



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE OCEANOGRAFIA

MONIQUE TORRES DE QUEIROZ

EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO DOS CAMPOS DE DUNAS DE FORTALEZA -
CEARÁ: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS PARA A CIDADE

FORTALEZA

2022

MONIQUE TORRES DE QUEIROZ

EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO DOS CAMPOS DE DUNAS DE
FORTALEZA - CEARÁ: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS PARA A
CIDADE

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Oceanografia do Instituto de
Ciências do Mar da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial para obtenção
do diploma de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. O Dr. Antônio Jeovah de
Andrade Meireles

FORTALEZA

2022

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

Q45c Queiroz, Monique Torres de.

Evolução da ocupação dos campos de dunas de Fortaleza - Ceará: causas e consequências para a cidade / Monique Torres de Queiroz. – 2022.

56 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. O Dr. Antônio Jeovah de Andrade Meireles.

1. Dunas. 2. Expansão urbana. 3. Serviços ecossistêmicos. I. Título.

CDD 551.46

MONIQUE TORRES DE QUEIROZ

EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO DOS CAMPOS DE DUNAS DE
FORTALEZA - CEARÁ: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS PARA A
CIDADE

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Oceanografia do Instituto de
Ciências do Mar da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial para a obtenção
do diploma de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. O Dr. Antônio Jeovah Andrade Meireles (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. A Dra. Vanda Carneiro de Claudino Sales
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

Profa. A Dra. Lidriana de Souza Pinheiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, Felizardo e Monalisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal do Ceará pelos anos de ensino.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jeovah Meireles, pela sua paciência e dedicação nesta orientação. Aos membros da Banca, pelas críticas e sugestões.

Aos colaboradores técnicos deste trabalho, como Narcélio de Sá, por me auxiliar na primeira experiência trabalhando com geoprocessamento. Ao Acervo Mucuripe e à Prof.a Dra. Mônica Virna, pelos arquivos históricos.

A todos que, de algum modo, foram suporte. Em especial, a minha família, que me deu todo o conforto necessário para me dedicar à pesquisa. Aos meus amigos de graduação - Letícia, Thays, Felipe, Mariana, Marina, Camille e Dávila - por todo o incentivo.

Ao Gabriel Aguiar, por tudo.

Agradeço, sobretudo, aos movimentos ambientais de Fortaleza, que foram inspiração para a escolha do tema.

E, por fim, a quem tiver a chance de ler este ensaio.

*“Por ser de lá
Eu quase que não consigo
Ficar na cidade sem viver
contrariado”.*

Dominginhos.

RESUMO

As dunas são caracterizadas como relevos eólicos com grande disponibilidade de sedimentos, sendo passíveis de demonstrar uma variedade de formatos, tendo como principal força determinante a ação dos ventos. Apesar da relevância comprovada, os ecossistemas de dunas são alvos de estresses ambientais em decorrência da expansão urbana, da mineração, da poluição e das atividades recreativas e turísticas que modificam o transporte de sedimentos e, por consequência, desregulam o balanço sedimentar local. Na cidade costeira de Fortaleza, onde em 72% de sua área foram operadas edificações, a compreensão de quais são as principais atividades da expansão urbana responsáveis pela descaracterização da cobertura original de dunas e dos seus respectivos serviços ecossistêmicos é essencial para traçar estratégias de mitigação para os prejuízos à cidade. Neste estudo, foram realizados levantamentos bibliográficos e aplicadas análises de sensoriamento remoto, comparando três setores com grandes grupos de dunas em distintos recortes temporais (1975, 2003, 2010 e 2020). As dunas do setor 1, localizado na Barra do Ceará, obtiveram uma perda de 98,51% de sua cobertura original em 1975, enquanto as dunas do setor 2, localizado na Praia do Futuro e proximidades, foram objeto de um prejuízo de 72,54%, ao passo que e o setor 3, localizado na Sabiaguaba, experimentou a menor porcentagem de descaracterização das dunas, tendo perdido 36,81% de área de dunas. A principal atividade oriunda da expansão urbana factível de ter auxiliado na descaracterização das dunas foi o setor residencial e, em seguida, o comércio. O elevado grau de descaracterização das dunas em cidades litorâneas, decorrentes da má gestão pública em organizar a ocupação urbana, produz impactos aos serviços ecossistêmicos prestados à Cidade, como regulação do clima, recreação e proteção da costa contra eventos climáticos.

Palavras-chave: Dunas. Expansão urbana. Serviços ecossistêmicos.

ABSTRACT

Dunes are described as eolian reliefs with large sediment availability, which can present a variety of shapes, by having the wind action as the main determinant force. Despite their proven relevance, dune ecosystems are suffering environmental stresses due to urban sprawl, mining, pollution, also recreational and tourist activities that modify the sediment transport, thus, changing the local sediment balance. In the coastal city of Fortaleza, where 72% of its area is built-up, and the understanding about which are the main urban expansion activities responsible for decharacterizing the original dune cover and its respective ecosystem services, is a great key for designing mitigation strategies for the damage over the city. In this study, bibliographical surveys were conducted and remote sensing analyses were applied by comparing three sectors with a large group of dunes at different time intervals (1975, 2003, 2010 and 2020). Dunes of the first sector, located in Barra do Ceará, lost 98.51% of their original covering in 1975, the dunes of sector 2, located in Praia do Futuro and surroundings area, lost 72.54%, and sector 3, located in Sabiaguaba, had the lowest percent of loss for characterization of the dunes, with 36.81% of the dunes area lost. The main activity resulting from urban expansion that may have helped in decharacterizing of the dunes was the residential area, and then the commercial activities. The high level of decharacterization of dunes in coastal cities, resulting from the disorganization of the public management over the urban occupation process, may impact the ecosystemic services provided to the city, such as climate regulation, recreation, and coast protection against climate events.

Keywords: Dunes. Urban expansion. Ecosystemic services.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Os principais tipos de dunas classificadas quanto à sua forma	16
Figura 2 – Os serviços ecossistêmicos das dunas	17
Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo	22
Figura 4 – Vegetações típicas de ambientes de dunas	24
Figura 5 – Espécies de animais nativos das dunas	25
Figura 6 – Bairros localizados nos campos de dunas	28
Figura 7 – Mapa de regressão da área das dunas da Barra do Ceará (1945 – 2020)	29
Figura 8 – Mapa de regressão da área das dunas da Barra do Ceará (2003 – 2020)	30
Figura 9 – Fotografias das dunas pertencentes ao setor Barra do Ceará	31
Figura 10 - Mapa de regressão da área das dunas da Praia do Futuro (1945 – 2020)	33
Figura 11 - Mapa de regressão da área das dunas da Praia do Futuro (2003 – 2020)	35
Figura 12 - Fotografias das dunas pertencentes ao setor Praia do Futuro (1)	36
Figura 13 - Fotografias das dunas pertencentes ao setor Praia do Futuro (2)	37
Figura 14 - Mapa de regressão da área das dunas da Sabiaguaba (1945 – 2020)	37
Figura 15 - Mapa de regressão da área das dunas da Sabiaguaba (2003 – 2020)	38
Figura 16 - Fotografias das dunas pertencentes ao setor Sabiaguaba	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Os usos e ocupações dos setores	41
Tabela 2 – As funções ecossistêmicas dos campos de dunas	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – A redução dos campos de dunas nos setores	40
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
DBC	Dunas da Barra do Ceará
DPF	Dunas da Praia do Futuro
DS	Dunas da Sabiaguaba
IPCC	Painel Intergovernamental do Clima
PMF	Prefeitura Municipal de Fortaleza

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	21
2.1	Objetivos específicos	21
3	METODOLOGIA	22
3.1	Área de estudo	22
3.2	Coleta de dados	26
3.2.1	<i>Cálculo de perda da área de dunas</i>	26
3.2.2	<i>Identificação das atividades responsáveis pela degradação das dunas</i>	27
3.2.3	<i>Identificação dos serviços ecossistêmicos</i>	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Setor Barra do Ceará	29
4.2	Setor Praia do Futuro	32
4.3	Setor Sabiaguaba	36
4.4	Prejuízos para a cidade	40
5	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICE A – TABELA COM OS USOS E OCUPAÇÕES CLASSIFICADOS ENTRE: RESIDENCIAL, INDUSTRIAL, SERVIÇOS E COMÉRCIO	55
	APÊNDICE B – MAPA COM OS USOS E OCUPAÇÕES CLASSIFICADOS ENTRE: RESIDENCIAL, INDUSTRIAL, SERVIÇOS E COMÉRCIO	56

1 INTRODUÇÃO

As dunas são elementos 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). Esses relevos eólicos, ocorrem pela deposição destas partículas de sedimentos transportadas pelo vento. Com distribuição global, as dunas podem apresentar vegetações associadas e uma variedade de formas sob forte influência do regime de ventos e da disponibilidade de areia. (MARTÍNEZ *et al.*, 2008; WASSON e HYDE, 1983).

Os sistemas eólicos também são indicadores de mudanças climáticas e do nível relativo do mar, principalmente durante o evento glacial ou interglacial subsequente (MEIRELES, GORAYEB, PEREIRA FILHO, 2018). As dunas móveis e fixas existentes na cidade de Fortaleza podem ser relacionadas a esses eventos, principalmente as existentes na Praia do Futuro, na Sabiaguaba (MEIRELES, 2014), na margem esquerda do Rio Cocó, nas proximidade da Cidade 2000 e na Unidade de Conservação das Dunas Milenares do Cocó (CLAUDINO- SALES, 2010).

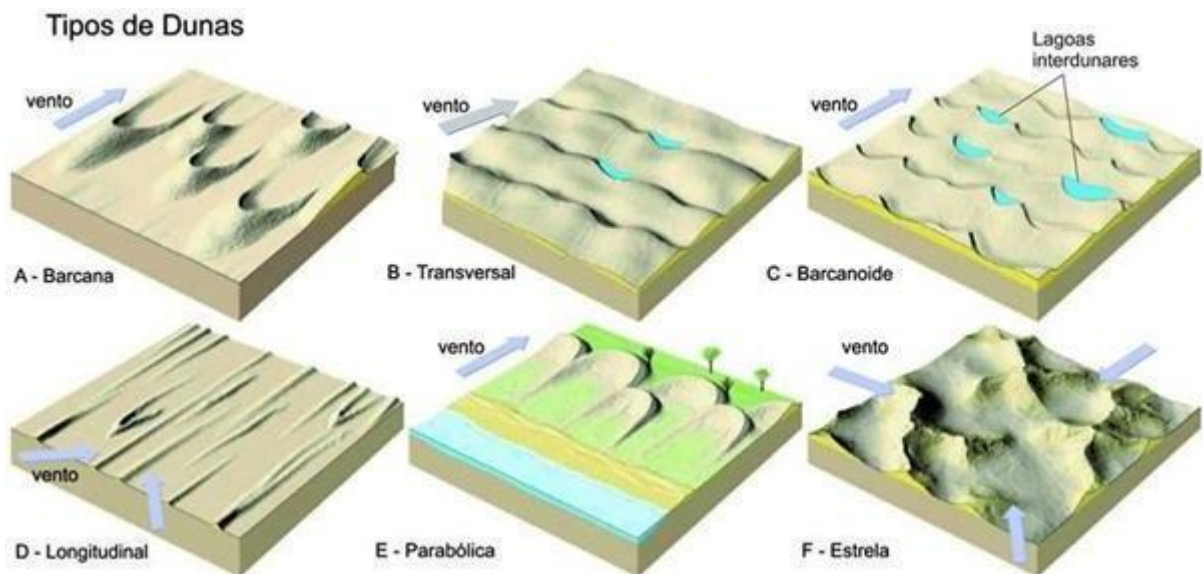
A classificação das dunas pode ser feita quanto à sua movimentação e forma. Quanto à movimentação, elas podem ser migratórias, estacionárias ou fósseis (SOUZA *et al.*, 2005). As de características migratórias referem-se às dunas móveis que são afetadas pela ação dos ventos e pela ausência de vegetação ou barreira física que as mantenha estabilizadas em um ponto. As estacionárias e fósseis, por sua vez, se mantêm estáveis em seus locais de deposição original e são associadas a complexos vegetacionais que impossibilitam as suas migrações. No caso das dunas fósseis, além da sua fixação vegetacional, há ainda a fixação pela consolidação dos grãos de areia, consequência de sua idade avançada, o que dá a elas também o nome de paleodunas (SOUZA *et al.*, 2005).

