das dinâmicas em macroescalas.

A mecânica atrelada ao retrabalhamento dos sedimentos na zona costeira tem como ponto de partida o aporte de sedimentos provenientes do continente, que serão transportados pelos rios e depositados na plataforma continental (MUEHE, 2006). A variação da ação hidrodinâmica das águas continentais para a plataforma continental gera padrões sedimentares mistos, interferindo na formação de paisagens com diferentes tipos de usos (PINHEIRO et al., 2020). A constante ação das ondas em zonas de águas rasas que incidem obliquamente a praia realizam a remobilização dos sedimentos em direção ao perfil praiial, deslocando-se perpendicularmente à costa em forma de zig-zag (*swash e backwash*), gerando uma corrente longitudinal (deriva litorânea) que flui a oeste (no caso das praias no Ceará) em razão da atuação dos ventos alísios (MABESOONE, 1968; BROWN et al., 1999; MUEHE, 2001; CLAUDINO-SALES; CARVALHO, 2014).

A quebra das ondas e o transporte de sedimentos seguem em direção oblíqua de propagação em relação a linha costa, promovendo uma deposição diferencial com uma maior presença de sedimentos mais grosseiros nos fundos dominados por ondas em águas

rasas (ondas com profundidade menor ou igual à metade do seu comprimento), reduzindo assim a taxa de deposição de sedimentos mais finos nessa zona (MUEHE, 1995; SILVA et al., 2004; TEIXEIRA et al. 2009). Além disso, as zonas costeiras situadas em condições semiáridas (como no caso do Estado do Ceará) apresentam um baixo fluxo dos rios que se caracterizam por serem temporários, que somado com outros fatores e dinâmicas naturais e com as inúmeras intervenções antropogênicas interferem no desenvolvimento fisiográfico das praias a partir da redução no transporte de sedimentos e desequilíbrios da balança sedimentar (SMITH; MORAIS, 1984; MORAIS et al., 2006; PINHEIRO et al., 2020)

O padrão hidrodinâmico local é o resultado da interação entre as ondas e as marés, impondo um constante atrito que modificará a geometria dos sedimentos inconsolidados, alterando assim a caracterização morfológica das feições costeiras e, conseqüentemente, o padrão hidrodinâmico (SHORT, 1996). Dessa forma, é possível considerar um padrão cíclico entre as evoluções morfodinâmicas e hidrodinâmicas, que se reajustam constantemente em um sistema integrado (SHORT, 1996; MUEHE, 2001; CALLIARI et al., 2003). Nos estudos morfodinâmicos no litoral do Ceará destaca-se a zona de surf como o início da evolução fisiográfica das praias, importante zona onde ocorre a dissipação das ondas, proporcionando o desenvolvimento de grande parte dos processos que controlam a morfodinâmica e a hidrodinâmica praial (CALLIARI et al., 2003; MASSELINK; TURNER, 1999 *apud* MALLMANN et al. 2014).

