



OCUPAÇÃO URBANA NOS CAMPOS DE DUNAS E AS CONSEQUÊNCIAS PARA A CIDADE DE FORTALEZA, CEARÁ, NORDESTE DO BRASIL.

*URBAN OCCUPATION IN THE DUNE FIELDS AND THE CONSEQUENCES FOR
THE CITY OF FORTALEZA, CEARÁ, NORTHEASTERN BRAZIL*

*OCUPACIÓN URBANA EN CAMPOS DE DUNAS Y LAS CONSECUENCIAS PARA LA
CIUDAD DE FORTALEZA, CEARÁ, NORDESTE DE BRASIL*

MONIQUE TORRES DE QUEIROZ ¹
ANTÔNIO JEOVAH DE ANDRADE MEIRELES ²

¹ Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade de São Paulo (USP).
E-mail: moniquetorres@usp.br, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3426-9265>

² Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.
E-mail: meireles@ufc.br, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0464-2863>

RESUMO

No contexto da expansão urbana nos campos de dunas, compreender quais são as dunas afetadas, as atividades responsáveis e os serviços ecossistêmicos colapsados é importante para uma gestão mais eficiente da cidade. Neste estudo, foram realizados levantamentos bibliográficos e aplicadas análises de sensoriamento remoto, comparando três setores do município de Fortaleza nos recortes temporais: 1945, 2003, 2010 e 2020. Ao todo, Fortaleza reduziu 62,14% da sua cobertura de campos de dunas presente em 1945. A principal atividade oriunda da expansão urbana factível de ter auxiliado na redução das dunas foi o setor residencial. O elevado grau de descaracterização das dunas em cidades litorâneas impacta os serviços ecossistêmicos prestados à cidade, como regulação do clima, reservas estratégicas de água nos aquíferos e lagoas costeiras, recreação e proteção da costa contra eventos climáticos.

Palavras-chave: Dunas. Expansão Urbana. Serviços Ecossistêmicos.

ABSTRACT

In the urban expansion on dune fields context, understanding which dune areas are affected, the causal activities and which ecosystem services are collapsed is important for a more efficient city management. In the present study, bibliographic surveys were carried out and remote sensing analyzes were applied, comparing three sectors of the Fortaleza city in the time frames: 1945, 2003, 2010 and 2020. Altogether, Fortaleza reduced its original dune field coverage from 1945 by 62.14%. The main activity of the urban expansion that reduced the dunes coverage was the residential sector. The high degree of dunes reduction in coastal cities impacts the ecosystem services such as climate regulation, strategic water reserves in coastal aquifers and lagoons, recreation and protection of the coast against climatic events.

Palavras-chave: Dunes. Urban Expansion. Ecosystem Services.

RESUMEN

En el contexto de expansión urbana nos campos de dunas, entender qué dunas se ven afectadas, actividades responsables y servicios ecossistémicos colapsados es importante para una gestión más eficiente de la ciudad. En el presente estudio, se realizaron levantamientos bibliográficos y se aplicaron medidas de teledetección, comparando tres sectores de la ciudad de Fortaleza en los marcos temporales: 1945, 2003, 2010 y 2020. Fortaleza redujo su actual cobertura de dunas en un 62,14%. La principal actividad resultante de la expansión urbana que pudo haber ayudado a reducir las dunas fue el sector residencial. El alto grado de reducción de dunas en las ciudades costeras impacta en los servicios ecossistémicos que se brindan a la ciudad, tales como regulación climática, reservas estratégicas de agua en acuíferos costeros, recreación y protección de la costa frente a eventos climáticos.

Palavras-chave: Dunas. Expansión Urbana. Servicios de Ecosistema.

INTRODUÇÃO

As dunas são morfologias fundamentais na composição dos ecossistemas litorâneos e são caracterizadas como relevos eólicos de ampla disponibilidade de sedimentos do tipo areia que, por meio da ação dos ventos, alimentam outros ambientes de praia, do continente e de transição (estuários e lagoas costeiras) (MARTÍNEZ *et al.*, 2008). Com distribuição global, as dunas



podem apresentar vegetações associadas e uma variedade de formas sob a influência do regime de ventos e da disponibilidade de areia (WASSON e HYDE, 1983). Os sistemas eólicos também são indicadores de mudanças climáticas e do nível relativo do mar, principalmente durante o último evento glacial e interglacial subsequente (MEIRELES, GORAYEB, PEREIRA FILHO, 2018).

As dunas, quando vegetadas, abrigam uma vasta riqueza de flora e de fauna distribuída na topografia e desde os pontos mais elevados até os nichos ecológicos situados nas áreas mais baixas, como ambientes pantanosos e úmidos (EVERARD *et al.*, 2010). Além da biodiversidade e de desempenharem complexas relações com os demais sistemas ambientais do entorno, as dunas móveis, fixas e semifixas prestam serviços ecossistêmicos fundamentais para as pessoas (GARCIA-LOZANO e PINTÓ, 2018).

Os serviços ecossistêmicos (SE), de acordo com Costanza *et al.*, 2017, estão vinculados à evolução ecológica que sustenta a biodiversidade e desempenham funções e atividades que, de forma direta ou indireta, impactam positivamente o meio em que estão inseridos, sobretudo o bem-estar humano. Desta forma, os serviços ecossistêmicos podem ser caracterizados conforme os seus benefícios e agrupados em categorias de acordo com a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005), que os classificou da seguinte maneira: Serviços de apoio; Serviços de provisionamento; Serviços de regulação e Serviços culturais.

Esses serviços disponibilizados pelos campos de dunas estão se tornando, cada vez mais, reconhecidos pela sociedade pelos seus benefícios socioeconômicos (EVERARD *et al.*, 2010). As dunas são amplamente reconhecidas como fundamentais para a proteção da linha de costa, atuando como agentes de defesa contra a erosão, evitando investimentos com obras de contenção do avanço do mar. A proteção ofertada pelas dunas não está atrelada apenas à erosão costeira, mas também à recarga de aquíferos, ao amortecimento da intrusão salina e à beleza cênica aproveitada como forma de bem-estar (DA VEIGA LIMA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2015, MEIRELES *et al.*, 2014, MEA, 2005; DOODY, 1997).

Apesar da comprovada relevância para o meio, os ecossistemas de dunas estão ameaçados e sofrendo estresses ambientais em decorrência da expansão urbana, da mineração e da poluição. A verticalização das cidades impossibilita o transporte dos grãos de areia entre a faixa de praia e os campos de dunas e, conseqüentemente, interferem no balanço sedimentar que alimenta esses ecossistemas, ocorrendo uma perda líquida dessa dinâmica natural (SCHLACHER *et al.*, 2007; MARTÍNEZ *et al.*, 2008).

Os núcleos urbanos localizados na zona costeira são ambientes dinâmicos e têm viabilizado os mais diversos usos e ocupações dos espaços naturais (MELLO *et al.*, 2013). Segundo Chhabra *et al.* (2006), mais da metade da população mundial vive a menos de 100 km da costa e oito das dez maiores cidades do mundo estão localizadas nestas zonas. Esta expansão urbana cresce de forma exponencial e já atinge taxas elevadas e de acordo com Angel *et al.* (2011), a cobertura urbana cresce mais que o dobro da taxa de crescimento da população urbana.

A cidade costeira Fortaleza (Figura 1), capital do estado do Ceará, Nordeste do Brasil, representa bem o contexto de rápida descaracterização dos campos de dunas por intervenções humanas (FECHINE, 2007). O município possui 72% de sua área edificada e este alto grau de ocupação do solo afetou os ecossistemas costeiros e os relacionados às bacias hidrográficas, reduzindo sua cobertura vegetal original (SEMACE, 2016). As dunas fixas, associadas à cobertura vegetal, foram, por consequência, degradadas pela intensa ocupação advinda da construção civil nos bairros mais próximos ao litoral.