Em relação à sua forma, as dunas podem ser classificadas em seis principais tipos: (A) Barcana, (B) Transversal, (C) Barcanoide, (D) Longitudinal, (E) Parabólica e (F) Estrela (Figura 01). As dunas Barcanas estão presentes em locais onde o vento apresenta uma única direção e um estoque limitado de areia. Elas possuem um formato similar a uma meia-lua com os dobramentos seguindo a mesma direção do vento (TEIXEIRA, 2009). As dunas Barcanóides possuem características similares às dunas Barcanas, porém apresentam um aporte sedimentar maior, possibilitando a formação de dunas contínuas próximas umas das

outras. As dunas Transversais, por sua vez, possuem uma quantidade abundante de areia e de ventos soprando em um sentido unidirecional e de maneira constante, elas se movem de forma perpendicular à direção dos ventos e tendem a ser mais baixas que as dunas Barcanas, podendo associar-se a elas a depender do fluxo eólico local (BRANCO *et al.*, 2003).

As dunas caracterizadas como Parabólicas ou “hairpin” possuem o formato da letra “U” e tendem a estar localizadas em ambientes úmidos e com vegetação fixando e, por consequência, retardando a movimentação da cauda em comparação com a crista, conferindo a elas uma forma alongada (MELTON, 1940). As dunas Longitudinais ficam paralelas à direção do vento mais intenso e, por esta razão, são bastante alongadas com dimensões que podem chegar a dezenas de metros de comprimento (CLAUDINO SALES, 2002). Por fim, as dunas Estrelas são encontradas comumente em regiões desertificadas e com um regime de ventos fortes que possibilitam, em seu centro, três ou mais cristas que se desenvolvem em diferentes direções (BIGARELLA, 1972) (Figura 1).

Figura 1 - Os principais tipos de dunas classificadas quanto à sua forma.



Fonte: Davis, 2006

As dunas, quando vegetadas, suportam e abrigam uma vasta riqueza de flora e de fauna ao longo de sua topografia, desde os pontos mais elevados até os nichos ecológicos situados nas áreas mais baixas das dunas, como ambientes pantanosos e úmidos (EVERARD *et al.*, 2010). Além de biodiversas e de desempenharem complexas relações com os demais sistemas ambientais do entorno, as dunas móveis e fixas prestam serviços ecossistêmicos fundamentais para as pessoas.

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. Nesse sentido, os SE definidos no complexo de dunas remanescentes na cidade de Fortaleza e ofertados para a sociedade, foram analisados de modo a definir os principais benefícios para a cidade.

Com esta compreensão, os serviços ofertados pela natureza são mais do que benefícios que garantem a viabilidade física para a vida humana, são agentes fundamentais para tornar esta sobrevivência agradável (COSTANZA, 2000; MEA, 2005; MEIRELES *et al.*, 2016). Desta forma, os serviços ecossistêmicos podem ser caracterizados conforme o seu benefício e agrupados em categorias de acordo com a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005) (Figura 2), que os classificou da seguinte maneira:

Há quatro categorias básicas de serviços ecossistêmicos: 1) Serviços de apoio: serviços básicos considerados necessários para a produção de todos outros serviços ecossistêmicos (como nutrientes e dispersão de sementes das florestas); 2) Serviços de provisionamento (entrega de produtos tangíveis, como alimentos, fibras e lenha de florestas); 3) Serviços de regulação (por exemplo, para regulação hidrológica de florestas ou clima mitigação de mudanças); 4) Serviços culturais (como recreação florestal ou benefícios ou seu papel na religião e educação ambiental).



Fonte: Autora, 2022.

Os sistemas de dunas fornecem ricos serviços ecossistêmicos e estão se tornando, cada vez mais, reconhecidos pela sociedade pelos seus benefícios socioeconômicos (EVERARD *et*

al., 2010). Na Holanda (ARENS e GEELEN, 2006), por exemplo, 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 e ao amortecimento da intrusão salina (VEIGA LIMA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2015, MEIRELES *et al.*, 2020).

Além das dunas servirem de barreira natural à eventos de alta intensidade que possam provocar danos erosivos à costa, as dunas também são reconhecidas pelo seu desempenho em purificação da água da cidade, como em Amsterdã, que cerca de 50 milhões de metros cúbicos de água potável são disponibilizadas por ano e abastecem cerca de 1,5 milhão de pessoas (BEEKELAAR e GEELEN, 1999; VAN DER MEULEN *et al.*, 2004). A beleza cênica também é considerada um serviço ecossistêmico (MEA, 2005; NORDSTROM, 2000) e, com as diversificadas paisagens geradas pelo sistema de dunas, a recreação tem sido aproveitada como forma de bem-estar, com atividades ao ar livre para turistas e moradores que apreciam as conexões sistêmicas entre as demais componentes da planície costeiras (DOODY, 1997; HOUSTON, 1997).

Os setores relacionados ao desmatamento e à contaminação do aquífero dunar, que provoquem a perda parcial ou substancial destes ecossistemas de dunas, poderão gerar também impactos negativos aos serviços ecossistêmicos prestados (EVERARD *et al.*, 2010). O avanço da compreensão dessa realidade tem feito os tomadores de decisão e a sociedade civil, em diferentes países, iniciarem, ainda que lentamente, a busca por medidas de proteção às dunas, tornando-as ecossistemas cada vez mais protegidos por lei (MARTÍNEZ *et al.*, 2008).

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. As atividades recreativas e turísticas comuns nessas formações, também degradam ao mobilizarem artificialmente os sedimentos, alterando a arquitetura, a topografia, o solo e a recarga do aquífero dunar. 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 (SCHLANCHER *et al.*, 2007; MARTÍNEZ *et al.*, 2008).

Os grandes núcleos urbanos têm se mostrado uma tendência global na ocupação do solo principalmente nas últimas décadas (MOURA e MORAN, 2015). Os núcleos localizados na zona costeira são ambientes dinâmicos e têm viabilizado os mais diversos usos e ocupações dos espaços naturais (MELLO *et al.*, 2013). O crescimento das cidades litorâneas vem descaracterizando os sistemas ambientais dunares de maneira intensa. 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.

No Brasil, 26,6% da população vive em cidades litorâneas, o equivalente a 50,7 milhões de pessoas. Além disso, nas zonas costeiras cerca de 9,2% das residências são utilizadas para uso ocasional, ou seja, férias e/ou veraneio, enquanto nos demais municípios localizados em regiões afastadas do litoral essa taxa cai para 4,6%. Por conta dessa ocupação densa no litoral, intensifica-se a necessidade de gestão dessas áreas, devido às potenciais degradações ambientais. Na região nordeste do Brasil, 90% das áreas consideradas prioritárias para políticas de conservação estão fora das áreas delimitadas por unidades de conservação oficiais (IBGE, 2010).

A cidade costeira Fortaleza, 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, esta pesquisa objetiva detalhar a perda dos sistemas de dunas da cidade de Fortaleza, apontando suas consequências e as formas de prevenir e mitigar os danos socioambientais. Pesquisa fundamental para também evidenciar as estratégias para enfrentar a emergência climática evidenciando a importâncias das dunas resguardadas pelas Unidades de Conservação.

2 OBJETIVOS

Identificar quais as atividades humanas mais impactantes na descaracterização da cobertura vegetal, da geometria e das zonas de recarga dos aquíferos das dunas de Fortaleza e os prejuízos à cidade devido aos colapsos dos serviços ecossistêmicos suprimidos pelo crescimento desordenado da cidade..

2.1 Objetivos específicos

- I. Indicar a perda da área em km² das dunas da cidade de Fortaleza em um intervalo de 75 anos (1945 - 2020);
- II. Elencar as atividades resultantes da atuação humana em uma classificação de contribuição com a descaracterização ambiental dos campos de dunas remanescentes.
- III. Definir e analisar os serviços ecossistêmicos oferecidos pelas dunas e quais foram afetados durante o intervalo temporal analisado.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

As áreas selecionadas para este trabalho estão situadas no município de Fortaleza, litoral central do Estado do Ceará. A cidade abrange 30 km de linha de costa e apresenta uma área de 313,8 km² entre as coordenadas geográficas 03° 45' 47" S e 38° 31' 23" O. Estão delimitadas ao norte e leste pelo oceano Atlântico e pelos municípios de Caucaia a oeste, Pacatuba e Maranguape ao sul e Aquiraz à sudoeste.

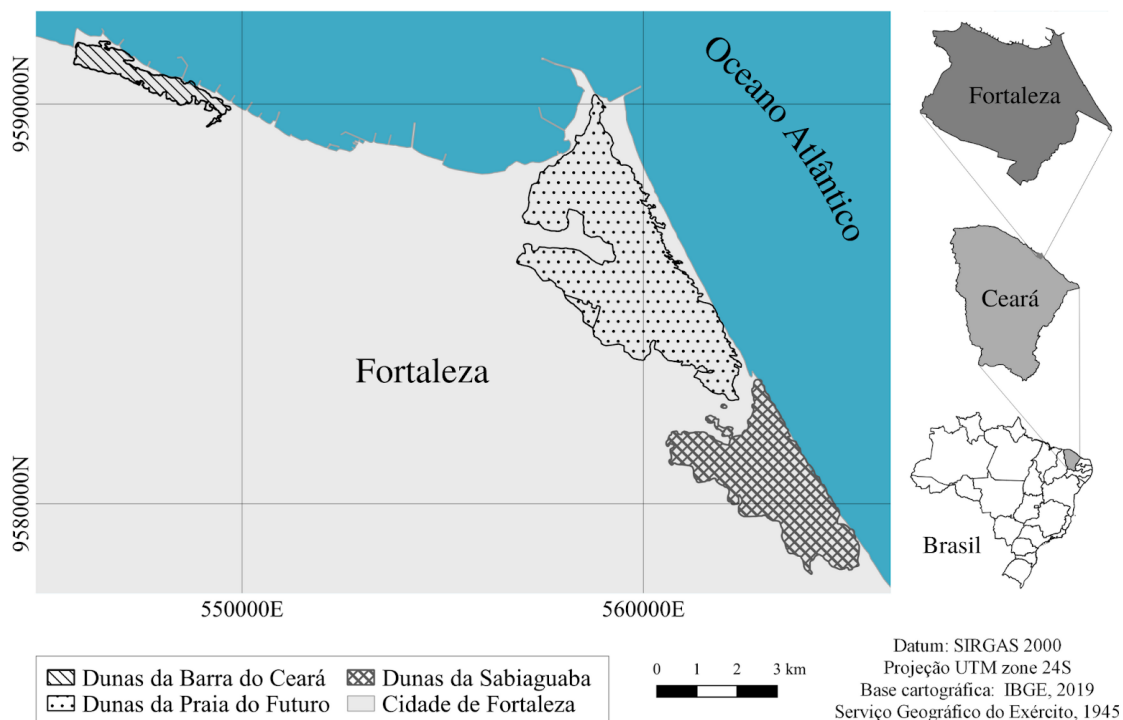
Fortaleza, quando fundada em 1726, era uma pequena vila isolada (STUDART, 1924) e, no ano de 1823, foi elevada ao título de cidade, o que trouxe maior atenção no desenvolvimento das políticas do Império (FARIAS, 1997). Esta centralização ocasionada pelas políticas locais resultou em um crescimento populacional exponencial nos séculos seguintes, atingindo o número de 2.686.612 habitantes (IBGE,2020).

O maior adensamento demográfico do município está na porção noroeste do Município onde estão os bairros periféricos, enquanto os menos adensados estão situados na porção central e sudeste do município (SEFIN/PMF, 2015).