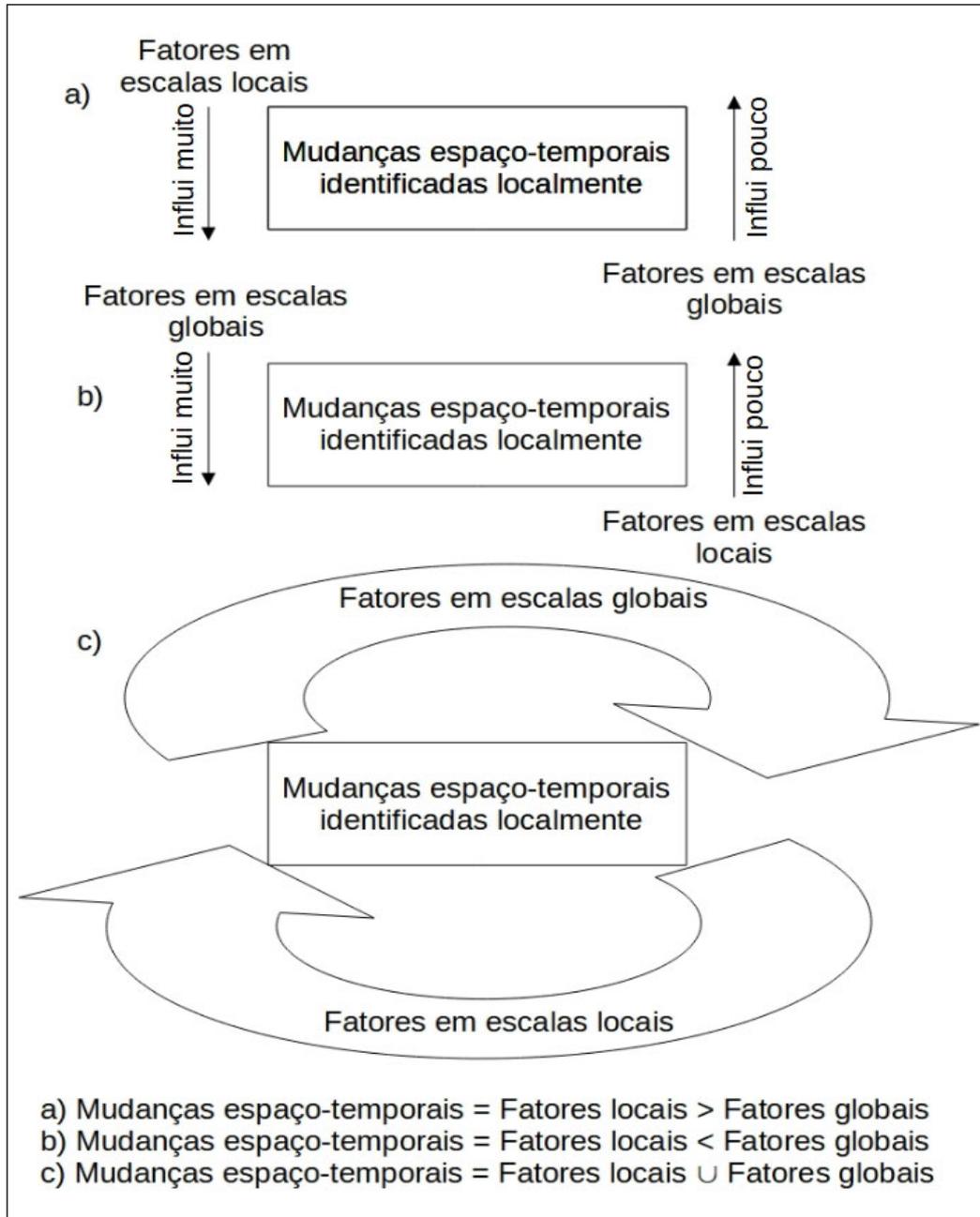
Dessa forma, para avaliar o grau de equilíbrio de uma praia é necessário observar o tamanho do grão e o clima de ondas, sabendo que qualquer alteração granulométrica poderá ocasionar alterações morfológicas e hidrodinâmicas. Praias com sedimentos mal selecionados podem apresentar correntes variadas e proximidade com a rocha mãe (ou rocha matriz), por outro lado as praias com sedimentos bem selecionados apresentam regularidades de correntes. Além disso, a granulometria pode também interferir no estado morfodinâmico, com praias refletivas caracterizadas pela alta inclinação e por conter sedimentos mais grosseiros, as praias dissipativas que apresentam pequenas inclinações e contêm sedimentos mais finos, os estágios intermediários que podem se desenvolver a partir de um perfil dissipativo para um estado refletivo no momento em que ocorre progressivamente uma maior inclinação da face de praia (MUEHE, 1995; SILVA et al., 2004). Por conta da alta dinamicidade natural esses ambientes não apresentam um estágio fixo referente a sua morfodinâmica e hidrodinâmica, podendo variar a sua configuração com relação ao seu estado mais frequente e modal, a depender da ação mútua dos agentes exógenos e endógenos (MUEHE, 1995).

A alta dinamicidade dos fatores de microescalas nas zonas costeiras: a ação dos agentes exógenos nas transformações paisagísticas

Os processos atribuídos a evolução morfológica das feições costeiras apresenta um importante componente que interfere na padronização dos mecanismos naturais: a ação antropogênica (MEIRELES et al., 2005). A erosão costeira faz parte dos diversos

mecanismos da natureza, é resultado da ação conjunta de fatores naturais que configuram fisicamente o espaço e que é caracterizada por conter um balanço sedimentar negativo, sendo que a aceleração dos efeitos erosivos pode estar correlacionados com os fatores antropogênicos em escala local de atuação (SUGUIO, 1998; MEIRELES et al., 2005; BERNARDES et al., 2012; COELHO, 2020).