No contexto da expansão urbana e da descaracterização dos campos dunares, diversas modalidades resultantes da atuação humana avançaram sobre a paisagem, principalmente em áreas de preservação permanente (APPs), com as ocupações irregulares de baixa renda, empreendimentos resultantes da especulação imobiliária e obras públicas de mobilidade e infraestrutura. Compreender quais foram os maiores responsáveis por esses impactos, as áreas

de dunas afetadas e os serviços ecossistêmicos colapsados é de fundamental importância para uma gestão mais eficiente da cidade.

Por isso, ao aplicar metodologias para as análises de sensoriamento remoto, dados bibliográficos e atividades de campo, foi objetivo detalhar a perda acumulada dos sistemas de dunas da cidade de Fortaleza, apontando suas consequências e as formas de prevenir e mitigar os danos socioambientais resultantes.

ÁREA DE ESTUDO

As áreas selecionadas estão situadas no município de Fortaleza, litoral central do Estado do Ceará. O município, quando fundado em 1726, era uma pequena vila isolada e, no ano de 1823, foi elevada ao título de cidade, o que trouxe maior atenção no desenvolvimento das políticas do Império (STUDART, 1924). Esta centralização ocasionada pelas políticas locais resultou em um crescimento populacional exponencial nos séculos seguintes, atingindo o número de 2.686.612 habitantes (IBGE, 2010).

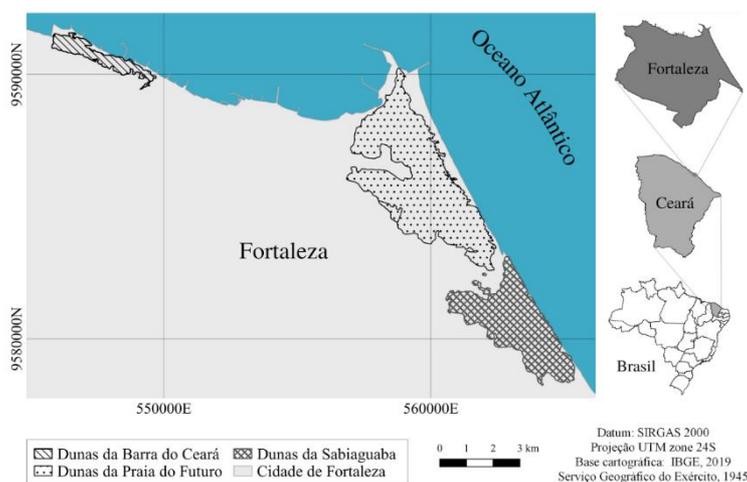
O maior adensamento demográfico do município está na porção noroeste com os bairros periféricos, enquanto os menos adensados estão situados na porção central e sudeste do município (SEFIN/PMF, 2015). É importante denotar que as diversas gestões da cidade promoveram instrumentos administrativos e legislativos para promover a ocupação do ambiente litorâneo e assim alterar os depósitos eólicos como a fixação artificial das dunas e a remoção dos sedimentos (PINHEIRO e CLAUDINO-SALES, 2009).

A geomorfologia de Fortaleza é marcada pela presença de campos de dunas holocênicas dos tipos fixas e móveis dispostas sobre o tabuleiro litorâneo (Neógeno), como tabuleiros pré-litorâneos e com as dunas gradando lateralmente para a faixa de praia, terraços marinhos e planícies fluviomarinhas e fluviolacustres (SOUZA *et al.*, 2009). Há, em conjunto, a presença de rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino.

Estes domínios geomorfológicos permitiram à cidade de Fortaleza ser amplamente caracterizada por coberturas sedimentares, o que evidencia os altos potenciais de permeabilidade e recargas dos aquíferos. A topografia, por sua vez, é de baixa altitude, principalmente quando associadas aos sistemas hídricos, e as áreas com maiores altitudes no topo do tabuleiro, com média de 20m, são as dunas fixas, móveis e semifixas. (CLAUDINO-SALES, 2010).

Em razão da extensa faixa litorânea do município de Fortaleza e do alto grau de ocupação das dunas, o estudo foi dividido em três setores: dunas da Barra do Ceará (DBC), dunas da Praia do Futuro (DPF) e dunas da Sabiaguaba (DS) (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo com os três setores evidenciados.



Fonte: Queiroz, 2022.

MATERIAIS E MÉTODOS

Cálculo de perda da área de dunas

Foram analisados 4 recortes temporais, nos três setores evidenciados na Figura 1, para definir a evolução, em área, da ocupação urbana. Os recobrimentos analisados foram definidos desde a disponibilização das imagens de satélites, cartas topográficas e fotografias aéreas com boa acurácia. Esse critério possibilitou eleger os anos de 1945, 2003, 2010 e 2020, totalizando 75 anos de intervalo amostral.

O mapa topográfico de Fortaleza, confeccionado pelo Serviço Geográfico do Exército em 1945, possibilitou identificar as áreas de dunas antes da urbanização dos campos de dunas. As demais imagens de satélite dos anos de 2003 e 2020, disponíveis no software Google Earth Pro, a correspondente ao ano de 2010 é uma Ortofoto realizada e disponibilizada pela Prefeitura do Município de Fortaleza.

As imagens de satélite, as fotografias aéreas e o mapa topográfico foram georreferenciados adotando o sistema de projeção UTM, zona 24S, Datum SIRGAS 2000. Esse banco de dados foi sistematizado em cartografias através do *software* livre QGIS para melhor definir os deslocamentos das dunas móveis, e descaracterizações dos componentes morfológicos e ecológicos das dunas: retirada da cobertura vegetal, alterações na topografia e geometria das dunas e avanço da urbanização.

Por fim, as imagens vetorizadas definiram setores das dunas não ocupadas pela urbanização e, em seguida, foram sobrepostas para identificar as variações em área e movimentação (de acordo com a direção preferencial dos alísios de sudeste e leste) dos campos de dunas. Com a utilização da ferramenta QGIS, foi possível determinar e comparar os polígonos relativos a cada recorte temporal.

Atividades potencialmente responsáveis pela redução das dunas

As áreas de dunas foram sobrepostas em um mapa com os limites dos bairros do município e, aqueles que estivessem situados nos campos de dunas presentes em 1945, foram incluídos na análise contextualizada.

Os três setores de dunas analisados estão circunscritos em 16 bairros, que são Barra do Ceará, Cristo Redentor, Pirambu, Papicu, Varjota, Mucuripe, Vicente Pinzon, Cais do Porto, Praia do Futuro I, Praia do Futuro II, De Lourdes, M. Dias Branco, Cidade 2000, Cocó, Sabiaguaba e Edson Queiroz. Desde o banco de dados georreferenciado, foram confeccionados mapas, tabelas e histogramas que elencaram quais atividades urbanas estão ligadas à descaracterização ambiental dos setores analisados.

Para isso, foram levantados arquivos históricos e dados disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF) e pela Secretaria Municipal de Finanças (SEFIN). Esses dados definiram as áreas ocupadas e o tipo de edificação em cada bairro. Por fim, foram realizadas análise em campo para confirmar a qualidade das informações sistematizadas e definir outros usos relacionados.

Identificação dos Serviços Ecossistêmicos (SE)

Os serviços ecossistêmicos foram classificados conforme a proposição do *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA 2005) como de suporte, provisão, regulação e cultura. Os serviços ecossistêmicos prestados pelas dunas foram considerados, inicialmente, por meio de revisão bibliográfica de artigos científicos e, especificamente, revisão dos resultados definidos por

Meireles *et al* (2020), para evidenciá-los e relacioná-los às dunas de Fortaleza. Etapa associada com a elaboração dos mapas das áreas suprimidas com o avanço da urbanização sobre as dunas da cidade.

