



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

MARIA LIGIA FARIAS COSTA

QUANTO SOBRA DE VERDE EM UMA METRÓPOLE?
UM ESTUDO SOBRE A COBERTURA VEGETAL E CORREDORES
ECOLÓGICOS EM FORTALEZA, CEARÁ

FORTALEZA

2022

MARIA LIGIA FARIAS COSTA

QUANTO SOBRA DE VERDE EM UMA METRÓPOLE?
UM ESTUDO SOBRE A COBERTURA VEGETAL E CORREDORES
ECOLÓGICOS EM FORTALEZA, CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Freire Moro.

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)

- C874q Costa, Maria Ligia Farias.
QUANTO SOBRA DE VERDE EM UMA METRÓPOLE? : UM ESTUDO SOBRE A COBERTURAVEGETAL E CORREDORES ECOLÓGICOS EM FORTALEZA, CEARÁ / Maria Ligia Farias Costa. –2021.
91 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências doMar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo Freire Moro.
1. conectividade urbana. 2. infraestrutura verde. 3. verde urbano. 4. Unidades de Conservação urbanas. I.Título.

MARIA LIGIA FARIAS COSTA

QUANTO SOBRA DE VERDE EM UMA METRÓPOLE?
UM ESTUDO SOBRE A COBERTURA VEGETAL E CORREDORES
ECOLÓGICOS EM FORTALEZA, CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Aprovada em: 20/01/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Freire Moro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antônio Geraldo Ferreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Liana Rodrigues Queiroz
Instituto Verdeluz

A Deus.

Aos meus pais, Saúde e Fernando.

In memoriam a minha avó, Lozinha.

AGRADECIMENTOS

Aos Projetos BIA (Bolsa de Iniciação Acadêmica), no qual em um dos anos eu tive o prazer de ingressar no BIOVEG (Laboratório de Biogeografia e Estudos da Vegetação do LABOMAR). A PREX, no qual fui bolsista por dois anos seguintes (2019-2020), no Projeto “Trilhas EcoBotânicas”. À Science and Technology Facility Council, do Reino Unido, que, em parceria com o prof. Thomas Meagher e o prof. Marcelo Moro, ofereceram bolsas de Iniciação Científica no Projeto 'Sensoriamento Remoto para Uso Sustentável de Florestas Tropicais Sazonalmente Secas - aprendendo a viver com a floresta', gerenciadas pela ASTEF, na qual fui bolsista durante o ano de 2021.

A Universidade Federal do Ceará por todo suporte financeiro e pela oportunidade de me encontrar profissionalmente.

Ao Prof. Dr. Marcelo Freire Moro, por depositar confiança no meu trabalho ao longo desses anos, pela paciência e motivação que sempre encontrei durante sua orientação. Seus ensinamentos comigo sempre estarão.

Aos professores participantes da banca examinadora Antônio Geraldo Ferreira, Jader de Oliveira Santos e Liana Rodrigues Queiroz, pela disponibilidade em contribuir com meu trabalho.

A todos os companheiros (as) do BIOVEG com quem eu tive o prazer de trabalhar, pelas vivências sempre ricas em ensinamentos. Ao Mário Branco por toda ajuda e paciência comigo.

A Clarice Araújo pela amizade e ensinamentos ao longo do Projeto Trilhas EcoBotânicas.

As minhas grandes amigas, que a universidade me presenteou, Brenda, Janaina, Ravena e Taynara por toda paciência comigo e pelo companheirismo ao longo da graduação. Obrigada, por tudo.

A todos os colegas do curso de Ciências Ambientais, levarei comigo sempre todos os ensinamentos e todos os campos compartilhados.

A minha família, meu pai, Fernando, minha mãe, Saúde, meu irmão, Wanderson, minhas primas, Aline e Amanda pela ajuda e apoio de sempre.

A Deus por ser o provedor da vida, e por me dá força e coragem nas adversidades.

[...]

As avenidas de terra
sem concreto, sem asfalto,
não tinha sinal de trânsito,
o respeito era mais alto.
De noite se via a lua
e passeava na rua
sem nenhum medo de assalto.

No lugar de cada poste
se plantou uma goiabeira
onde qualquer um colhia
sem precisar ir à feira.
E a sombra ainda servia
pras amigas de Maria
focar muita besteira.

[..]

Foi aí que eu acordei
desse sonho tão bonito.
Parece coisa de doido,
soa meio esquisito,
mas eu vi que a solução
tava lá no meu sertão,
feita de paz e amor.
Se essa cidade gigante
vivesse de hoje em diante
como um grande interior.
(BRÁULIO BESSA, 2019).