A recente discussão sobre as crescentes mudanças espaço-temporais ocorridas nos últimos tempos indica a presença de um novo período no tempo geológico da Terra, denominado de Antropoceno, marcado por alterações significativas das dinâmicas naturais do planeta, acarretando acentuados desequilíbrios ambientais, sendo a forma de atuação do Homem sobre o seu meio habitado o principal fator em questão (ARTAXO, 2014; GODOY; LACERDA, 2015; FRANCHINI et al., 2017; BRAGA et al., 2020). Nessa discussão é possível observar duas linhas de interpretação, aqueles que consideram que as mudanças globais são provocados por fatores em escalas locais e aqueles que afirmam que os fatores locais estão submetidos as mudanças globais dimensionadas em escalas de abrangência planetária. No entanto, há ainda uma resposta oposta e alternativa a estas duas teorias, na qual desconsidera este sistema de hierarquias multiescalar, observando que há uma ação simultânea (porém heterogênea) dos fatores em escalas locais e globais em um dado espaço delimitado por dinâmicas próprias (Figura 3). Apesar destas diferentes considerações, entende-se aqui a interação multidimensional entre as escalas, tornando-se assim um sistema aberto com a possibilidade de ocorrer a presença e atuação de outras escalas de maiores abrangências.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. esquematização teórica sobre a relação dos fatores em escalas locais e globais nas mudanças espaço-temporais em um dado espaço. Observa-se que nos esquemas “a” e “b” há uma contrabalança dos fatores em escalas globais e locais sobre as mudanças espaço-temporais, havendo assim a sobreposição de um fator sobre o outro. Esses esquemas revelam uma interpretação linear da dinâmica natural em um dado espaço, onde um fator pode anular o outro. No esquema “c” não há uma relação de exclusão e sobreposição, o que se propõe é uma relação cíclica e conjunta (de forma simultânea) de todos os fatores sobre um dado espaço, sem deixar de considerar a heterogeneidade da sua natureza.

A alta dinamicidade natural da zona costeira torna constante a variação da linha de costa durante variados fluxos de tempo, em decorrência da atuação de diversas forças provenientes de diferentes processos: a tectônica de placas, efeito das marés, correntes marítimas, variações da temperatura e pressão, etc. (BIRD, 2008; COELHO, 2020). Esses processos naturais atuam em diferentes escalas de tempo e espaço, interferindo na variação do nível do mar, na circulação oceânica, no clima de ondas, no regime de ventos, etc. (MUEHE, 1995). As alterações das condições naturais na zona costeira podem ocasionar diversas reações geossistêmicas, podendo também interferir nos processos morfogenéticos de diferentes escalas, modificando assim a variação do nível do mar e a intensidade da erosão em uma determinada área (BRUUN, 1962; MARTIN et al., 1993; MEIRELES et al., 2005; BERNARDES et al., 2012; BRAGA et al., 2020).

O equilíbrio sedimentar da zona costeira está diretamente associado com a variação do nível do mar, onde o aumento deste nível provocará deslocamento do volume erodido na linha de costa, ocorrendo assim um transporte *offshore* em direção para a antepraia (BRUUN, 1962). A antepraia é uma zona da praia que equivale a profundidade de fechamento, que é a profundidade limite onde cessa o transporte sedimentar pelas ondas e correntes (WANG; DAVIS JR, 2007). Para que ocorra um equilíbrio sedimentar das praias é necessário haver um controle e gerenciamento dos processos de uso e ocupação nas zonas *onshore* e *offshore*: na parte *offshore* é importante que as intervenções antrópicas ocorram em profundidades acima do ponto de fechamento, na parte *onshore* essas intervenções devem ser evitadas nas zonas onde ocorrem o *bypass* litorâneo e o processo de deriva litorânea (CLAUDINO-SALES; CARVALHO, 2014).