Por consequência, os procedimentos metodológicos foram orientados de modo a evidenciar a evolução das áreas de dunas em ambiente intensamente modificado pela especulação imobiliária. Foram evidenciados os SE alterados de modo a proporcionar efeitos na dinâmica ambiental da cidade em tempos de urgência climática (IPCC, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Setor Barra do Ceará

As dunas deste setor abrangem os bairros Barra do Ceará, Cristo Redentor e Pirambu e foram praticamente extintas. No primeiro intervalo temporal analisado, as dunas da Barra do Ceará foram reduzidas de uma área de 1,883 km² para 0,028 km² (Figura 2), totalizando 98,51% da área perdida em 75 anos. No segundo intervalo temporal, o setor já contava com uma única duna remanescente, com área de 0,035 km² em 2003. Houve, portanto, uma diminuição de 0,035 km² para 0,028 km² entre os anos de 2003 e 2020 (Figura 3), ou seja, 20% de área perdida em um intervalo temporal de 17 anos.

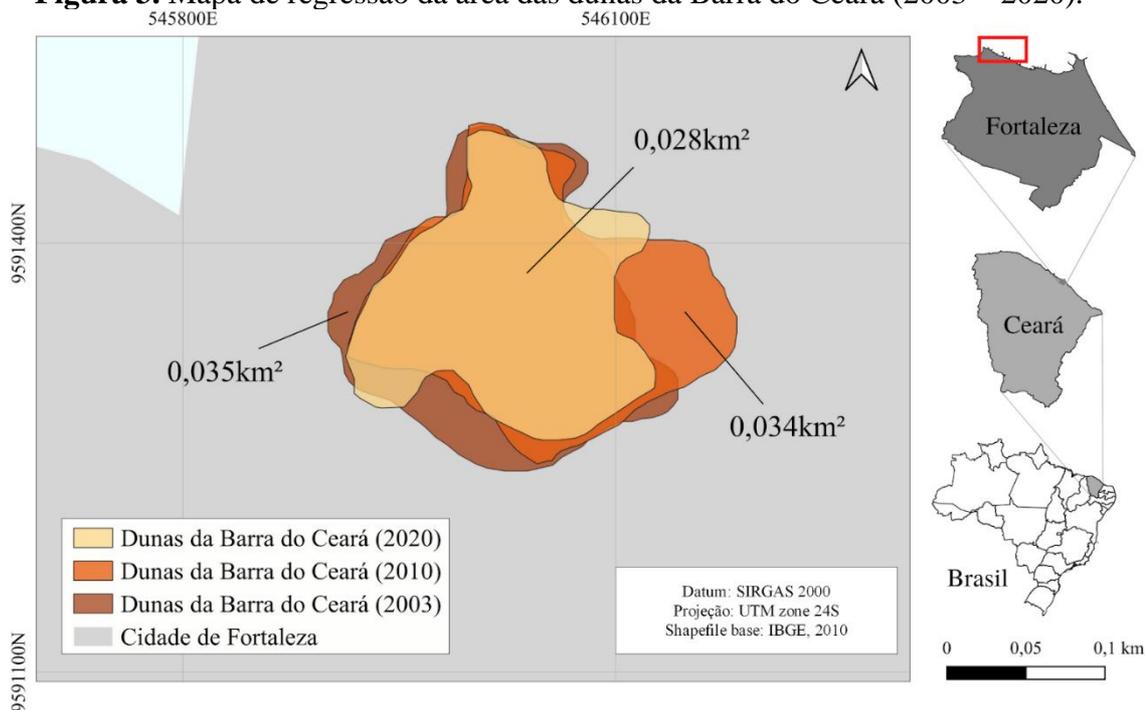
Figura 2. Mapa de regressão da área das dunas da Barra do Ceará (1945 – 2020).



Fonte: Queiroz, 2022.

Ao contrário do perfil econômico dos ocupantes do litoral leste da cidade, esse setor do litoral oeste foi ocupado por famílias assalariadas ou autônomas de forma desordenada e precária, impulsionadas pelos sucessivos períodos de estiagem (SILVA *et al.*, 2018). Segundo Silva *et al.* (2018), a ocupação desses bairros foi majoritariamente para uso residencial improvisado, gerando um aglomerado de favelas. O comércio foi o segundo uso mais abrangente do setor, sendo, em sua maioria, dos moradores locais. Por conta da zona industrial localizada na Avenida Francisco Sá ter ocupado um importante parcela do bairro.

Figura 3. Mapa de regressão da área das dunas da Barra do Ceará (2003 – 2020).



Fonte: Queiroz, 2022.

O crescimento urbano sem o planejamento adequado resultou na perda massiva dos campos de dunas do setor Barra do Ceará e, conseqüentemente, acarretou problemas socioambientais como a erosão costeira, impermeabilização e do solo, danos à paisagem, interferências na recarga do aquífero e completa descaracterização dos demais componentes geomorfológicos. Ressalta-se a carência em atividades recreativas e de lazer e precário saneamento dos efluentes industriais e domésticos.

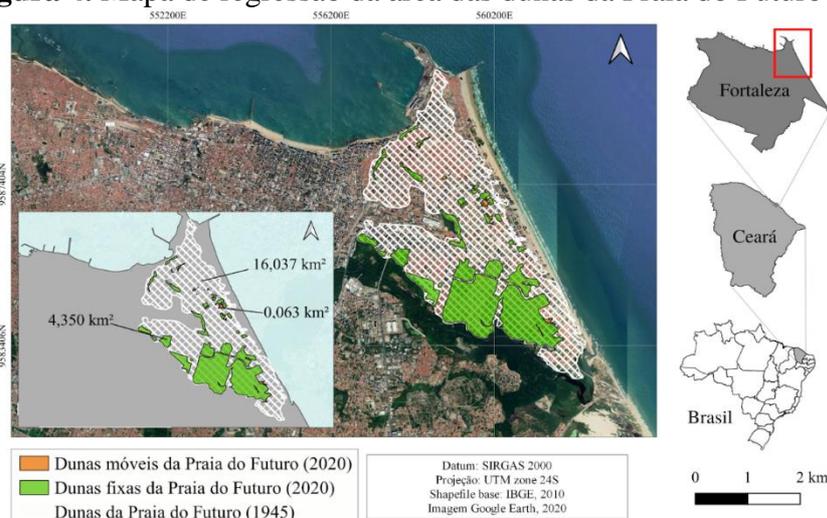
Sector Praia do Futuro

A área de dunas da Praia do Futuro em 1945 foi estimada em 16,037 km², restando em 2020 uma área empobrecida de dunas móveis com 0,063 km² distribuídos no topo do tabuleiro (Morro de Santa Terezinha) e nos bairros Mucuripe, De Lourdes e Cocó. As dunas fixas, por sua vez, apresentaram uma perda menor em comparação com os lençóis de areias móveis, restando em 2020 uma área de 4,350 km² (Figura 4). Esta foi uma redução de 72,54% da cobertura de dunas fixas e móveis entre os anos de 1945 e 2020.

Entre os anos de 2003 e 2020, houve a redução de 6,138 km² para 4,35 km² de dunas fixas. A área que apresentou a menor perda está situada às margens do atual Parque Estadual do Cocó, zona pertencente ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), criado em 4 de junho de 2017. As dunas móveis, por sua vez, estavam localizadas nas zonas mais próximas da costa e apresentaram uma rápida descaracterização, perdendo 0,394 km² de sua área entre os anos 2003 e 2020, o que significa 86,21% de dunas móveis reduzidas em 17 anos (Figura 5).

Em harmonia com o estudo realizado por Pinheiro (2009), os resultados referentes ao processo de descaracterização do sector Praia do Futuro apontaram como causa determinante o avanço da expansão urbana. Os resultados demonstram a maior influência no uso e ocupação residencial, seguidos de serviço, comércio e indústria, respectivamente.