Durante as primeiras décadas do século XX, na cidade de Fortaleza, era comum a utilização do espaço marítimo de forma contemplativa e terapêutica (DANTAS, 2021). Porém, desde a década de 1970, a especulação imobiliária inicia o investimento na construção de edifícios, redes hoteleiras e barracas de praia principalmente nos setores norte e leste da cidade. 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; PEREIRA e CUNHA, 2018).

Em razão da extensa área 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 3).

Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autora, 2022.

A geomorfologia de Fortaleza é marcada pela presença de campos de dunas holocênicas dos tipos fixas e móveis dispostas sobre o tabuleiro litorâneo (do período Tércio-Quaternário), 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 formações pré-cambrianas do período cristalino.

Estes domínios geomorfológicos permitem que a cidade de Fortaleza seja amplamente caracterizada por coberturas sedimentares, o que evidencia o alto potencial permeável e o de recarga dos aquíferos. A topografia, por sua vez, é de baixa altitude, principalmente ao longo dos recursos hídricos e as áreas com maiores altitudes sobre o tabuleiro, em torno de 20 metros, são as dunas fixas, móveis e semifixas. (CLAUDINO-SALES, 2010).

A cobertura vegetal original de Fortaleza foi, em quase sua totalidade, degradada pela ocupação urbana. A vegetação nativa foi largamente substituída por espécies vegetais exóticas invasoras, como o Neem-indiano (*Azadirachta indica*) e a Leucena (*Leucaena leucocephala*). Poucos fragmentos preservam a flora original do município, como o campo de dunas da Sabiaguaba e outros setores quando associados aos rios Cocó, Ceará e Pacoti, geralmente agregados a dunas fixas e aos bosques de manguezais. A vegetação presente nas dunas de Fortaleza foi evidenciada quanto ao seu tamanho e sua localização (Figura 4). Dunas frontais,

as localizadas nas zonas mais próximas às praias, apresentam vegetação repleta de gramíneas e plantas rasteiras, que garantem a proteção das dunas em relação aos ventos, a salsa-da-praia (*Ipomoea Pes-Carprae*) é um exemplo com elevada representatividade nessas dunas (BRITO *et al.*, 2006). Nas dunas semifixas e fixas a vegetação costuma apresentar características arbóreas nas margens de menor altitude e arbustivas, com possibilidade de cobrir a duna, nas zonas de maior altitude.

Figura 4 – Vegetações típicas de ambientes de dunas.



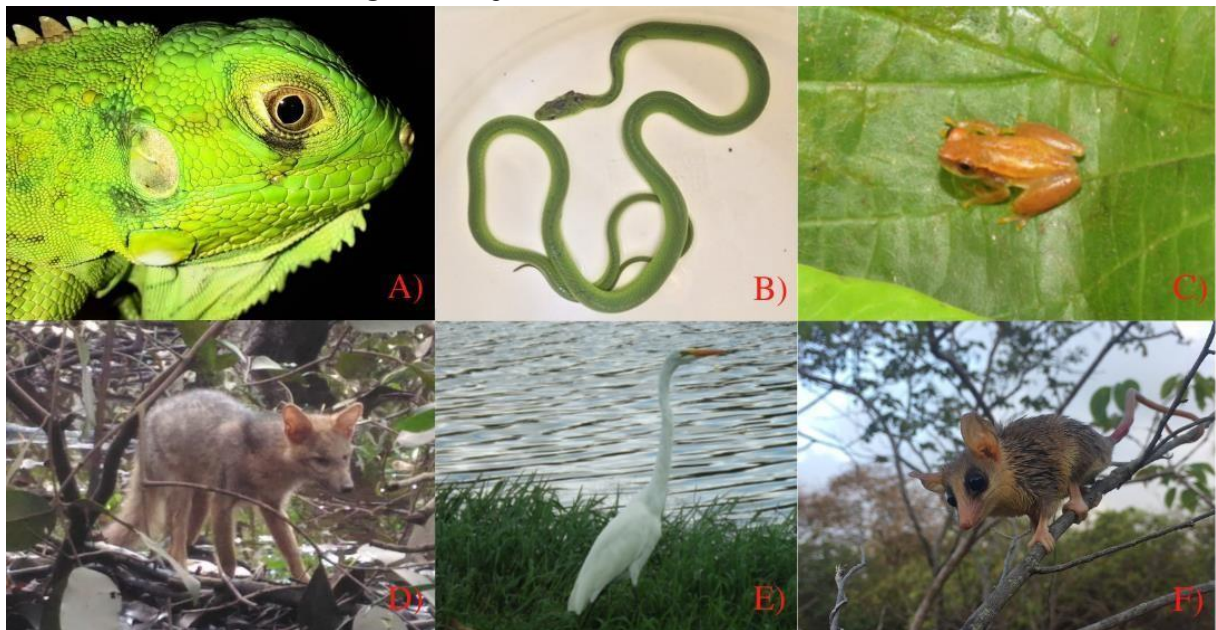
Legenda: Vegetação rasteira nas baixas altitudes de dunas fixas e em toda a extensão das dunas móveis e, na imagem inferior, arbustos característicos de dunas fixas. Fotos: Ícaro Ben-Hur e Monique Torres.

A Guabiraba (*Campomanesia aromatica*), a azeitona-roxa (*Syzygium cumini*), o maracujá do mato (*Passiflora cincinnata*) e o murici (*Byrsonima sericea*) são algumas das espécies arbóreas encontradas nas dunas de Fortaleza (MORO *et al.*, 2011).

Segundo Aguiar (2020), em relação à fauna presente nas dunas e nos ecossistemas associados a elas, existe um processo de defaunação causado pela urbanização, com destaque para a introdução de espécies exóticas invasora, em especial o gato doméstico (*Felis silvestris catus*), que descaracteriza estes ambientes e inviabiliza os processos naturais das espécies. Os principais impactos para a fauna nativa próximas aos grandes núcleos urbanos são a introdução de espécies exóticas invasoras, a destruição de habitats e os atropelamentos devido à proximidade das vias urbanas com o ecossistema.

As dunas da cidade de Fortaleza atuam como abrigo para muitas espécies de répteis, como a Cobra-cipó (*Oxybelis aeneus*), de mamíferos como a raposa (*Cerdocyon thous*) e a Cuíca (*Gracilinanus sp.*), de anfíbios como a perereca de bananeira (*Boana raniceps*) e de aves como a garça-branca-grande (*Ardea alba*) (AGUIAR, 2020) (Figura 5).

Figura 5 – Espécies de animais nativos das dunas.



Legenda: a) *Iguana Iguana* (Iguana), b) *Oxybelis aeneus* (Cobra-cipó machucada), c) *Dendropsophus minusculus* d) *Cerdocyon thous* (Raposa), e) *Ardea alba* (Garça-branca-grande) f) *Gracilinanus sp.*(Cuíca). Fotos: Bruno Guilhon.

Os sistemas hídricos do município de Fortaleza são caracterizados pelas planícies fluviais de maior aporte que percorrem a cidade, como os rios Ceará, Cocó e Pacoti e pelas planícies fluviais que compreendem a bacia da Vertente Marítima, localizada ao longo do litoral norte, entre os rios Ceará e Cocó. Além das lagoas costeiras interdunares e as relacionadas ao tabuleiro litorâneo.

Estes sistemas hídricos, como os estuários, sofrem influência da maré e estão, total ou parcialmente, inseridos no município. A bacia da Vertente Marítima está associada ao campo de dunas localizado entre as desembocaduras dos rios Cocó e Ceará. Alguns riachos históricos de Fortaleza fazem parte desta bacia hidrográfica, como os riachos Jacarecanga, Pajeú, Maceió e o Papicu.

A Bacia do Rio Cocó abrange cerca de dois terços da cidade de Fortaleza e pode ser dividida em três setores: o controlado pelo açude Gavião, na zona superior da Bacia; o localizado à jusante do açude Gavião, drenada pelo rio Cocó e riacho Lameirão; o referente ao Rio Coaçu, tendo como principal afluente o rio Cocó. A Bacia do Rio Maranguapinho, segunda maior bacia na Região Metropolitana de Fortaleza, nasce na Serra de Maranguape e percorre 3 municípios até se encontrar com o Rio Ceará. A Bacia do Rio Pacoti, por sua vez, é a mais expressiva em tamanho, com 118 km de extensão do rio que nasce na Serra de Baturité (SEUMA, 2015).

3.2 Coleta de dados

A metodologia foi baseada no princípio indicado pelos métodos da análise geoambiental e ecodinâmica, o qual tem como condução as relações de interdependência do meio natural e social (BERTRAND, 1968). Os fundamentos metodológicos da análise geoambiental portam como principal diretriz a análise integrada da paisagem, buscando compreender e relacionar os organismos que a compõem.

Foram realizados levantamentos bibliográficos e cartográficos acerca do uso e da ocupação das dunas do município, das espécies de fauna e flora nativas associadas às dunas e dos serviços ecossistêmicos que esses sistemas geoambientais prestam para a cidade. Posteriormente, foi realizada uma triagem e análise dos documentos históricos obtidos.

3.2.1 Cálculo de perda da área de dunas

As imagens de satélite e fotografias aéreas foram georreferenciadas adotando o sistema de projeção UTM, zona 24S, datum SIRGAS 2000. Foram analisados 4 recortes temporais para avaliar a descaracterização em km² dos setores escolhidos: 1945, 2003, 2010 e 2020, totalizando 75 anos de intervalo.

Para a composição dos mapas foi analisado, inicialmente, o mapa com curvas de nível do município de Fortaleza, confeccionado pelo Serviço Geográfico do Exército em 1945. Este mapa possibilitou a identificação precisa das áreas de dunas antes da urbanização. As demais imagens dos anos de 2003 e 2020, são imagens de satélite disponíveis no software Google Earth Pro, enquanto a imagem correspondente ao ano de 2010 é uma Ortofoto realizada pela Prefeitura do Município de Fortaleza. Por fim, as imagens foram vetorizadas por meio de polígonos nas áreas de dunas preservadas e, em seguida, os polígonos foram sobrepostos para identificar a redução e movimentação dos campos de dunas. Em todo este processo foi

utilizado o *software* livre QGIS para melhor definição do deslocamento (dunas móveis) e descaracterizações dos componentes ambientais das dunas (retirada da cobertura vegetal, alterações na topografia e geometria das dunas e avanço da urbanização).

3.2.2 Identificação das atividades responsáveis pela degradação das dunas

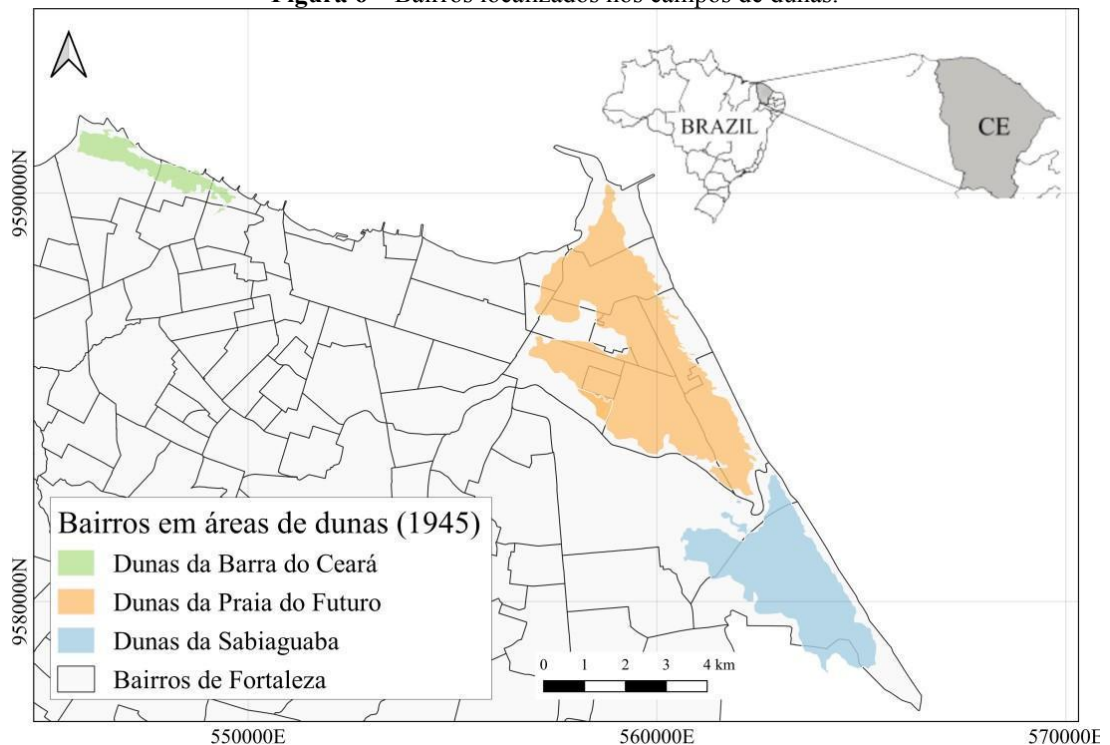
Nesta etapa foram analisadas as áreas que perderam a cobertura de dunas que ainda existiam em 1945 e identificados os principais usos e ocupações respectivas. Para isso, foram levantados arquivos históricos e os dados disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF) e pela Secretaria Municipal de Finanças (SEFIN). Esses dados dizem respeito às áreas ocupadas e ao tipo de edificação em cada bairro. Por fim, foi realizada uma análise por meio de pesquisa de campo para confirmar os dados divulgados e definir outros usos relacionados aos 3 setores de dunas da cidade.