Um segmento costeiro poderá apresentar diferentes respostas erosivas, a variação da linha de costa dependerá da situação geográfica, das características geológicas e geomorfológicas locais (MUEHE, 2001). A Costa Semiárida do Nordeste do Brasil apresenta condições ambientais que favorece a intensificação da erosão diante de uma eventual elevação do nível do mar, caracterizando-se por uma superfície relativamente estreita e plana, contendo baixa sedimentação terrígena pelos rios que estão submetidos a condições climáticas semiáridas, favorecendo assim na alta produção carbonática com direção a costa (MUEHE, 1995; COUTINHO, 2000; PINHEIROS et al., 2020; LINS OLIVEIRA et al., 2021). A balança sedimentar negativa no perfil praiado pode ser acentuada pela presença de inúmeras intervenções antropogênicas, como os desmatamentos, as salinas, a carcinicultura, as barragens nos cursos dos rios e no acelerado processo de urbanização que se fixa nas margens dos rios, provocando assim déficits sedimentares na fachada marítima (CLAUDINO-SALES; PEULVAST, 2006; MORAIS et al., 2006; MEIRELES et al., 2007).

O acelerado e desordenado processo de uso e ocupação da zona costeira do Estado do Ceará somado com as mudanças climáticas em curso intensificam a tendência erosiva das costas arenosas no mundo nas últimas décadas, sendo a elevação do nível do mar a principal causa desse fenômeno (SUGUIO, 2010; ALVES et al., 2021; NASA, 2021). Além do impacto sobre a evolução fisiográfica das feições costeiras, o avanço do mar interfere na salinidade das águas subterrâneas, afetando assim na qualidade da água

e ameaçando a segurança hídrica e alimentar da população litorânea (PEIXINHO; FEITOSA, 2008; ALVES et al., 2021; BERNARDES et al., 2012). Uma provável consequência está nos desequilíbrios ecológicos, artificialização da paisagem e na perda da atratividade do lugar, gerando diversas perdas econômicas para a população e para os investidores locais, sendo necessário a criação e execução de planejamentos a longo prazo e gestão de ações integradas com a participação direta das comunidades tradicionais (MEIRELES et al., 2007; ALVES et al., 2021; BERNARDES et al., 2012).

Por ser um ambiente cobiçado pela sua beleza cênica, é comum encontrar na zona costeira do Ceará diversos conflitos para o uso e exploração do território, resultante de diversos interesses econômicos e políticos. Esses conflitos tendem a se intensificar rapidamente e de forma desordenada em consonância com o desenvolvimento econômico local, havendo a necessidade de promover um gerenciamento costeiro com a participação das comunidades envolvidas (MEIRELES et al., 2007). A falta de informação resulta na dificuldade de criação de planejamentos e ações para o gerenciamento costeiro pelos órgãos públicos competentes, o qual carece de dados que possa caracterizar geoambientalmente a área para melhor mapear e compreendê-lo, e avaliar se o que ocorre é resultado de um processo natural, ou por um ciclo marcado por desequilíbrios ambientais que espontaneamente e esporadicamente retorna a normalidade ou por fatores que proporciona respostas erosivas contínuas (MUEHE, 2006; ALVES et al., 2021). É importante pontuar a necessidade de um planejamento espacial marinho que extrapole os estudos locais que se encontram individualizados, havendo assim a execução de projetos a longo prazo que contemple extensões a um nível regional da zona costeira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento do debate sobre as mudanças climáticas antropogênicas está relacionado com a necessidade de criar projetos ou planos a longos prazos com o intuito de amenizar os diversos problemas que podem ser potencializados futuramente, como no caso do avanço do mar que pode motivar casos de insegurança alimentar a partir da salinização dos lençóis freáticos, além da destruição do patrimônio público e privado e geração de desabrigados, resultando em vulnerabilidades socioeconômicas. Nesse contexto, é preciso compreender os efeitos da ação dos diversos agentes dimensionados em multiescalas (assunto primordial nos estudos geográficos), que atuam sobre um determinado espaço e que podem estar em processos cíclicos ou não. É nesse sentido que as pesquisas teóricas sobre o assunto devem estar em constante acompanhamento, construção e renovação a fim de auxiliar os futuros planejamentos e intervenções por parte dos representantes políticos.

Essas questões passam por um estudo de causa e efeito em multiescalas, sendo necessário a comunicação entre os cientistas de diversas áreas para a construção de uma visão holística sobre a natureza. Ações nesse sentido podem ser identificadas nos relatórios do IPCC, mas há pouca aplicabilidade para as questões mais locais. O desenvolvimento de estudos pautados na interpretação da ação multiescalar dos fatores que atuam em

um determinado espaço pode proporcionar a delimitação daquilo que é permissível e daquilo que é proibido no processo de apropriação do espaço, buscando desenvolver uma economia racional e sustentável que se adéqua as características geoambientais. No caso das zonas costeiras, considera-se que há uma maior urgência da construção desses estudos por conta da alta dinamicidade natural e das rápidas mudanças paisagísticas, incentivadas por crescentes intervenções antropogênicas em microescalas. A ausência de um gerenciamento costeiro efetivo e competente possibilita a existência e acumulação de problemas ambientais, podendo ser intensificados a depender do comportamento dos fatores em macroescalas, sendo necessário a sua estruturação a longo prazo.