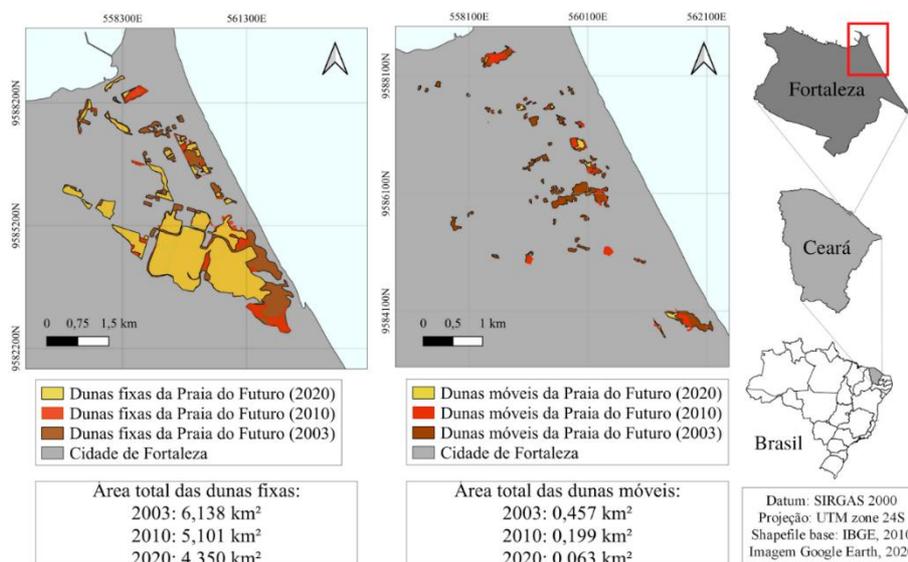
Figura 4. Mapa de regressão da área das dunas da Praia do Futuro (1945 – 2020).



Fonte: Queiroz, 2022.

A ocupação urbana ocorrida no setor Praia do Futuro pode ser explanada de forma diferente para cada bairro, uma vez que o setor tem proporções que atingem 11 bairros: Cais do Porto, Mucuripe, Varjota, Vicente Pinzon, Praia do Futuro I, Praia do Futuro II, Papicu, Cocó, De Lourdes, Cidade 2000 e M. Dias Branco. De acordo com Costa (1988), a ocupação dos bairros localizados próximos à Praia do Futuro se deu por volta de 1950, com a ação de especuladores imobiliários que criaram cerca de 3000 lotes, que se organizavam em quarteirões quadriculados. Após a construção das vias de acesso que ligavam o centro da cidade à Praia do Futuro, a estruturação imobiliária de edifícios e condomínios se tornou bem mais intensa nos terrenos de dunas e praias, degradando-as rapidamente.

Figura 5. Mapa de regressão da área das dunas da Praia do Futuro (2003 – 2020).



Fonte: Queiroz, 2022.

No bairro Vicente Pinzon e uma determinada fração do Cais do Porto, há uma ocupação já estabelecida denominada Morro de Santa Terezinha. Essa duna, ainda em 1980 guardava aspectos morfológicos regidos pela ação dos ventos, quando passou a se tornar totalmente fixada artificialmente (DE ANDRADE CARNEIRO *et al.*, 2013). De acordo com os resultados

obtidos, a descaracterização deste campo de dunas foi resultante da ocupação para fins residenciais de famílias de baixa renda.

A construção dos espigões portuários, em 1940, no bairro Cais do Porto, gerou um balanço negativo de sedimentos em toda a porção oeste do litoral, ao resultar em erosão contínua, desencadeou a construção das demais estruturas de engenharia costeira (espigões e muros paralelos à linha de costa para conter a erosão) (MORAIS, 1970 e MACIEL, 2015). Esta erosão costeira é uma das principais complicações sofridas em ambientes que destroem os campos de dunas, uma vez que elas atuam como barreira natural à erosão na linha de costa e, simultaneamente, fornecem sedimentos para as praias, nas áreas de bypass (DA SILVA, 2016).

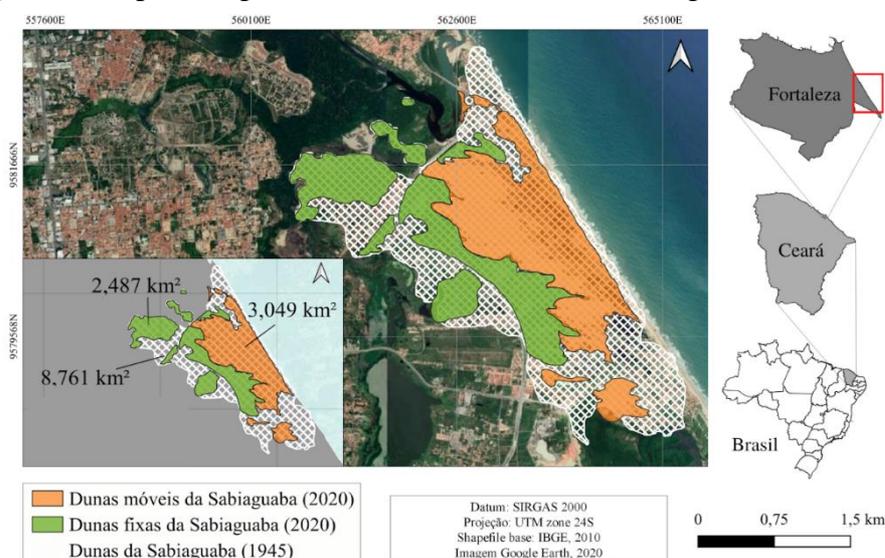
Outra problemática socioambiental neste setor foi em decorrência da redução das dunas na comunidade do Serviluz (bairro Cais do Porto): as casas situadas na faixa litorânea interceptaram o transpasse de sedimentos eólicas e foram frequentemente soterradas pela deriva eólica mais intensa no segundo semestre. Ainda no Cais do Porto, a comunidade Titanzinho não sofre as mesmas problemáticas de soterramento de residências, isso porque, segundo parecer técnico elaborado por Meireles et al. (2021) está localizada numa zona protegida e não apresentou erosão progressiva em decorrência da construção do Porto do Mucuripe.

Setor Sabiaguaba

As dunas deste setor estão inseridas nos bairros Edson Queiroz e Sabiaguaba, a 13 km do centro de Fortaleza. Segundo Pinheiro (2009), as dunas da Sabiaguaba, antes do processo de urbanização, apresentavam semelhanças morfológicas com as dunas da Praia do Futuro, com os campos de dunas móveis movimentando-se na direção SE-NW.

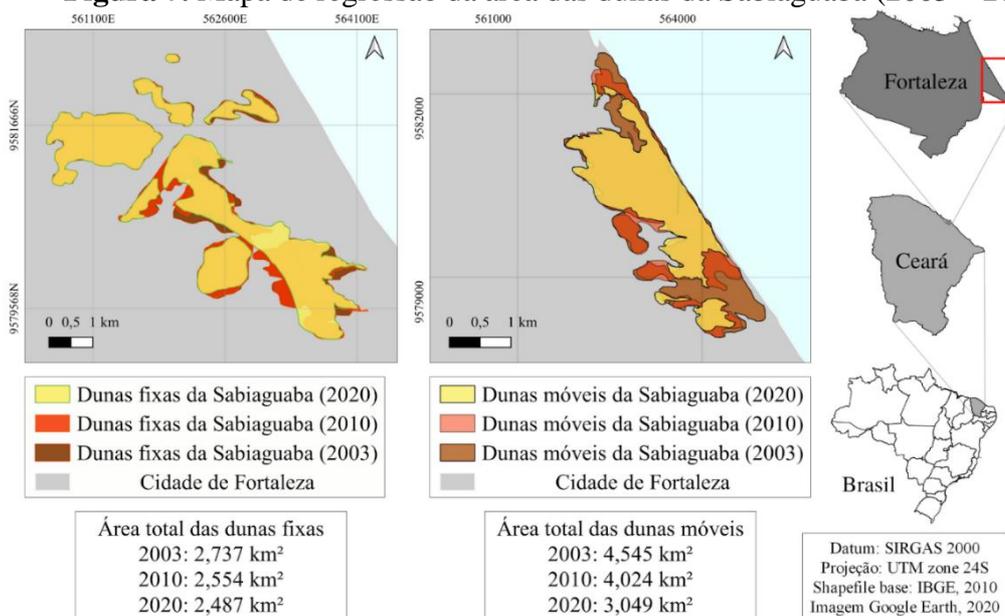
As dunas da Sabiaguaba, entretanto, apresentaram a menor taxa de perda do sistema dunar (Figura 6). Nesta área havia um campo de dunas de 8,761 km² no ano de 1945 e, 75 anos depois, foi reduzida para 5,536 km²: com 3,049 km² de dunas móveis e 2,487 km² de dunas fixas, esta perda representa 36.81% dos campos de dunas. Durante o intervalo de 2003 a 2020 (Figura 7), as dunas móveis apresentaram uma redução mais significativa se comparada às dunas fixas do local: no ano de 2003 a área pertencente às dunas móveis foi estimada em 4,545 km² e restou, no ano de 2020, 3,049 km². As dunas fixas, menos impactadas pela ação humana, reduziram apenas 0,25 km² de sua área, apresentando, no último intervalo analisado nesta pesquisa, uma área total de 2,487 km².