Foram sobrepostas às áreas de dunas 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. O bairro Carlito Pamplona, entretanto, não foi introduzido na análise em razão da sua porção de dunas no território ter sido considerada muito ínfima.

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 (Figura 6).

Com a elaboração do banco de dados georreferenciado da pesquisa, foram confeccionados mapas, tabelas e histogramas que elencam quais atividades urbanas estão ligadas à descaracterização ambiental dos setores analisados.

Figura 6 – Bairros localizados nos campos de dunas.



Fonte: Autora, 2022.

3.2.2 Identificação dos serviços ecossistêmicos

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 evidenciar os SE 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 e as atividades de campo.

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 também como os SE foram alterados de modo a proporcionar efeitos na dinâmica ambiental da cidade em tempos de urgência climática (IPCC, 2019).

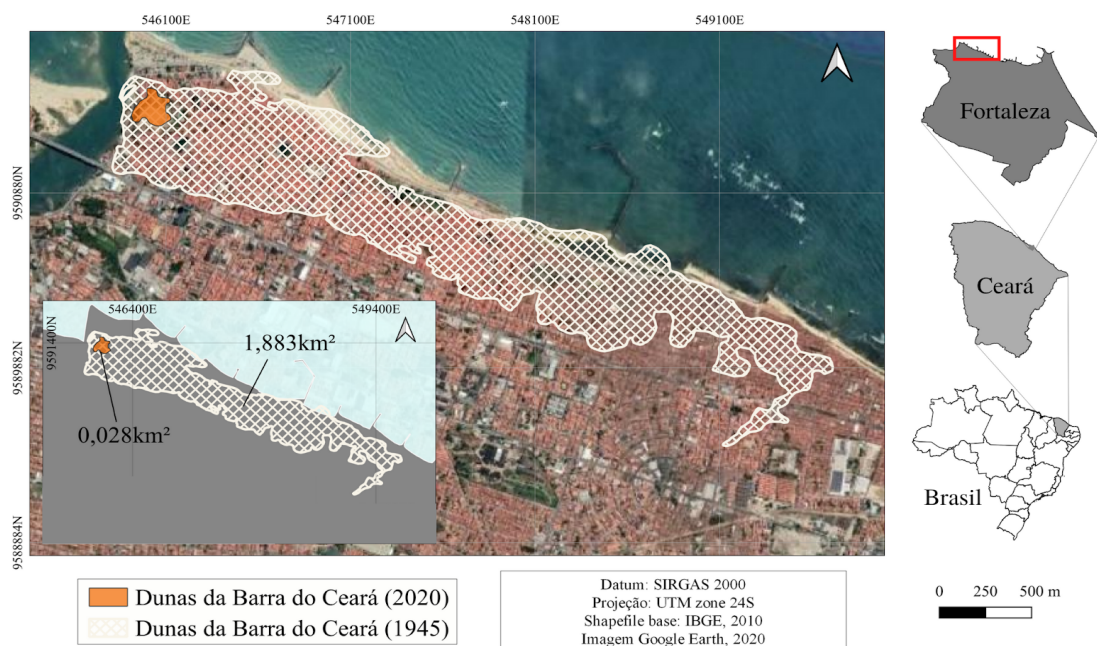
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Setor Barra do Ceará

As dunas deste setor abrangem os bairros Barra do Ceará, Cristo Redentor e Pirambu (Figuras 6 e 7) e foram praticamente extintas. As móveis, com cerca de 5,4km de extensão, restou, no ano de 2003, apenas uma pequena duna que teve sua movimentação na direção da margem direita do rio Ceará bloqueada e cerceada após a construção civil atingir o seu topo. Foi possível evidenciar alterações profundas na geometria do campo de dunas e de seus componentes ambientais relacionados com a cobertura vegetal e a recarga do aquífero. As dunas fixas deste setor estavam localizadas à retaguarda das dunas móveis e foram completamente extintas após o processo de ocupação da área (PINHEIRO, 2009).

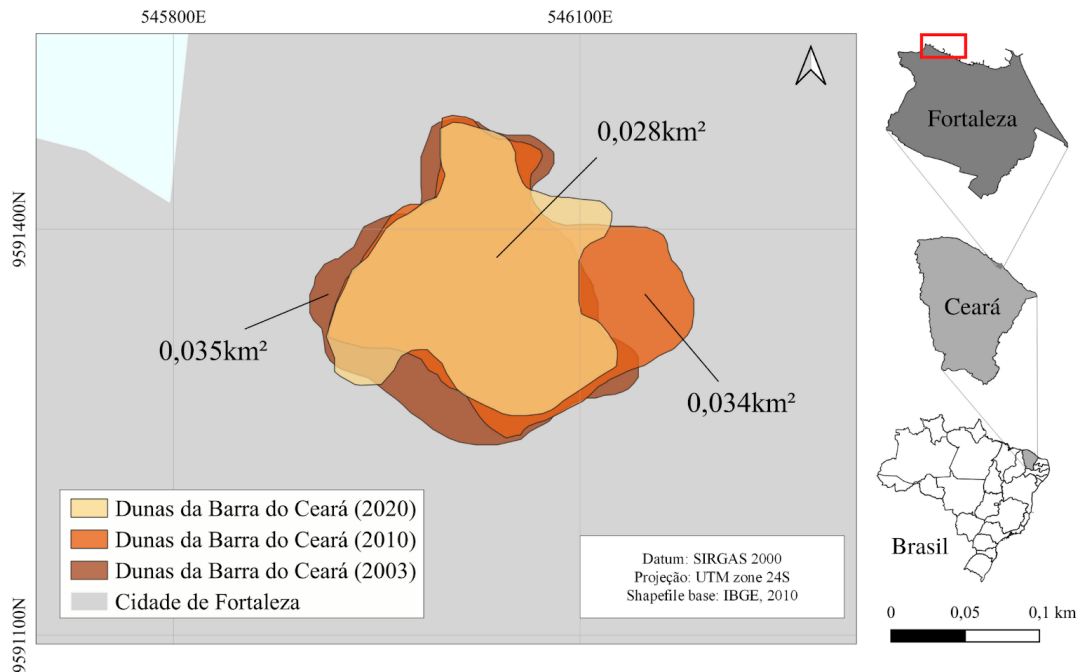
No primeiro recorte temporal analisado, as dunas da Barra do Ceará foram reduzidas de uma área de 1,883 km² para apenas 0,028 km². No segundo recorte temporal, o setor contava com uma única duna remanescente do campo de dunas de 1945 e com área de 0,035 km² em 2003: em 2010 ocorreu a desocupação (moradias subnormais) da margem leste da duna (Figura 08), porém, ocupada novamente em 2020. O resultado foi uma diminuição de 0,035 km² para 0,028 km², ou seja, 20% de área perdida em um intervalo temporal de 17 anos e 98,51% em 75 anos (Gráfico 1).

Figura 7 – Mapa de regressão da área das dunas da Barra do Ceará (1945 – 2020).



Fonte: Autora, 2022.

Figura 8 – Mapa de regressão da área das dunas da Barra do Ceará (2003 – 2020).

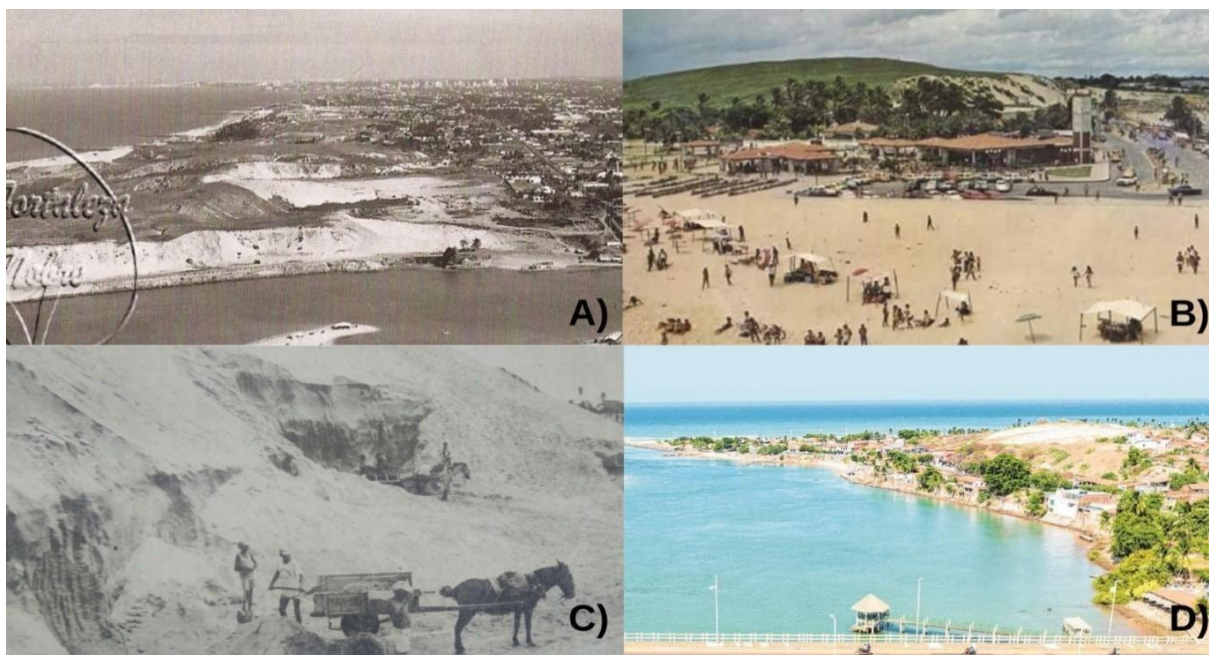


Fonte: Autora, 2022.

Neste setor houve uma divergência nos valores de área de dunas com o estudo de Pinheiro (2009), isso pode ser explicado devido a diferença entre as duas metodologias, em que este presente estudo utilizou como critério a morfologia das dunas através da atenuação das curvas de nível disponibilizadas pelo Serviço Geográfico do Exército e não outros critérios, como a vegetação característica associada e faixa de areia da praia.

A ocupação urbana na Barra do Ceará ocorreu, de forma acentuada desde 1978, o que acarretou rápida e intensa redução dos campos de dunas desse setor antes da virada do século XXI e nos seus primeiros anos seguintes (VASCONCELOS e LEHUGEUR, 2007), como confirmado pelas imagens de satélite analisadas e demais arquivos bibliográficos (Figura 09). Ao contrário do perfil econômico dos ocupantes do litoral leste da cidade, o litoral oeste foi ocupado por famílias assalariadas ou autônomas de forma desordenada e precária, impulsionadas pelos sucessivos períodos de estiagem. A avenida principal que corta este setor é a Leste Oeste, que foi criada nos anos 1970 com o intuito de conectar a indústria do Mucuripe à zona industrial da Avenida Francisco Sá (SILVA *et al.*, 2018 e COSTA, 2005).