No caso da zona costeira do Estado do Ceará foi possível identificar uma carência de trabalhos que possam trazer uma relação entre as mudanças climáticas antropogênicas com as dinâmicas dimensionadas em microescalas. O desenvolvimento de pesquisas científicas na área torna-se urgente diante do acelerado processo de exploração e artificialização do espaço, gerando inúmeros desequilíbrios ambientais. Dessa forma, é preciso pontuar a necessidade de se construir pesquisas que possam discutir o comportamento dos fatores em macroescalas e as eventuais consequências acumulativas em microescalas. Outro ponto a considerar nesse contexto é o contínuo questionamento das causas e dos efeitos gerados pelas inúmeras intervenções antropogênicas que se diferenciam no tempo e no espaço, e que devem ser levados em consideração no processo de construção de novos projetos de apropriação dos espaços. As vulnerabilidades da zona costeira no litoral do Ceará têm relação com o acelerado ritmo de apropriação e exploração dos recursos naturais, sendo preciso repensar essas intervenções com o propósito de ofertar justiça social e ambiental para os povos do litoral.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. G.; CALLIARI L. J.; CORRÊA I. C. S.; PINHEIRO L. S. Morfodinâmica da Praia do Futuro, Fortaleza - CE: uma síntese de dois anos de estudo. **Quaternary and Environmental Geosciences**, 01(2): 49 – 57, 2009.
- ALVES, D.C. L.; WESCHENFELDER, J.; FERREIRA-CRAVO, M.; ESPINOZA J. M. A.; ALBUQUERQUE, M. G. Advances in the application of digital elevation models (DEMS) for the evaluation of coastal flooding. **Revista Mercator** (Fortaleza) [online], 20 (e20012): 1 - 19, 2021.
- ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? **Revista USP**, 103: 13 – 24, 2014.
- BERNARDES, M. C; KNOPPERS, B. A.; REZENDE, C. E.; SOUZA, W. F. L.; OVALLE, A. R. C. Land-sea Interface Features of Four Estuaries on the South America Atlantic Coast. **Brazilian Journal of Biology**, 72 (3 SUPPL): 761 - 774, 2012.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Revista Ra´e ga**, UFPR, Curitiba (PR), 8: 141 – 152, 2004.
- BIRD, E. C. F. **Coastal Geomorphology**: An introduction. Second edition, British library,

England, 436 p., 2008.

BRAGA, R. C.; PIMENTEL, M. A. S.; ROCHA, E. J. P. Mudanças climáticas e impactos da elevação do nível do mar na zona costeira: pesquisa bibliográfica e contribuição conceitual. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science** (Anápolis), 9 (1): 230 - 255, 2020.

BRANDÃO, R. L. Regiões costeiras. In: SILVA, C. R. **Geodiversidade do Brasil – Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro**. CPRM, Rio de Janeiro, p. 89 – 97, 2008.

BROWN, E.; COLLING, A.; PARK, D.; PHILLIPS, J.; ROTHERY, D.; WRIGHT, J. **Waves, Tides and Shallow Water Processes**. Second edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, The Open University, 227 p, 1999.

BRUNN, P. Sea level rise as a cause of shore erosion. **Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering**, ASCE, 88: 117 – 130, 1962.

CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO JÚNIOR, E. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, 51 (único): 63 – 78, 2003.

CAPRA, F. A. Teia da Vida. Cultrix, São Paulo, 249 p, 1996.

CHURCH, J. A.; CLARK, P. U.; CAZENAVE, A.; GREGORY, J. M.; JEVREJEVA, S.; LEVERMANN, A.; MERRIFIELD, M. A.; MILNE, G. A.; NEREM, R. S.; NUNN, P. D.; PAYNE, A. J.; PFEFFER, W. T.; STAMMER, D.; UNNIKRIISHNAN, A. S. Sea Level Change. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V and Midgley PM (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1137 – 1216, 2013.