Figura 6. Mapa de regressão da área das dunas da Sabiaguaba (1945 – 2020).



Fonte: Queiroz, 2022

Figura 7. Mapa de regressão da área das dunas da Sabiaguaba (2003 – 2020).



Fonte: Queiroz, 2022.

A planície costeira nesse setor, principalmente na Sabiaguaba, é ocupada ancestralmente por comunidades tradicionais pesqueiras, e que remontam às primeiras ocupações da planície costeira. Foram confirmadas pelos 7 sítios arqueológicos: Sabiaguaba I, Sabiaguaba II, Sabiaguaba III, Sabiaguaba IV, Sabiaguaba V, Gereberaba I e Gereberaba II (MACHADO e NOBRE, 2017). No sítio Sabiaguaba II, foram encontrados vestígios líticos, cerâmicos, registros de fogueiras e espécies de conchas (bivalves) que indicaram uma ocupação humana de, pelo menos, 4.610 anos, o que demonstra a relevância científica do local (SOUSA e OLIVEIRA, 2020).

A ocupação deste setor ocorreu de forma mais lenta e menos intensa do que nos demais setores da cidade. O principal uso do solo está vinculado às residências de famílias com pouco poder aquisitivo e a atividade comercial é a segunda ocupação mais predominante da área, seguida de serviços e indústria, respectivamente.

Neste setor estão inseridas duas Unidades de Conservação: o Parque Natural Municipal das Dunas da Sabiaguaba e a Área de Proteção Ambiental Dunas da Sabiaguaba, ambas foram instituídas pelo Poder Público Municipal por meio, respectivamente, dos Decretos 11.986 e 11.987, de 20 de fevereiro de 2006. Mesmo sendo uma exceção para a realidade que permeia os campos de dunas do município de Fortaleza, este setor também apresentou diversas problemáticas: especulação imobiliária, incêndios criminosos, despejo de resíduos sólidos e tráfego de veículos com tração 4x4.

A implantação da rodovia estadual denominada CE 010 (localmente denominada de estrada da Sabiaguaba), interceptou a migração das dunas móveis antes livremente destinadas ao sistema estuarino. O que resultou déficit de areia do fluxo sedimentar eólico (colapsado pela rodovia) na direção da margem direita do rio Cocó e, por deriva dos bancos de areia internos ao canal estuarino, alcançar a praia do Futuro (Figura 8).

No ano de 2020, grupos de ambientalistas e as comunidades locais denunciaram (FACUNDO, 2020) a votação do Conselho Gestor que aprovou anuência para um projeto de loteamento em 0,50 km² na Área de Proteção Ambiental da Sabiaguaba. A área em que o empreendimento seria construído está situada no setor denominado de Mata do Miriú, composta por ecossistemas regidos pela presença das dunas fixas e semifixas (vegetação arbórea do bioma Mata Atlântica). A Mata do Miriú, por sua vez, é um ambiente de dunas edafizadas, com brejos

e lagoas, o que a configura como Área de Preservação Permanente (APP), tendo sua proteção legal resguardada pelo Código Florestal (parágrafo 4º, artigo 225). Além disso, a área está sob a guarda da Lei da Mata Atlântica (11.428 de 2006), que determina a proteção de mangues e dunas.

Figura 8. Fotografias das dunas pertencentes ao setor Sabiaguaba.

Legenda: a) A CE-010 cortando o fluxo natural de transporte eólico, 2020; b) Loteamento na areia de dunas, 2020; c) Tratores retirando areia após a CE-010 ser coberta pela areia da duna, em 2020; d) Construções irregulares são demolidas em Zona de Preservação Ambiental, em 2020.



Fonte: Carlos Marlon, José Leomar, Acervo G1 CE e Lauriberto Braga, respectivamente.

O município de Fortaleza, em todos os setores analisados, demonstrou uma perda em área por km² mais intensa entre os anos de 1945 e 2003, chegando a reduzir 47,86% da cobertura de dunas. Nas décadas seguintes, essa descaracterização foi mais sutil e de acordo com De Andrade Carneiro *et al.* (2013), que identificou no Morro de Santa Terezinha uma rápida ocupação durante os anos de 1978 – 2001 e, de forma menos expressiva, nos anos de 2001 – 2008. De acordo com Girão (1959) e Azevedo (2001), os ambientes de dunas foram severamente impactados pela expansão urbana em diferentes períodos: a partir de 1030, as dunas do bairro Pirambu (setor Barra do Ceará) e de 1950, nos bairros Meireles e Mucuripe (setor Praia do Futuro).

Dentre as principais atividades de ocupação urbana analisadas, o uso para construção de casas e edifícios residenciais foi, na maioria dos bairros analisados, a principal causa para a descaracterização dos campos de dunas da cidade. A exceção para este resultado foi o bairro Cais do Porto, situado no promontório do setor Praia do Futuro, onde estão o Porto do Mucuripe e o parque de tancagens ocupando a maior área.

Serviços ecossistêmicos e as perdas para a cidade

De acordo com a tabela modificada por Meireles *et al.* (2020) (Tabela 1), os serviços ecossistêmicos dos campos de dunas exercem funções para: a regulação e produção de gases, sobretudo as dunas fixas devido às suas vegetações arbustivas-arbóreas, atuando com sequestro de carbono e com regulação climática; o armazenamento e a retenção de água, (VAN DER MEULEN *et al.*, 2004); a proteção da costa contra eventos extremos que, associada a

vegetações rasteiras, podem ser barreiras naturais a processos erosivos como ressacas marítimas (PORTZ *et al.*, 2011). São relacionados também à recreação, ao turismo ecológico e à contemplação da paisagem. Na Dinamarca e Holanda são áreas especiais para a recreação (DOODY, 1997; HOUSTON, 1997), sendo cada vez mais valorizados por aqueles que desejam um local de fuga da cidade e contato com a natureza.

Tabela 1. As 11 funções ecossistêmicas das dunas impactadas pela ocupação.