Figura 9 – Fotografias das dunas pertencentes ao setor Barra do Ceará.



Legenda: a) Barra do Ceará antes da construção da ponte que a integrava ao município de Caucaia, em 1977; b) Praia da Barra do Ceará com fluxo de pessoas e a duna coberta de vegetação rasteira, em 1982; c) Carroceiros retirando areia da duna para venda, em 1990; d) Barra do Ceará após a construção da ponte com a duna fixada em quase sua totalidade, em 2020. Fotos: Fortaleza Nobre, Fortaleza em Fotos, Acervo O Povo e Nilton Alves, respectivamente.

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 com os próprios moradores locais como público alvo. Devido à zona industrial localizada na Avenida Francisco Sá, a indústria ocupou uma importante parcela do bairro. Às condições precárias de moradia e a carência de equipamentos públicos voltados para o lazer, educação, segurança e saúde, podem explicar os baixíssimos valores de Índice de Desenvolvimento Humano dos bairros localizados no setor de dunas: Pirambu (0,391), Cristo Redentor (0,410) e Barra do Ceará (0,432), tendo valores semelhantes aos dos países mais pobres da África.

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 o despejo de efluentes industriais e domésticos (SOUZA, 2002).

4.2 Setor Praia do Futuro

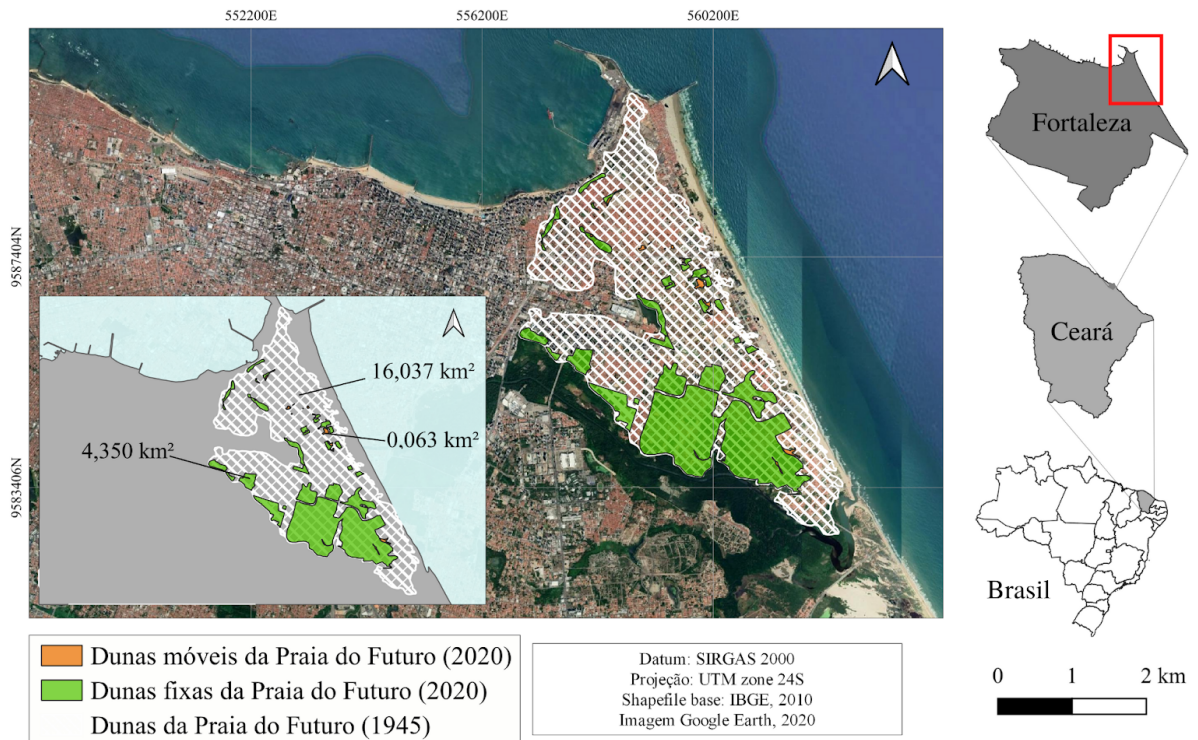
As dunas da Praia do Futuro, no ano de 1945, atingiam os bairros Cais do Porto, Mucuripe, Varjota, Vicente Pinzon, Praia do Futuro I, Praia do Futuro II, Papicu, Cocó, De Lourdes, Cidade 2000 e M. Dias Branco (Figuras 06 e 09). Segundo Pinheiro (2009), as dunas deste setor eram caracterizadas por grandes lençóis de areia e dunas compostas que migravam no sentido Sudeste - Noroeste, em sua retaguarda estavam localizadas as dunas fixas, em forma de parábolas próximas ao litoral e as mais distantes do litoral não apresentavam uma forma definida.

A área total, de dunas fixas e móveis, para o ano de 1945 foi estimada em 16,037 km², restando em 2020, uma área empobrecida de dunas móveis, com 0,063 km² distribuídos no topo do Morro de Santa Terezinha e nos bairros Mucuripe, De Lourdes e Cocó. As dunas fixas apresentaram uma perda menor em comparação com os vastos lençóis de areias móveis, restando em 2020 uma área de 4,350 km² (Figura 10). Esta foi uma redução de 72.54% da cobertura de dunas entre os anos de 1945 e 2020 (Gráfico 01).

Entre os anos de 2003 e 2020, as dunas fixas da Praia do Futuro se mantiveram, em sua maioria, preservadas da descaracterização, havendo uma redução de 6,138 km² para 4,35 km² (Figura 11). A área que apresentou a menor perda em área 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, eram 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.

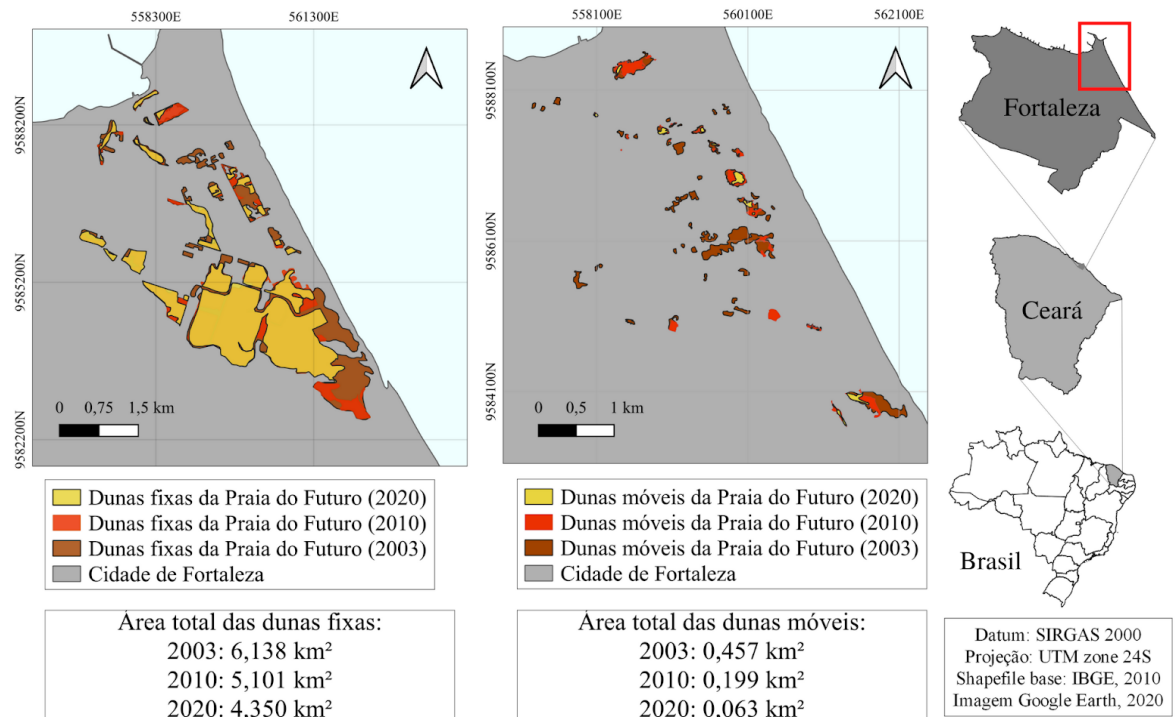
Em harmonia com o estudo realizado por Pinheiro (2009), os resultados referentes ao processo de descaracterização do setor Praia do Futuro apontaram como causa determinante o avanço da expansão urbana. Os resultados demonstram a maior influência no uso e ocupação voltados para a residência, seguidos de serviço, comércio e indústria, respectivamente (Tabela 1).

Figura 10 – Mapa de regressão da área das dunas da Praia do Futuro (1945 – 2020).



Fonte: Autora, 2022.

Figura 11 – Mapa de regressão da área das dunas da Praia do Futuro (2003 – 2020).



Fonte: Autora, 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. 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 de 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.

O Índice de Desenvolvimento Humano no setor possui variações discrepantes, com bairros atingindo um desenvolvimento considerado muito alto, como: Cocó (0,76) e Varjota (0,71), enquanto que, no mesmo setor existem bairros com o desenvolvimento médio, como Papicu (0,59) e Cidade 2000 (0,56) e muito baixo, como Cais do Porto (0,22) e Praia do Futuro I (0,291).

No bairro Vicente Pinzon e uma determinada fração do Cais do Porto, há uma ocupação já estabelecida denominada Morro de Santa Terezinha (Figura 12). Este morro, ainda em 1980, era caracterizado como um campo de dunas eólicas ativo sujeito à dinâmica litorânea que anos depois passou a se tornar totalmente fixado artificialmente (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 pouco abastadas, o que está em consonância com o estudo elaborado por Carneiro *et al.* (2013), que afirma a irregularidade das propriedades das terras e a falta de moradia segura para esta população que se torna vulnerável a possíveis deslizamentos.

A construção do Porto do Mucuripe, em 1940, no bairro Cais do Porto (Figura 13), gerou um balanço negativo de sedimentos em toda a porção oeste do litoral, o que resultou em erosão contínua e assim necessário implantar as estruturas de engenharia costeira (espigões para conter a erosão) (MORAIS, 1970 e MACIEL, 2015).

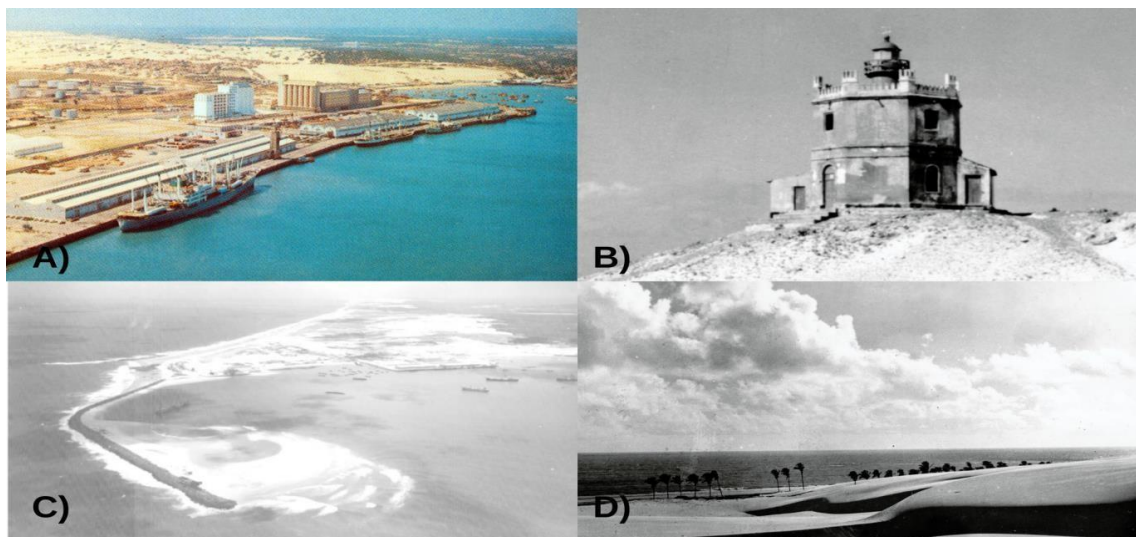
Figura 12 – Fotografias das dunas pertencentes ao setor Praia do Futuro.