CLAUDINO-SALES, V.; CARVALHO, A. M. Dinâmica costeira controlada por promontórios no Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Geociências (UNESP)**, 33 (4): 579 – 595, 2014.

CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J. P. Geomorfologia da zona costeira do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. In: Silva JB, Dantas EWC, Zanella ME, Meireles AJA (Org.). **Litoral e sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro**. Expressão gráfica, Fortaleza, p. 349 – 366, 2006.

COELHO, A. L. N. Análise do deslocamento da linha de costa e sua intensidade com base em produtos de sensoriamento remoto. In: Muehe D, Lins-de-Barros FM, Pinheiro LS (orgs.) **Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos**. Rio de Janeiro: PGGM, p. 56-73, 2020.

COUTINHO, P N. Levantamento do Estado da Arte da Pesquisa dos Recursos Vivos Marinhos do Brasil. In: Coutinho PN (Coordenador). **Oceanografia Geológica**, Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente, (Programa REVIZEE), ed. Brasília, 75 p, 2000.

COUTINHO, R.; YAGINUMA, L. E.; SIVIERO, F.; SANTOS, J. C. Q. P.; LOPEZ, M. S.; CHRISTOFOLETTI, R. A.; BERCHEZ, F.; GHILARDI-LOPES, N. P.; FERREIRA,

- C. E. L.; GONÇALVES, J. E. A.; MASI, B. P.; CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H.; SKINNER, L. F.; ZALMON, I. R. Studies on benthic communities of rocky shores on the Brazilian coast and climate change monitoring: status of knowledge and challenges. **Brazilian Journal of Oceanography** [online], 64 (2 sp): 27 – 36, 2016.
- CUNHA, A. M.; CASTRO, J. W. A.; PEREIRA, F. M. B.; CARVALHO, M. A.; SUGUIO, K. Variações do nível relativo do mar durante o Holoceno na Bacia do Rio Una, Cabo Frio – Rio de Janeiro: aspectos sedimentológicos, faciologicos e geocronológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia** (Online), 18 (1):143 – 154, 2017.
- DEBELMAS, J.; MASCLE, G. **As grandes estruturas geológicas**. Fundação Calouste Gulbenkian, Espaço 2 gráfico, Lisboa, 389 p, 2002.
- FRANCHINI, M.; VIOLA, E.; BARROS – PLATIAU, A. F. B. The challenges of the Anthropocene: From international environmental politics to global governance. **Revista Ambiente e Sociedade**, XX (3): 177 – 202, 2017.
- GODOY, M. D. P.; LACERDA, L. D. Mangroves Response to Climate Change: A Review of Recent Findings on Mangrove Extension and Distribution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** [online], 87 (2): 651 – 667, 2015.
- GUIMARÃES, J. T. F.; COHEN, M. C. L.; FRANÇA, M. C.; LARA, R. J.; BEHLING, H. Model of Wetland Development of the Amapá Coast during the Late Holocene. **Anais Da Academia Brasileira De Ciências**, 82 (2): 451 – 465, 2010.
- LINS OLIVEIRA, J. E.; GARCIA, J. R. J.; ROQUE, P. C. G.; VIANA, D. L. Ciências do mar: origens, conceitos e fundamentos. *In*: Viana DL, Lins Oliveira JE, Hazin FHV, Souza MAC (orgs.); **Ciências do mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil**. 1ª edição, Olinda (PE), Design publicações, 1, 22 – 51, 2021.
- MABESOONE, J. M. **Sedimentologia**. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife (PE), 473 p, 1963.
- MALLMANN, 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**, 41 (2): 169 – 189, 2014.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário Superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros. **Boletim IG – USP**, 15, 186 p, 1993.
- MEIRELES, A. J. A.; ARRUDA, M. G. C.; GORAYEB, A.; THIERS, P. R. L. Integração dos indicadores geoambientais de flutuações do nível relativo do mar e de mudanças climáticas no litoral cearense. **Revista Mercator**, 04 (08): 109 – 134, 2005.
- MEIRELES, A. J. A.; CASSOLA, R. S.; TUPINAMBÁ, S. V.; QUEIROZ, L. S. Impactos ambientais decorrentes das atividades da carcinicultura ao longo do litoral cearense, nordeste do Brasil. **Revista Mercator**, 6 (12): 83 – 106, 2007.
- MOLION, L. C. B. Gênese do El Niño. **Revista Brasileira de Climatologia**, 13, 21: 1–4, 2017.
- MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S. S.; PINHEIRO, L. S.; SOUZA, M. J. N.; CARVALHO, A. M.; PESSOA, P. R. S.; OLIVEIRA, S. H. M. Caracterização fisiográfica e geoambiental