Funções	Dunas móveis, fixas e semifixas
Regulação/Produção de gases	Regulação da composição química atmosférica, (balanço de CO ₂ /O ₂ ; níveis de SO ₂) por meio do bosque arbóreo. Produz gases nas fases de decomposição da matéria orgânica, produção de metano e demais compostos através das fases de oxidação e redução. Interfere na composição atmosférica através dos gases emitidos com a produção de matéria orgânica. As dunas cobertas por florestas são fundamentais para sequestro de carbono, reguladoras da qualidade do ar e da umidade atmosférica. Serviço ecológico completamente colapsado na duna da Barra do Ceará, fragmentados gravemente nas dunas da Praia do Futuro (com núcleos inseridos em setores completamente urbanizados) e relacionado com as dunas fixas e semifixas da Sabiaguaba (setores com cobertura arbórea gradando lateralmente para o manguezal do rio Cocó).
Controle biológico	Regulação da dinâmica trófica de populações em seus respectivos ecossistemas. Complexa cadeia alimentar com biodiversidade vinculada a mais de 200 espécies vegetais e demais componentes de fauna que promovem fluxos gênicos com os manguezais (dunas da praia do Futuro nas proximidades da margem esquerda do rio Cocó e da Sabiaguaba). Oscilações das marés, relações com o ecossistema dunar, lacustres e áreas úmidas, com as sazonalidades climáticas, promovem um complexo ecossistema que regula a produtividade primária. A duna da Barra do Ceará perdeu essa importante função ecológica devido às ocupações desde o topo às encostas do relevo remanescente.
Suplemento de água	Armazenamento e retenção da água (dinâmica dos aquíferos e reservatórios). Conjunto de aquíferos associados aos componentes morfológicos do sistema costeiro. Por meio das interconexões com os aquíferos dunares e tabuleiro litorâneo; regula as propriedades físico-químicas das áreas úmidas e do manguezal por meio dos níveis de salinidade e densidade entre os aquíferos. Disponível em poços e quando o lençol freático aflora origina lagoas interdunares e no setor entre as dunas e o ecossistema manguezal. As dunas da praia do Futuro e da Sabiaguaba resguardam importante aquífero dunar. Possivelmente colapsado na duna da Barra do Ceará devido ao forte adensamento e precário saneamento dos efluentes domiciliares.
Ciência, cultura e educação ambiental	Os sistemas ambientais a serem protegidos são fundamentais para a realização de atividades educativas e pesquisa científica vinculadas à diversidade de componentes ambientais preservados. A área proposta, ao ser inserida como UC na composição de um mosaico e corredores ecológicos, possibilitará projetos de pesquisa para aprofundar estudos para a qualificação e quantificação dos fluxos de matéria e energia dos ecossistemas urbanos. Envolvimento das escolas públicas e privadas e universidades em todas as etapas de elaboração do Plano de Manejo.

Ciclagem de nutrientes	Armazenamento, ciclagem interna, processamento e aquisição de nutrientes (fixação de N, P e outros elementos do ciclo de nutrientes). Os complexos dunares, áreas úmidas e estuarinos integram-se para a produção de nutrientes representando a base da biodiversidade local integrada com os estuários. O ecossistema manguezal e as matas representam os principais componentes de biodiversidade, interdependentes com os demais sistemas de ciclagem de nutrientes (lagoas, nascentes, apicum, vagem). As dunas fixas localizadas na margem esquerda do rio Cocó (dunas Praia do Futuro) e as da Sabiaguaba resguardam estruturas ecológicas (solo, águas superficial e subterrânea, sedimentos, sazonalidade climática entre outras), compõem núcleos de ciclagem de nutrientes, o que sustenta a biodiversidade local. Esses núcleos de ciclagem de nutrientes estão em elevado risco de colapso pela pressão da especulação imobiliária e construção civil.
Amortecimento das consequências do aquecimento global	O complexo dunar atua como sistemas responsáveis pela manutenção das condições amortecedoras dos efeitos projetados pelo aumento da temperatura e subida do nível do mar (erosão costeira, incremento dos extremos associados às precipitações pluviométricas, salinização do lençol freático) e mudanças na dinâmica de produção e distribuição de nutrientes, entre outros. O volume de água doce do aquífero dunar atua como barreira ao processo de salinização dos aquíferos quando da possível entrada da cunha salina. As dunas fixas e da Sabiaguaba são fundamentais para potencializar a provisão relacionada com a mitigação da mudança climática em andamento. As dunas da praia do Futuro e Barra do Ceará estão fortemente degradadas pela construção civil.
Regulação do clima	Ameniza as condições climáticas locais por meio das rajadas de vento associadas ao canal estuarino e o bosque de manguezal entre as dunas da praia do Futuro e Sabiaguaba, onde encontra-se o vale fluviomarinho do rio Cocó. Influencia o microclima, a evapotranspiração e a fotossíntese, evapotranspiração nos bosques de dunas fixas e manguezal. Influência no albedo e promove a captura de dióxido de carbono. A cobertura vegetal evidencia as relações climáticas, pedológicas e disponibilidade de água nos sistemas ambientais. O SE é fortemente fragmentado nas áreas com verticalização nas dunas da Praia do Futuro e colapsado na duna da Barra do Ceará.
Polinização	Movimento de gametas para a reprodução de populações. Os fluxos de matéria e energia proporcionam interconexões entre os ecossistemas proporcionando elevado potencial de produção e distribuição de pólenes e plântulas (predominantemente pelos fluxos eólico, fluvial, fluviomarinho e deriva litorânea). As dunas fixas intervêm diretamente na definição dos corredores ecológicos entre o tabuleiro pré-litorâneo e o estuário. As coberturas vegetacionais sobre as dunas fixas e os solos de mangue são pontos focais de biodiversidade e, impulsionados pelas abelhas e demais representantes da fauna e flora, são áreas de fluxos gênicos para definir os corredores ecológicos entre as UCs e as bacias hidrográficas. Está completamente colapsado na duna da Barra do Ceará e fortemente fragmentado no campo de dunas da praia do Futuro. As dunas da Sabiaguaba, principalmente as fixas e semifixas (Miriú e demais núcleos de vegetação arbórea e arbustiva), as lagoas costeiras e as conexões entre as dunas e as planícies fluviomarinhas dos rios Cocó e Pacoti, resguardo elevada qualidade relacionada com a polinização. Esse SE também se encontra sob forte pressão da urbanização.

Refúgio de vida silvestre	Habitat para populações residentes e migratórias (abrigo de aves migratórias e de reprodução de tartarugas). Os complexos estuarinos estão associados à elevada diversidade de avifauna; suporte ecossistêmico para as aves migratórias. As dunas resguardam suporte ecológico para uma diversificada fauna com elevada diversidade de flora. As serpentes, gato-do-mato-pequeno, raposa, avifauna, artrópodes, e fitossociologia complexa evidenciaram importante contexto de biodiversidade com espécies conectadas com ecossistemas entre as dunas e as planícies fluviomarinhas e lacustres. Está relacionado com as dunas da praia do Futuro e da Sabiaguaba. As dunas da Cidade 2000 (setor mais sul do campo de dunas da praia do Futuro), encontram-se em risco de urbanização, o que acarretará perdas de biodiversidade. Está completamente extinto na duna da Barra do Ceará.
Produção primária e de alimento	Conjunto de componentes ecológicos vinculados à produção de componentes bioquímicos para a produção e distribuição de nutrientes para uma diversificada fauna e flora. Parte da produção primária bruta transformada em matéria prima e alimento. Reações geoambientais e ecodinâmicas associadas à formação, disseminação e consumo (produção de matéria orgânica) dos bosques de dunas fixas, mangue e demais componentes florísticos existentes nos ecossistemas. Vínculos complexos com a produção pesqueira. As comunidades tradicionais da Barra do rio Cocó e Casa de Farinha estão diretamente vinculadas a esse SE e aos demais devido a interdependência entre os fluxos de matéria e energia vinculados a manguezais, dunas fixas, lagoas interdunares e a faixa de praia. O campo de dunas da Barra do Ceará tem esse SE completamente colapsado.

Fonte: Modificados de McLeod e Salm, 2006; Barbier *et al.*, 1997; Constanza, *et al.*, 1997; Schaeffer-Novelli (1989); Meireles e Campos, 2010, Meireles, 2014; Queiroz, *et al.*, (2013); Queiroz *et al.*, 2017; Meireles, *et al.* 2020.

Semelhante à Fortaleza, o município de Florianópolis também possui a expansão urbana como um severo fator de pressão sobre os sistemas costeiros, sobretudo os campos de dunas (BARRAGÁN MUNÓZ, 2014). Conforme observado em Florianópolis por Scherer e Asmus (2016), a proteção da linha de costa e a manutenção da qualidade das praias arenosas são alguns dos 18 serviços que os campos de dunas locais prestam para a cidade, em consonância com a tabela anteriormente citada de Meireles *et al.* (2020). De acordo com da Veiga Lima *et al.* (2016), os SE prestados pelas dunas em Florianópolis beneficiam, principalmente, os moradores das comunidades locais e serviços relacionados com as atividades turísticas.