Legenda: a) Jangadas na Regata Dragão do Mar e as dunas do Mucuripe atrás, em 1970; b) Morro de Santa Terezinha antes do seu processo de ocupação, em 1972; c) Moradores do Titanzinho varrendo suas casas após o fluxo sedimentar levar a areia para a calçada; d) Morro de Santa Terezinha fixado em sua totalidade após o processo de ocupação, 2018. Fotos: Acervo Mucuripe, Nelson F. Bezerra, Acervo G1 CE e Francisco Garcia, respectivamente.

Esta erosão costeira é uma das principais complicações sofridas em ambientes que destroem os campos de dunas, uma vez que as dunas atuam como barreira natural aos processos erosivos e, simultaneamente, fornecem sedimentos para as praias, nas áreas de bypass. Outra problemática socioambiental observada neste setor em decorrência da redução das dunas foi visualizada no bairro Cais do Porto, na comunidade do Serviluz, onde as casas estão situadas em uma zona de transpasse de sedimentos, fazendo com que as residências sejam tomadas por areia nos meses de maior intensidade de ventos (Figura 12). Ainda no Cais do Porto, outra comunidade, denominada 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 que não apresenta erosão progressiva em decorrência da construção do Porto do Mucuripe

Figura 13 – Fotografias das dunas pertencentes ao setor Praia do Futuro (2)



Legenda: a) Enseada do Mucuripe, em 1960; b) Farol do Mucuripe em cima de uma duna, em 1940; c) Construção do Porto do Mucuripe, em 1930; d) Campo de dunas do Castelo Encantado, em 1940. Fotos: Arquivo Nirez disponibilizadas para o Acervo Mucuripe.

4.3 Setor Sabiaguaba

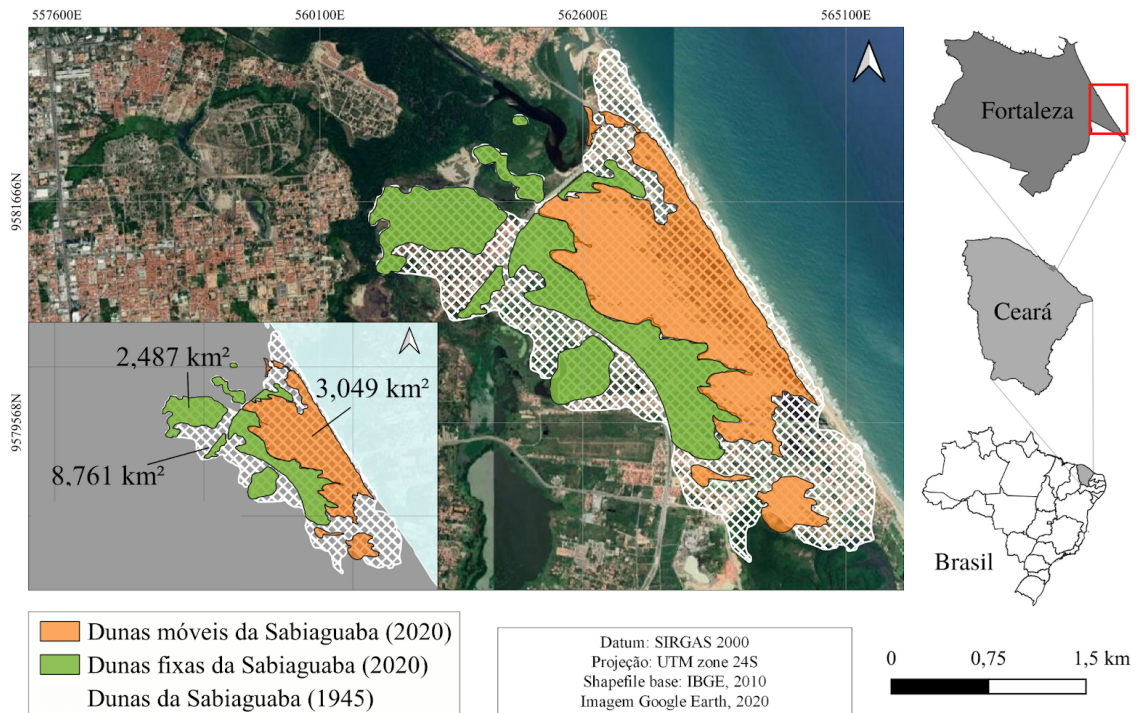
As dunas deste setor estão inseridas nos bairros Edson Queiroz e Sabiaguaba, a 13 km do centro de Fortaleza. Segundo Pinheiro (2009), as dunas da Sabiaguaba, antes do processo de urbanização, apresentavam semelhanças morfológicas com as dunas da Praia do Futuro, com vastos campos de dunas móveis movimentando-se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

As dunas da Sabiaguaba, entretanto, apresentaram a menor taxa de perda do sistema dunar. Nesta área, havia um extenso campo de dunas de 8,761 km² no ano de 1945 e, 75 anos depois, essa área foi reduzida para 5,536 km²: com 3,049 km² de dunas móveis e 2,487 km² de dunas fixas (Gráfico 01). Esta perda representa 36.81% dos campos de dunas (Figura 14). Durante o intervalo de 2003 a 2020 (Figura 15), as dunas móveis apresentaram uma redução mais significativa se comparada às dunas fixas do local, em que no ano de 2003 a área pertencente às dunas móveis foi estimada em 4,545 km² e atingiu, 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.

A Sabiaguaba é ocupada há muito tempo por povos primitivos, uma vez que em seu território há, pelo menos, 7 sítios arqueológicos: Sabiaguaba I, Sabiaguaba II, Sabiaguaba III, Sabiaguaba IV, Sabiaguaba V, Gereberaba I e Gereberaba II (SOUSA, 2011; MACHADO e

NOBRE, 2017). No sítio Sabiaguaba II, foram encontrados vestígios líticos, cerâmicos, registros de fogueiras e espécies de conchas (bivalves) que indicam uma ocupação humana de, pelo menos, 4.610 anos, o que demonstra a relevância científica do local (SOUSA e OLIVEIRA, 2020).

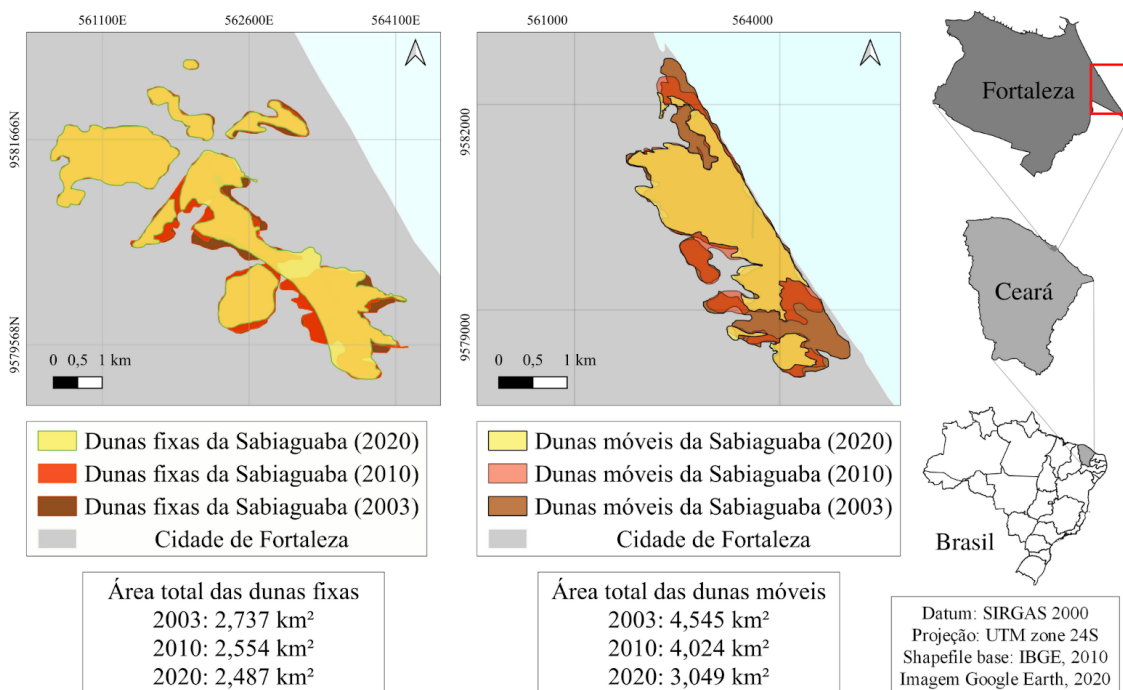
Figura 14 – Mapa de regressão da área das dunas da Sabiaguaba (1945 – 2020).



Fonte: Autora, 2022

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 as Unidades de Conservação foram instituídas pelo Poder Público Municipal por meio, respectivamente, dos Decretos 11.986 e 11.987, ambos de 20 de fevereiro de 2006. Apesar da proteção legal, foram observadas nessas áreas especulação imobiliária, incêndios criminosos, despejo de resíduos sólidos e tráfego de veículos de tração 4x4.

Figura 15 – Mapa de regressão da área das dunas da Sabiaguaba (2003 – 2020).



Fonte: Autora, 2022.

Segundo Souza (2009), a ocupação deste setor ocorreu de forma mais lenta e menos intensa do que nos demais setores da cidade, sendo impulsionada após a instalação do ramal ferroviário que ligava o Mucuripe à Parangaba, gerando um interesse de construção para fins residenciais nas áreas adjacentes. Como observado pelo presente estudo, o principal uso do solo está vinculado às residências de famílias com pouco poder aquisitivo, uma vez que o bairro Sabiaguaba apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano 0,26, sendo considerado muito baixo. A atividade comercial é a segunda ocupação mais predominante da área, seguida de serviços e indústria, respectivamente.

Mesmo sendo uma exceção para a realidade que permeia os campos de dunas do município de Fortaleza, este setor também apresenta diversas problemáticas observadas em monitoramento, como construções irregulares dentro do Parque Natural Municipal das Dunas da Sabiaguaba. A implantação da rodovia estadual denominada CE 010 ou Estrada da Sabiaguaba interceptou a migração das dunas móveis, fazendo com que, além da gestão pública constantemente retire a areia da estrada, promoveu um déficit de areia do fluxo sedimentar eólico (colapsado pela rodovia) na direção da margem direita do rio Cocó e praia do Futuro (Figura 16).

No ano de 2020, grupos de ambientalistas locais denunciaram para a mídia (O POVO,

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, ambiente de dunas fixas (Mata Atlântica) e semifixas, como observado em campo.

A Mata do Miriú, por sua vez, é um ambiente de dunas cobertas de vegetação arbórea com brejos e lagoas, o que a configura como Área de Preservação Permanente, 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. Após intensas manifestações contrárias à obra de especialistas e da sociedade civil, o Ministério Público do Ceará recomendou a suspensão do projeto de loteamento.

Figura 16 – Fotografias das dunas pertencentes ao setor Sabiaguaba.