- da zona costeira do Estado do Ceará. In: Muehe D (Org.). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. MMA (Ministério do Meio Ambiente), Rio de Janeiro, 1, 132 – 154, 2006.
- MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: Guerra AJT, Cunha SB (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2ª ed., Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p. 253 – 308, 1995.
- MUEHE, D. **Erosão e progradação no litoral brasileiro**. MUEHE, D. (Org.). Brasília: MMA, 476 p, 2006.
- MUEHE, D. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2 (1): 35 – 44, 2001.
- NANCE, R. D.; MURPHY, J. B.; SANTOS, H. M. **The supercontinent cycle: A retrospective essay**. Gondwana Research, 25 (1): 4 – 29, 2014.
- NASA (2021). Sea Level (Latest Measurement: May, 2021). **Global Climate Change, Vital Signs of The Planet** – NASA. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>>. Acessado em: 17 de maio de 2021.
- OLIVEIRA, M. J.; CARNEIRO, C. D. R.; VECCHIA, F. A. S.; BAPTISTA, G. M. M. Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. **Revista Terrae Didática**, 13 (3): 149 – 184, 2017.
- PEIXINHO, F. C.; FEITOSA, F. A. C. Água é vida. In: Silva CR (Org.). **Geodiversidade do Brasil** – Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. CPRM, Rio de Janeiro, p. 58 – 63, 2008.
- PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; MAIA, L. P. The Beaches of Ceará. In: Short AD, Klein AHF (Org.). **The Beaches of Brazil**. Springer, Amsterdam, 1: 175 – 199, 2016.
- PINHEIRO, L. S.; XIMENES NETO, A. R.; MEDEIROS, D. H. M.; PESSOA, P. R. S.; MORAIS, J. O. A Plataforma Continental Semiárida do Brasil. In: Muehe D, Lins-De-Barros FM, Pinheiro LS (orgs.) **Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos**. Rio de Janeiro: PGGM, p. 129 – 151, 2020.
- SATO, O. T.; POLITO, P. S. Influence of salinity on the interannual heat storage trends in the Atlantic estimated from altimeters and Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic data. **Journal of geophysical research**, 113: 1 – 11, 2008.
- SILVA, C. G.; PATCHINEELAN, S. M.; BATISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. In: Batista Neto JA, Ponzi VRAE, Sichel SE (Org.). **Introdução à Geologia Marinha**. Editora Interciência, Rio de Janeiro, p. 175 – 218, 2004.
- SKINNER, B. J.; TUREKIAN, K. K. **O Homem e o Oceano**. Tradução e adaptação de Suguio, K. Editora Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo, 160 p, 1977.
- SHORT, A. D. The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: A review. **Revista Chilena de História Natural**, 69: 589 – 604, 1996.
- SMITH, A. J.; MORAIS, J. O. Estudos preliminares sobre a Geologia Ambiental costeira do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Arquivo Ciências do Mar (LABOMAR)**, 23: 85 – 96, 1984.
- SOTCHAVA, V. B. **O estudo do Geossistema**. Métodos em questão, Instituto de Geografia

(USP), 16: 1 – 52, 1978.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia sedimentar e áreas afins**. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1222 p, 1998.

SUGUIO, K. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais**. Oficina de Textos, São Paulo, 408 p, 2010.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, 15: 273 – 286, 1985.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2ª edição, Companhia Editora Nacional, São Paulo (SP), 624 p, 2009.

TROPPMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. **Revista Mercator**, 05 (10): 79 – 89, 2006.

WANG, P.; DAVIS JR, R. A. Profundidade de fechamento e perfil de equilíbrio de praia um estudo de caso em Sand Key, Florida. **Revista Mercator**, 06 (12): 51 – 68, 2007.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. **Marine Geology**, 56: 93 – 118, 1984.

WRIGHT, L. D.; THOM, B. G. Coastal depositional landforms: A morphodynamic approach. **Progress in Physical Geography**, 1: 412 – 459, 1977.