A urbanização, quando não há um bom plano de gestão costeira que ordene de forma participativa o espaço, tende a se tornar o principal agente de degradação dos ecossistemas costeiros, sobretudo os campos de dunas, gerando perdas significativas dos SE prestados (DIEDERICHSEN *et al.*, 2013). Em Florianópolis, da Veiga Lima *et al.* (2016) também afirmam que a perda dos serviços fornecidos é resultado do não planejamento adequado, da falta de fiscalização das atividades socioeconômicas e da ausência de diálogos com as comunidades locais voltados para a preservação, conservação e valorização dos ecossistemas costeiros.

Estudos realizados na Europa também trouxeram reflexões semelhantes à presente pesquisa. Foi observado que na Estônia e Bulgária (Stancheva, *et al.* 2011) definiram redução progressiva e intensa dos campos de dunas devido à ocupação urbana, e demonstraram a necessidade urgente dos governos locais estabelecerem recomendações para a gestão adequada de ordenamento urbano e de uso da área de dunas. De acordo com El Mrini *et al.* (2012), em Marrocos, cerca de 95% dos campos de dunas já foram destruídos pela pressão das habitações e das construções de complexos turísticos, tornando a costa vulnerável à ação de eventos climáticos extremos e processos erosivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível constatar que as políticas públicas responsáveis pela gestão urbana da cidade e relacionadas com os ecossistemas urbanos não conseguiram barrar o avanço de construções residenciais próximas ou sobre os campos de dunas. No caso do município de Fortaleza, acarretaram redução expressiva dos campos de dunas entre os anos de 1945 a 2020. O setor das dunas da Barra do Ceará apresentou a maior porcentagem de perda em área, com 98% de suas dunas completamente ocupadas e descaracterizadas. Entretanto, quando analisada por bairros, o setor da Praia do Futuro foi o mais expressivo, com 16 km² de dunas em 1945 resumidas a 4,4 km² em 2020. Em termos gerais, a extinção da cobertura de dunas em Fortaleza foi de 62,14% (área de 16,704 km²) em relação às existentes no primeiro recorte temporal analisado (ano de 1945).

As atividades humanas vinculadas à moradia foram, em todos os bairros (exceto Cais do Porto), as que mais contribuíram para a fixação artificial, ocupação e extinção dos campos de dunas. Com isso, serviços ecossistêmicos prestados foram severamente comprometidos, provocando efeitos danosos não somente à fauna e flora local, mas também à toda cidade que se tornou mais vulnerável aos eventos extremos previstos pelo IPCC (2021). Ressalta-se que a mercantilização dos ecossistemas e áreas do entorno pela construção civil (loteamento, vias de acesso e rodovias), além de ser diretamente responsável pelo colapso dos serviços ecológicos de provisão, regulação e culturais foi indutora da especulação imobiliária e a origem das favelas em áreas de risco e em variados setores dos campos de dunas.

Apesar disto, ainda restam 37,86% de dunas remanescentes em Fortaleza, situadas, sobretudo, nos setores que estão protegidos pelas UCs - Parque do Cocó, ARIE das dunas Milenares do Cocó, parque e APA das Dunas da Sabiaguaba, APA do Pacoti - que resguardam a maioria dos SE associados aos campos de dunas da cidade. Os mais impactados foram aqueles serviços relacionados com o transporte de sedimentos para a faixa de praia, recarga do aquífero dunar e perdas de biodiversidade. Foram relacionados com o incremento da erosão na linha de costa, diminuição das áreas de recarga do aquífero, salinização e contaminação do lençol freático, incremento das ilhas de calor e perdas de áreas de lazer com a grave supressão da cobertura vegetal.

Deste modo, é imprescindível que a gestão pública aprimore o planejamento urbano levando em conta uma abordagem participativa e inclusão de análise interdisciplinar dos SE. Ações de modo a assegurar a preservação das dunas remanescentes, a recuperação efetiva dos setores degradados para elevar o bem-estar socioambiental, além do investimento na criação, ampliação e manejo de áreas verdes em cidades litorâneas que ainda resguardam ecossistemas importantes para enfrentar as mudanças climáticas em plena aceleração.

REFERÊNCIAS

ANGEL, S.; PARENT, J.; CIVCO, D. L.; BLEI, A.; POTERE, D. The expansion dimensions global urban: estimates and projections for all countries, 2000-2050. **Progress in Planning**, Estados Unidos, v. 75, n. 2, p. 53-107, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.progress.2011.04.001>

AZEVEDO, M. A. de. Cronologia ilustrada de Fortaleza: roteiro para um turismo histórico e cultural. **Fortaleza: Banco do Nordeste**, 2001.

BARRAGÁN-MUÑOZ, J. **Política, Gestión y Litoral: una nueva visión de la gestión integrada de áreas litorales**. Madrid, Espanha: Editor Tébar Flores, p. 685, 2014.

CHHABRA, A.; GEIST, H.; HOUGHTON, R.; HABERL, H.; BRAIMOH, A.; VLEK, P.; PATZ, P.; XU, J.; RAMANKUTTY, N.; COOMES, O.; LAMBIN, E. Multiple Impacts of Land-Use/Cover Change. In: Lambin, E.F., Geist, H. (eds) **Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts**. New York: Springer Berlin Heidelberg, 2006. P. 71-116. DOI: https://doi.org/10.1007/3-540-32202-7_4

CLAUDINO-SALES, V. Paisagem dunar em área urbana consolidada: natureza, ciência e política no espaço urbano de Fortaleza, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 3, p. 447 – 459, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132010000300003>

COSTA, M. **Cidade 2.000: expansão urbana e segregação espacial em Fortaleza**. Tese de Doutorado em Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

COSTANZA, R.; de GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S. e GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1-16, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>

DA SILVA, G.V.; MULER, M.; PRADO, M.F.V.; SHORT, A.D; KLEIN, A.H.F.; TOLDO, A.H.; ELIRIO, E. Shoreline change analysis and insight into the sediment transport path along Santa Catarina Island north shore, Brazil. **Journal of Coastal Research**, n. 4, v. 33, 863-874p., 2016.

DA VEIGA LIMA, F.; De ALMEIDA F.; TORRES, R.; SCHERER, M. Modelo conceitual de avaliação de ameaças sobre serviços ecossistêmicos de sistemas de dunas. Estudo de caso: os campos de dunas da Ilha de Santa Catarina/SC, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 38, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v38i0.46992>

DE ANDRADE CARNEIRO, F.; VASCONCELOS, S.; VERISSIMO, C.; SILVA, C. Evolução do uso e ocupação do campo de dunas do morro Santa Terezinha, Fortaleza/CE. **Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 137-151, 2013.

DIEDERICHSEN, S. D.; GEMAEL, M. K.; HERNANDEZ, A. O.; OLIVEIRA, A. O.; PAQUETTE, M. L.; SCHMIDT, A. D.; SILVA, P. G., SILVA, M. S.; SCHERER, M. E. G. Gestão costeira no município de Florianópolis, SC, Brasil: um diagnóstico. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 13, n. 4, p. 499-512, 2013.

DOODY, J. P. European coastal dunes – impacts of recreational activities and nature conservation. **Coastal Dunes Recreation and Planning**. p. 50 – 59, 1997.

EVERARD, M.; JONES, L.; WATTS, B. 2010. Have we neglected the societal importance of sand dunes? An ecosystem services perspective. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 20, n. 4, p. 476-487. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.1114>

FACUNDO, M. Entidades ambientais lançam campanha para recolher assinaturas e criar nova Unidade de Conservação em Fortaleza. **O Povo**. Fortaleza, 28 de ago. 2020.