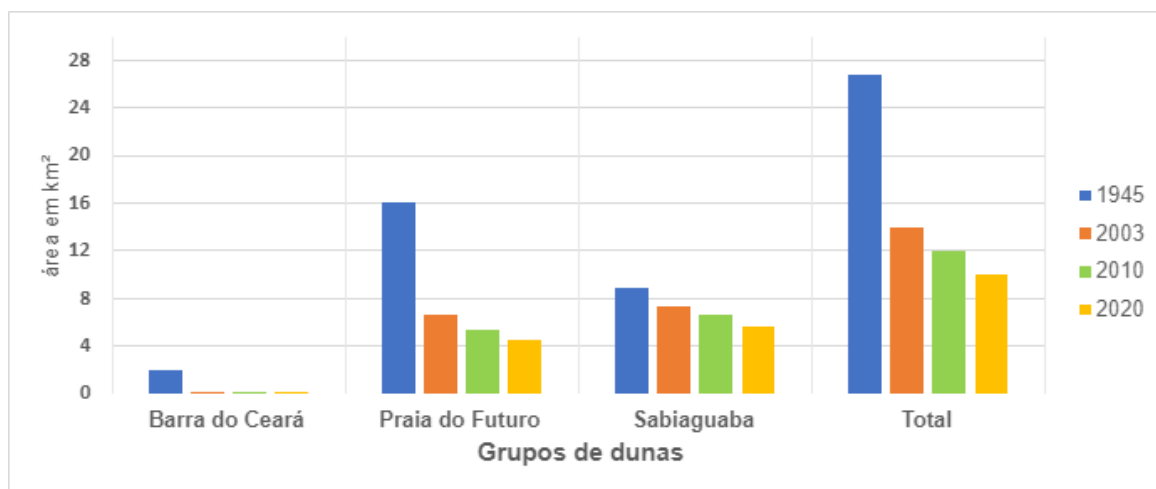


Legenda: a) A CE-010 cortando o fluxo natural dos grãos de areia, 2020; b) Loteamento na areia de dunas, 2020; c) Tratores retirando areia após a CE-010 ser coberta pela areia da duna, em 2020; d) Construções irregulares são demolidas em Zona de Preservação Ambiental, em 2020. Fotos: Carlos Marlon, José Leomar, Acervo G1 CE e Lauriberto Braga, respectivamente.

4.4 Os prejuízos para a cidade

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, como observado no gráfico 1. Este resultado está em harmonia com o estudo realizado por Carneiro *et al.* (2013), que identificou no Morro de Santa Terezinha uma rápida ocupação do solo de dunas durante os anos de 1978 – 2001 e, de forma menos expressiva, nos anos de 2001 – 2008. De acordo com Girão ([1959] 1997) e Azevedo (2001), os ambientes de dunas foram severamente impactados pela expansão urbana em diferentes períodos: a contar de 1930, as dunas do bairro Pirambu (setor Barra do Ceará) e de 1950, nos bairros Meireles e Mucuripe (setor Praia do Futuro), isso pode explicar o porquê das dunas do setor Barra do Ceará, em 1945, apresentarem uma dimensão muito menor que os outros setores.

Gráfico 1 – A redução dos campos de dunas nos setores.



Fonte: Autora, 2022.

Dentre as principais atividades de ocupação urbana analisadas, o uso para construção de casas e edifícios residenciais foi, em quase todos os bairros situados em terrenos de dunas, a principal causa para a descaracterização dos campos de dunas da cidade (Tabela 01). A exceção para este resultado foi o bairro Cais do Porto, situado na ponta do setor Praia do Futuro, o qual tem o Porto do Mucuripe em sua região ocupando uma vasta área.

Tabela 1 – Os usos e ocupações dos setores.

Setores	Ranking
Barra do Ceará	1. Residência
	2. Comércio
	3. Indústria
	4. Serviços
Praia do Futuro	1. Residência
	2. Serviços
	3. Comércio
	4. Indústria
Sabiaguaba	1. Residência
	2. Comércio
	3. Serviços
	4. Indústria

Fonte: Adaptado de SEFIN/PMF, 2015.

De acordo com a tabela modificada por Meireles *et al.* (2020) (Tabela 2), 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, (BEEKELAAR e GEELLEN, 1999; 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 2 – As funções ecossistêmicas dos campos de duna.

TABELA II	
As 13 funções ecossistêmicas dos campos de dunas	
Funções	Dunas
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.

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. SE fortemente fragmentado nas áreas com verticalização nas dunas da Praia do Futuro e colapsado na duna da Barra do Ceará.
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.

Proteção da costa contra extremos (climáticos, deslizamentos, enchentes) e regulação dos sistemas hídricos superficiais e subterrâneos	Amortece o efeito do escoamento superficial e processos erosivos derivados das precipitações. Controla o aporte de água doce no aquífero e das enchentes, pois a composição granulométrica favorece a infiltração da água da chuva e a cobertura vegetal minimiza os efeitos erosivos do escoamento superficial. Promove volume de água para os fluxos hidrológicos integrados com a bacia hidrográfica e os demais ecossistemas estuarinos. Os eventos pluviométricos de elevada turbulência são amortecidos no setor das dunas fixas. Durante os eventos de estiagem, controla a quantidade de água disponível para o aquífero dunar (reserva estratégica de água doce). Os eventos pluviométricos de elevada turbulência são amortecidos e distribuídos sobre o bosque de mangue. Produção e distribuição de sedimentos areno-argilosos e dinâmica da cobertura vegetal. Fluxos de matéria e energia consumidos e dissipados através da relação com os demais componentes geoambientais e ecodinâmicos. As dunas às margens do rio Cocó, entre os campos da praia do Futuro e da Sabiaguaba estão fortemente relacionadas a esses SE. Entretanto, a construção da rodovia CE 010 promoveu um conjunto de impactos ambientais que colapsou o controle e acesso de areia das dunas móveis da Sabiaguaba para alimentar a deriva sedimentar na desembocadura do rio (bancos de areia) e ao longo da praia do Futuro. A duna da Barra do Ceará até 2003 ainda fornecia pequenas quantidade de sedimentos para os bancos de areia na foz do rio, e atualmente encontra-se completamente isolada das conexões com a dinâmica fluviomarinha devido bloqueio realizado por muro de enrocamento ao longo da face de avalanche que migrava na direção da margem direita do rio Ceará.
--	--

Amortecimento das consequências previstas pelo aquecimento global	O complexo dunar atua como sistemas responsáveis pela manutenção das propriedades amortecedoras dos efeitos projetados pelo aumento da temperatura média e subida do nível do mar (erosão costeira, incremento dos extremos climáticos 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 da Sabiaguaba são fundamentais para potencializar a provisão relacionada com a urgência climática em andamento. As dunas da praia do Futuro e Barra do Ceará estão fortemente degradadas pela construção civil.
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.

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 pólen 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 encontra-se 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.

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.

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 Veiga Lima *et al.* (2016), os 18 serviços ecossistêmicos prestados pelas dunas em Florianópolis beneficiam, principalmente, os moradores da comunidade local e as pessoas que trabalham 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 e descaracterização dos ecossistemas costeiros, sobretudo os campos de dunas, gerando uma perda significativa dos serviços ecossistêmicos prestados (DIEDERICHSEN *et al.*, 2014). Em Florianópolis, 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 diálogo com as comunidades locais para que os ecossistemas sejam preservados, conservados e valorizados.

Estudos realizados na Europa também trouxeram reflexões semelhantes à presente pesquisa. Foi observado que na Estônia e Bulgária (Stancheva, *et al.* 2011) demonstraram uma redução progressiva e intensa dos campos de dunas devido à ocupação urbana desenfreados, concluindo sua reflexão na 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.

O ecossistema de dunas vem sendo um dos ambientes mais afetados pela expansão urbana na zona costeira, sobretudo em cidades em que não se há o planejamento urbano, o que torna a gestão costeira um agente decisivo para os ambientes de dunas (EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, 2006). Observando os dados obtidos por este trabalho e por outros anteriormente citados, é possível compreender a importância de as informações científicas acerca dos serviços ecossistêmicos serem de conhecimento da gestão pública, para que a condução de possíveis reordenamentos urbanos e ações mitigadoras sejam guiadas da forma mais protetiva possível para os campos de dunas.

A Gestão Baseada em Ecossistemas (GBE) é uma forma de administrar o meio urbano utilizando os serviços ecossistêmicos como principal ferramenta de trabalho e trabalha a organização desses usos para trazer o bem-estar social e ambiental (UNEP, 2006). Desta forma, com base nos resultados adquiridos nesta pesquisa, a GBE representa uma das formas de gerir de maneira adequada uma cidade sem trazer danos aos seus ecossistemas.

5 CONCLUSÃO

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, acarretando, no caso do município de Fortaleza, em uma redução expressiva dos campos de dunas durante os anos de 1945 a 2003. 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 a quantidade de km² reduzidos, o setor da Praia do Futuro foi o mais expressivo, com 16 km² de dunas em 1945 resumidas em 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 vulnerável aos eventos extremos e às mudanças climáticas (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, culturais foi indutora da especulação imobiliária que proporcionou 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, situados, sobretudo, nos setores que estão protegidos pelas Unidades de Conservação (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 e aos estuários da cidade. 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 dos grupos de 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

- AGUIAR, G. L. de. **Impacto de gatos domésticos sobre a fauna nativa em fragmento vegetacional urbano. (2020)**. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade Federal do Ceará. 2020.
- 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. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305900611000109>. Acesso em: 20 de jan. 2022.
- ARENS, S. M.; GEELLEN, L. H. W. T. Conservation of the dune landscape by the intended destabilization of the Amsterdam water supply dunes. **Journal of Coastal Research**, v. 22, n. 5 (225), p. 1094-1107, 2006. Disponível em: [https://meridian.allenpress.com/jcr/article-abstract/22/5/20\(225\)/1094/28569/Dune-Landscape-Rejuvenation-by-Intended](https://meridian.allenpress.com/jcr/article-abstract/22/5/20(225)/1094/28569/Dune-Landscape-Rejuvenation-by-Intended). Acesso em: 20 de jan. 2022.
- AZEVEDO, M. A. de. Cronologia ilustrada de Fortaleza: roteiro para um turismo histórico e cultural. **Fortaleza: Banco do Nordeste**, 2001.
- BEEKELAAR, W.; GEELLEN L. H. W. T. 1999. Management scheme 2000–2010: new challenges in water supply from the Amsterdam dunes. **Connecting Science and Management in the Coastal Zone**, Poland, 1999. Proceedings of the 7th International EUCC Coastlines Conference, 1999.
- BIGARELLA, J. J. Wind Environments, their Characteristics, Recognition and Importance. **Recognition of Ancient Sedimentary Environments**. v. 16, p.12-62, 1972.
- BRANCO M. P. de N. C.; LEHUGEUR, L. G. de O.; CAMPOS, J. E. G. Proposta de Classificação para as Feições Eólicas do Setor Leste da Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará – Brasil. **Geociências: UNESP**, v.22, n.2, p. 163-174. 2003. Disponível em: http://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/22_2/5.pdf. Acesso em: 20 de jan. 2022.
- BRANDÃO, R.L. 1998. **Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza**. 2ªimp. CPRM.
- BRITO, A. E. R. M.; MADEIRA, Z. R.; COSTA, F. A. P.; NUNES, E. P.; MATIAS, L. Q.; SILVA, P. H. M. **Vegetação Costeira do Nordeste Semiárido: Guia Ilustrado**. Fortaleza, Edições UFC. 2006.
- CHHABRA, A.; GEIST, H. Multiple impacts of land use/cover change. Land Use and Land Cover Change: Local Processes and Global Impacts. **Springer Berlin Heidelberg**, New York, p. 71- 116, 2006.
- CLAUDINO-SALES, V. (2010). 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:10.1590/s1982-4513201000030.

CLAUDINO-SALES, V. Litoral do Ceará. **Evolução geomorfológica da zona costeira do Estado do Ceará, Brasil - Do longo prazo ao curto prazo. 2002.** Tese (Doutorado em Geografia Ambiental) - Université Paris-Sorbonne, França. 2002.

COSTA, M. C. L. **Cidade 2.000: expansão urbana e segregação espacial em Fortaleza.** Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo, 1988. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-19082021-183020/publico/1988_MariaCleliaLustosaCosta.pdf Acesso em: 20 de jan. 2022.

COSTA, M. C. L. Fortaleza: expansão urbana e organização do espaço. **Ceará: um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha**, p. 51-100, 2005.

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. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041617304060>. Acesso em: 20 de jan. 2022.