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

GARCIA-LOZANO, C., PINTÓ, J. Current status and future restoration of coastal dune systems on the Catalan coast (Spain, Northwest Mediterranean Sea). **Journal of Coastal Conservation**, v. 22, p. 519-532, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11852-017-0518-4>

GIRÃO, R. Geografia estética de Fortaleza. **Imprensa Universitária do Ceará**, Fortaleza, v. 1, p. 253, 1959.

HOUSTON, J. A. Dune recreation management: experiences and trends in the UK. **Coastal Dunes, Recreation and Planning**. Editing Services EUCC: Leiden, p. 21–34, 1997.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censo Demográfico 2010.

IPCC AR5 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: BUENDIA, E.; TANABE, K.; KRANJC, A.; JAMSRANJAV, B.; FUKUDA, M.; NGARIZE, S.; OSAKO, A.; PYROZHENKO, Y.; SHERMANAU, P.; FEDERICI, S. (Eds). **Climate Change 2019: Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Cambridge, U.K. and New York, USA: Cambridge University Press, 2019.

IPCC AR6 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, A.; PIRANI, S. L.; CONNORS, C.; PÉAN, S.; BERGER, N.; CAUD, Y.; CHEN, L.; GOLDFARB, M.; GOMIS, M.; HUANG, K.; LEITZELL, E.; LONNOY, J.; MATTHEWS, T.; MAYCOCK, T.; WATERFIELD, O.; YELEKCI, R. (Eds.). **Climate Change 2021: The Basis of Physical Science, Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, U.K. and New York, USA: Cambridge University Press, 2021.

LIMA, R. S.; PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O. Vulnerabilidade das dunas frontais aos regimes de espraiamento, colisão e overwash na praia da Caponga - Cascavel Ceará. In: PAULA, D. P.; DIAS, J. A. (Orgs.). **Ressacas do mar: temporais e gestão costeira**. Seção IV, Capítulo 1. Fortaleza: Premium, 2015. p. 448.

MACIEL, A. E. A (re)produção do espaço no Grande Mucuripe, em Fortaleza, Ceará, Brasil. **Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais**, v. 6, n. 3, p. 469-478, 2015.

MACHADO, D. L.; NOBRE, J. N. Relatório do Programa de Resgate Arqueológico na área de intervenção da rodovia CE 025/040 - municípios de Fortaleza e Eusébio - Ceará. **Instituto Cobra Azul**, 2017.

MARTÍNEZ, M. L.; MAUN, M. A.; PSUTY, N. P. The Fragility and Conservation of the World's Coastal Dunes: Geomorphological, Ecological and Socioeconomic Perspectives. **Coastal Dunes**, v. 171, p. 355–369, 2008a. DOI: [10.1007/978-3-540-74002-5_21](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5_21)

MARTÍNEZ, M. L.; PSUTY, N. P.; LUBKE, R. A. A Perspective on Coastal Dunes. **Coastal Dunes**. Ecological Studies, Springer, Berlin, Heidelberg, vol. 171, p. 3-10, 2008b. DOI: [10.1007/978-3-540-74002-5_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5_1)

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis (Millennium Ecosystem Assessment Series). **Millennium Ecosystem Assessment Island Press**, Washington, v.2, cap. 9, p. 135, 2005a.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). Ecosystems and human well-being: Wetlands and water synthesis (Millennium Ecosystem Assessment series). **Millennium Ecosystem Assessment Island Press**. Washington, p. 138, 2005b.

MEIRELES, A. J. A.; SOUZA, W. F., SILVA; A. L. B.; LIMA, A. P. S.; SILVA, J. A. Geomorphology and ecological services as the foundations of the integrated coastal plain management in Icapuí, State of Ceara, Brazilian Northeast. **William Morris Davis – Revista de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 210 – 231, 2020.

MEIRELES, A. J. A.; GORAYEBE, A.; PEREIRA FILHO, N.S. Campos de dunas em Jericoacoara: intervenções humanas como possível indicador de mudança na dinâmica morfológica. **CONFINs** (Paris), n. 34, p. 1-34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.12884>

MEIRELES, A. J. A. Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais. 2. (Eds). **Fortaleza: Edições UFC**, p. 489, 2014.

MEIRELES, A. J. A.; PEQUENO, L. R.; MARTINS, L. C.; ROSA, S. V. Parecer Técnico-Científico Análise Contextualizada do estudo de área de risco de comunidades do Titanzinho e Serviluz, Fortaleza. 2021. DOI: 10.13140/RG.2.2.31819.92968

MELLO, K.; TOPPA, R. H.; ABESSA, D. M. S.; CASTRO, M. Dinâmica da expansão urbana na zona costeira brasileira: o caso do município de São Vicente, São Paulo, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. v. 13, n. 4, p. 539-551, 2013. DOI:10.5894/rgci432

MRINI, A. E.; ANTHONY, E. J.; MAANAN, M.; TAAOUATI, M.; NACHITE, D. Beach dune degradation in a Mediterranean context of strong development pressures and lack of integrated management perspective. **Ocean and Coastal Management**, v. 69, p. 299-306, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.08.004>

MORAIS, J. O. **Processos de assoreamento do Porto do Mucuripe**. Fortaleza, 1972.

PINHEIRO, M. V. A; CLAUDINO-SALES, V. **Evolução geoambiental e geohistórica das dunas costeiras do município de Fortaleza, Ceará**. Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

PORTZ, L.; MANZOLLI, R. P.; CORRÊA, I. C. S. Tools for environmental management applied to the coastal zone of Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 11, n. 4, p. 459-470, 2011.

SEFIN/PMF (Secretária de Finanças da Prefeitura Municipal de Fortaleza). Anuário. 2015.

SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará). Reestruturação e atualização do mapeamento do projeto Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará – zona costeira e unidades de conservação costeiras- Relatório final de caracterização ambiental e dos mapeamentos/Superintendência Estadual do Meio Ambiente; GEOAMBIENTE – Fortaleza: SEMACE, 2016. 475 p.; il.

SILVA, R. B.; PEREIRA, A. Q.; COSTA, M. C.L.; Fortaleza e a ocupação do espaço litorâneo no Grande Pirambu. **Geografia (Londrina)**, v. 27, n. 1, p. 47-65, 2018.

SOUSA, L. D. A. de; OLIVEIRA, C. Os ceramistas pré-históricos da Praia de Sabiaguaba - Fortaleza/CE. **Cadernos do Lepaarq.** v. 17, n.34, p. 7-25, 2020. DOI: <https://DOI.ORG/10.15210/LEPAARQ.V17I34.14832>

SOUZA, M. J. N; NETO, J. M; SANTOS, J. O; GONDIM, M. S. Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do Plano Diretor Participativo – PDPFor. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009.

SCHLACHER, T. A.; DUGAN, J.; SCHOEMAN, D. S.; LASTRA, M.; JONES, A.; SCAPINI, F. Sandy beaches on the edge. **Diversity and Distributions**, v. 13, n. 5, p. 556–560, 2007. DOI: 10.1111/j.1472-4642.2007.00363

STANCHEVA, M.; RATAS, K.; ORVIKU, A.; PALAZOV, R.; KONT, V.; PEYCHEY, H.; TONISSON, H. Destruction of sand dunes due to increased human impacts along the Bulgarian Black Sea and Baltic Sea coasts of Estonia. **Journal of Coastal Research**, p. 324-328, 2011.

STUDART, G. S. **Para a história do jornalismo cearense 1824-1924**. Typ. moderna--F. Carneiro, 1924.

VAN DER MEULEN, F.; BAKKER, T. W. M.; HOUSTON, J. A. The costs of our coasts: examples of dynamic dune management in Western Europe. **Coastal Dunes**. Martinez ML, Psuty NP (eds). Ecological studies, v. 171, p. 59–277, 2004.

WASSON, R.J; HYDE, R. Determining factors of desert dune type. **Nature**, v. 304, n. 5924, p. 337-339, 1983.