COSTANZA, R.; FISHER, B. Quality of life: an approach that integrates opportunities, human needs and subjective well-being. **Ecological Economics**, v. 61, p. 267-276, 2007. DOI:10.1016/j.ecolecon.2006.02.023.

COSTANZA, R. Social objectives and valuation of ecosystem services. **Ecosystems**, v.3, n.1, p. 4-10. 2000. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3658660>. Acesso em: 20 de jan. 2022.

Da VEIGA LIMA, F. A., De ALMEIDA F. B., TORRES, R. P., & SCHERER, M. E. G. 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:10.5380/dma.v38i0.406992 .

Da 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.

De ANDRADE CARNEIRO, F. et al. EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO CAMPO DE DUNAS DO MORRO SANTA TEREZINHA, FORTALEZA/CE. **Geosciences= Geociências**, v. 32, n. 1, p. 137-151, 2013. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/8010/5635>. Acesso em: 20 de jan. 2022.

De SOUZA, M. S. Meio ambiente urbano e saneamento básico. **Mercator**, v. 1, n. 1, 2002. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/194>. Acesso em: 20 de jan. 2022.

DOODY, J. P. 1997. 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**, 20(4), 476–487.

Entidades ambientais lançam campanha para recolher assinaturas e criar nova Unidade de Conservação em Fortaleza. O Povo. Fortaleza, 28 de ago. 2020. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/fortaleza/2020/08/29/entidades-ambientais-lancam-campanha-para-recolher-assinaturas-e-criar-nova-unidade-de-conservacao-em-fortaleza.html>

FARIAS, A. D. (1997). História do Ceará: dos índios à geração Cambeba. **Fortaleza: Tropical.**

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

FRENCH, P. W. **Coastal defenses: processes, problems and solutions.** (1ª ed). Routledge, Londres. 2001. <https://doi.org/10.4324/9780203187630>.

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

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

IPCC. 2019 **Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** IPCC Fifth Assessment Report (AR5): Authors and Review Editors. Disponível em <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>. Consulta realizada em Jan./2022

IPCC, 2021: **Summary for Policymakers. In: 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.** [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B.Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

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: De Paula, D. P.; Dias, J. A. (Org.). **Ressacas do mar: temporais e gestão costeira.** Seção IV, Capítulo 1. Fortaleza: Premium, 2015. 448p.

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**, p. 355–369, 2008.

- MARTÍNEZ, M. L.; PSUTY, N. P.; LUBKE, R. A. (2008) **A Perspective on Coastal Dunes**. In: Martínez ML, Psuty NP (eds) **Coastal Dunes**. Ecological Studies, vol. 171. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74002-5_1.
- MELTON, F. A. An attempt to classify sand dunes, their application to the history of dunes in the southern high plains. **The Journal of Geology**. v. 48, n. 2, p. 113-174, 1940. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/624871>. Acesso em: 20 de jan. 2022.
- 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. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Acesso em: set. 2021.
- MEIRELES, A. J. A.; SOUZA, W. F.; LIMA, A. P. S. 2016. **Atlas socioambiental de Icapuí**. 1. ed. Fortaleza/CE: Fundação Brasil Cidadão. v.1. p. 145, 2016.
- 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)**, p. 1-34, 2018.
- MEIRELES, A. J. A. Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais. 2. ed. **Fortaleza: Edições UFC**, 2014. 489p.
- 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.
- MOURA, N. S. V.; MORAN, E. F.; STROHAECKER, T. M.; KUNST, A. V. A Urbanização na Zona Costeira: Processos Locais e Regionais e as Transformações Ambientais - o caso do Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Natureza**. v. 37, n.42, p. 594- 612, 2015.
- MORO, M. F.; CASTRO, A. S. F.; ARAÚJO, F. S. de. Composição florística e estrutura de um fragmento de vegetação savânica sobre os tabuleiros pré-litorâneos na zona urbana de Fortaleza, Ceará. **Rodriguésia**, v. 62, p. 407-423, 2011.
- MRINI, A. EL.; 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, Jader Onofre de. **Processos de assoreamento do Porto do Mucuripe**. 1972.
- NORDSTROM, K.; LAMPE, R.; VANDEMARK, L. Restoring the functioning of dunes on developed coasts. **Environmental Management**. V. 25, p. 37-51, 2000.

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

PINHEIRO, M. V. de A. **Evolução geoambiental das dunas de transpasse do estado do Ceará. 2015.** 152 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

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. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/lepaarq/article/view/14832/12199>. Acesso em: 20 de jan. 2022.

SOUSA, L. D. A. de. **Os grupos pré-históricos ceramistas da praia de Sabiaguaba, Fortaleza/CE-Brasil.** Dissertação (Mestrado em Arqueologia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SOUZA, C. R.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Org). **Dunas e paleodunas eólicas costeiras e interiores.** O Quaternário no Brasil. 1 ed. São Paulo: Holos Editora, v. 1, 2005.

SCHLADER, 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. et al. 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 historia do jornalismo cearense 1824-1924.** Typ. moderna--F. Carneiro, 1924.

VASCONCELOS, M. P. L.; DE OLIVEIRA LEHUGEUR, L. G. **Evolução do uso e ocupação dos campos de dunas no Município de Fortaleza–Ceará.** Disponível em: https://www.abequa.org.br/trabalhos/2007_maria_patricia.pdf Acesso em: 20 de jan. 2022.

TEIXEIRA, W. **Decifrando a Terra.** 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, p. 623, 2009.

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.

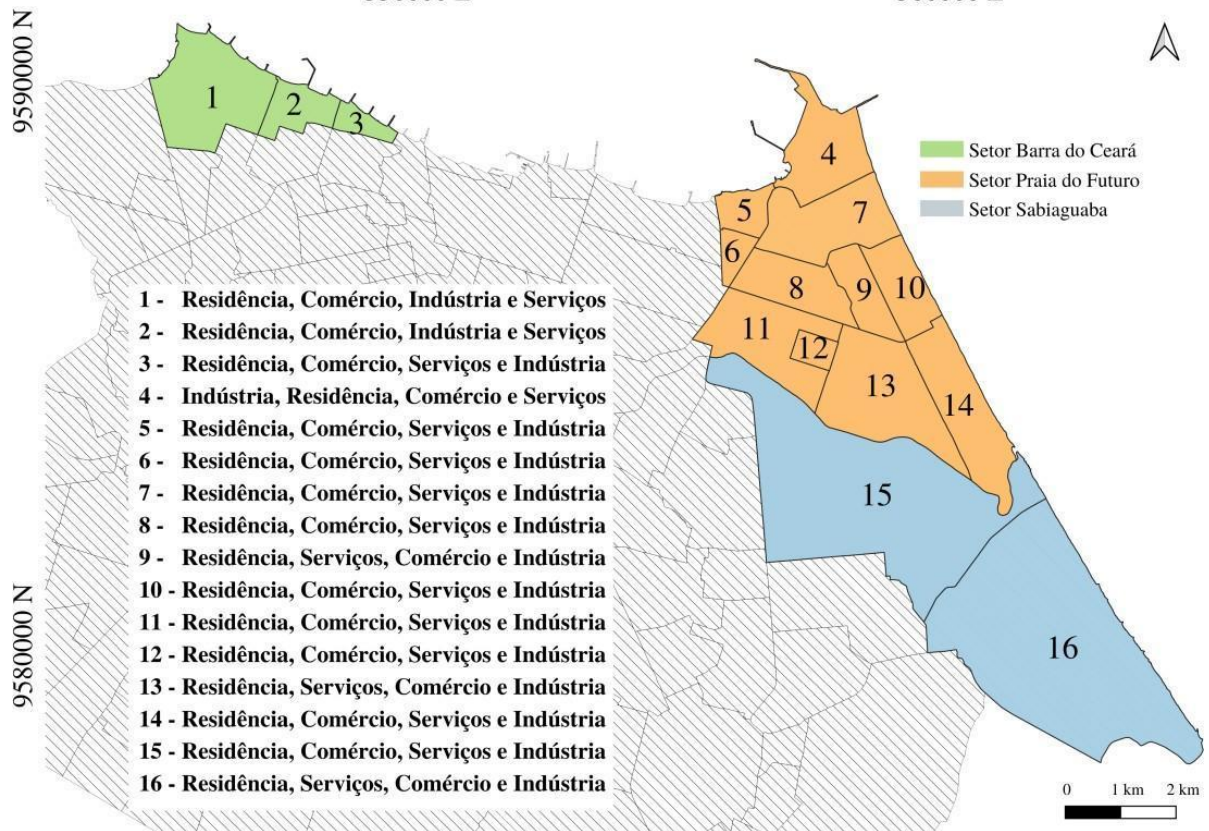
WASSON, R.J; HYDE, R. Determining factors of desert dune type. **Nature**, v. 304, n. 5924, pág. 337-339, 1983.

**APÊNDICE A – TABELA COM OS USOS E OCUPAÇÕES CLASSIFICADOS
ENTRE: RESIDENCIAL, INDUSTRIAL, SERVIÇOS E COMÉRCIO**

Bairros	Residencial (m ²)	Industrial (m ²)	Serviços (m ²)	Comércio (m ²)	Ranking
Barra do Ceará	266.016 a 635.557	35.662 a 59.992	6.135 a 14.852	192.447 a 345.721	1. Res.; 2. Com.; 3. Ind.; 4. Ser.
Cristo Redentor	Até 266.016	12.181 a 35.662	Até 6.135	Até 92.076	1. Res.; 2. Com.; 3. Ind.; 4. Ser.
Pirambú	Até 266.016	Até 3.713	Até 6.135	Até 92.076	1. Res.; 2. Com.; 3. Ser.; 4. Ind.
Papicu	635.557 a 1.525.268	Até 3.713	14.852 a 29.185	192.447 a 345.721	1. Res.; 2. Com.; 3. Ser.; 4. Ind.
Varjota	266.016 a 635.557	Até 3.713	6.135 a 14.852	Até 92.076	1. Res.; 2. Com.; 3. Ser.; 4. Ind.
Macuripe	635.557 a 1.525.268	Até 3.713	6.135 a 14.852	92.076 a 192.447	1. Res.; 2. Com.; 3. Ser.; 4. Ind.
Vicente Pinzon	266.016 a 635.557	Até 3.713	6.135 a 14.852	92.076 a 192.447	1. Res.; 2. Com.; 3. Ser.; 4. Ind.
País do Porto	Até 266.016	Acima de 59.992	Até 6.135	192.447 a 345.721	1. Ind.; 2. Res.; 3. Com.; 4. Ser.
Praia do Futuro I	Até 266.016	Até 3.713	Até 6.135	Até 92.076	1. Res.; 2. Com.; 3. Ser.; 4. Ind.
Praia do Futuro II	Até 266.016	Até 3.713	6.135 a 14.852	Até 92.076	1. Res.; 2. Com.; 3. Ser.; 4. Ind.
De Lourdes	Até 266.016	Até 3.713	Até 6.135	Até 92.076	1. Res.; 2. Ser.; 3. Com.; 4. Ind.
M. Dias Branco	Até 266.016	Até 3.713	Até 6.135	Até 92.076	1. Res.; 2. Ser.; 3. Com.; 4. Ind.
Cidade 2000	Até 266.016	Até 3.713	Até 6.135	Até 92.076	1. Res.; 2. Com.; 3. Ser.; 4. Ind.
Cocó	Acima de 3.849.005	Até 3.713	6.135 a 14.852	192.447 a 345.721	1. Res.; 2. Com.; 3. Ser.; 4. Ind.
Sabiaguaba	Até 266.016	Até 3.713	Até 6.135	Até 92.076	1. Res.; 2. Ser.; 3. Com.; 4. Ind.
Edson Queiroz	266.016 a 635.557	Até 3.713	6.135 a 14.852	345.721 a 1.082.242	1. Res.; 2. Com.; 3. Ser.; 4. Ind.

Fonte: Autora, 2022.

**APÊNDICE B – MAPA COM OS USOS E OCUPAÇÕES CLASSIFICADOS ENTRE:
RESIDENCIAL, INDUSTRIAL, SERVIÇOS E COMÉRCIO**



Fonte: Autora, 2022.