RESUMO

A coexistência entre o ser humano e os ecossistemas naturais tem se tornado cada vez mais conflitante e estudar essa relação constitui um objeto de estudos central para as ciências ambientais. O presente trabalho teve como objetivo mapear a extensão aproximada dos diferentes tipos de vegetação natural, calcular quanto restou de cada tipo e avaliar a possibilidade de traçar corredores ecológicos urbanos entre os remanescentes de vegetação, no município de Fortaleza, Ceará. Para tanto, utilizou-se técnicas de SIG como geoprocessamento e sensoriamento remoto, por meio do software livre QGIS. A partir da análise das diferentes unidades geomorfológicas do município foi possível inferir com razoável segurança as unidades fitoecológicas originalmente presentes no município. Também calculamos índices de cobertura vegetal (ICV) e de áreas verdes (IAV) para cada bairro. Por fim, a partir das Unidades de Conservação que existem em Fortaleza e dos ambientes verdes, modelamos rotas que potencialmente poderiam ser planejadas para abrigar corredores ecológicos na malha urbana. A partir da análise de uso e cobertura da terra concluiu-se que aproximadamente 83% do território já foi modificado pelo desmatamento e pela consolidação de áreas urbanas e que menos de 17% da área do município ainda abriga vegetação nativa. Os ambientes com menos área perdida foram a mata seca (85% de áreas remanescentes) e o manguezal (75% de áreas remanescentes), e os que mais perderam área foram a caatinga do cristalino (4% de áreas remanescentes) e a vegetação dos tabuleiros costeiros (9% de áreas remanescentes). Já os índices apresentaram resultados bem baixos, o ICV foi aproximadamente igual a 13 m²/hab e o IAV foi aproximadamente igual a 2 m²/hab. No total foram modelados 13 corredores ecológicos conectando o Parque Estadual do Cocó às demais unidades de conservação e os parques urbanos. A cidade de Fortaleza apresenta sérios problemas com relação ao seu processo de crescimento, pois, de forma geral, todos os ambientes aqui identificados estão sob ameaça dos empreendimentos imobiliários e a cidade, têm apenas uma fração pequena de áreas remanescentes, que sofrem com uma série de impactos e precisam de ampliação e restauração ecológica. Além de deixar evidente que a infraestrutura verde da cidade não está sendo eficiente. À vista disso, a implementação dos corredores ecológicos é uma proposta de intervenção com ganhos sociais e ecológicos, e dependente da boa gestão e planejamento das unidades de conservação, dos parques urbanos, das praças e da malha viária. Com ações focadas, a infraestrutura verde da cidade pode ampliar sua função de salvaguarda da vegetação nativa e de conservação da biodiversidade urbana.

Palavras-chave: conectividade urbana; infraestrutura verde; verde urbano; Unidades de Conservação urbanas.

ABSTRACT

The coexistence between human beings and natural ecosystems has become increasingly conflicting and studying this relationship is a central object of study for environmental sciences. The present work aimed to map the approximate extent of the different types of natural vegetation, calculate how much of each type was left and evaluate the possibility of tracing urban ecological corridors between the remnants of vegetation, in the municipality of Fortaleza, Ceará. For that, GIS techniques such as geoprocessing and remote sensing were used, using the free software QGIS. From the analysis of the different geomorphological units of the municipality, it was possible to infer with reasonable certainty the phytoecological units originally present in the municipality. We also calculated vegetation cover (VCI) and green areas (GAI) indices for each neighborhood. Finally, from the Conservation Units that exist in Fortaleza and the green environments, we modeled routes that could potentially be planned to shelter ecological corridors in the urban fabric. From the analysis of land use and cover, it was concluded that approximately 83% of the territory has already been modified by deforestation and the consolidation of urban areas and that less than 17% of the area of the municipality still harbors native vegetation. The environments with the least area lost were dry forest (85% of remaining areas) and mangroves (75% of remaining areas), and the ones that lost the most area were the crystalline caatinga (4% of remaining areas) and the vegetation of the coastal tablelands (9% of remaining areas). The indexes showed very low results, the VCI was approximately equal to 13 m²/inhabitant and the GAI was approximately equal to 2 m²/inhabitant. In total, 13 ecological corridors were modeled connecting Cocó State Park to other conservation units and urban parks. The city of Fortaleza has serious problems regarding its growth process, since, in general, all the environments identified here are under threat from real estate developments and the city has only a small fraction of remaining areas, which suffer from a series of impacts and need expansion and ecological restoration. In addition to making it clear that the city's green infrastructure is not being efficient. In view of this, the implementation of ecological corridors is an intervention proposal with social and ecological gains, and depends on the good management and planning of conservation units, urban parks, squares and the road network. With focused actions, the city's green infrastructure can expand its function of safeguarding native vegetation and conserving urban biodiversity.

Keywords: urban connectivity; green infrastructure; urban green; urban Conservation Units.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Modelos de movimentação na paisagem visando estabelecimento da conectividade entre os fragmentos. A) conectividade por meio de mosaicos; B) conectividade por meio de corredores ecológicos do tipo trampolim; e C) conectividade por corredores ecológicos do tipo lineares	27
Figura 2	- As diferentes funções dos corredores ecológicos dentro da paisagem. Canal – ajuda na locomoção; Habitat – quando os organismos sobrevivem e reproduzem; Filtro e Barreira – existe uma permeabilidade diferente entre os organismos, dessa forma, alguns conseguem passar e outros não; Fonte – quando ocorre alta taxa de reprodução; e Ralo – quando ocorre baixa taxa de reprodução.....	28
Figura 3	- Passos para a seleção das tipologias de infraestrutura verde apropriadas à realidade do município	30
Figura 4	- Mapa de localização da área de estudo, município de Fortaleza, capital do estado do Ceará	35
Figura 5	- Fluxograma da metodologia para delimitação dos corredores ecológicos	42
Figura 6	- Mapa dos ecossistemas naturais do território do município de Fortaleza, região costeira do estado do Ceará, Brasil	44
Figura 7	- Mapa de uso e cobertura da terra de acordo com o método de classificação supervisionado do município de Fortaleza, CE	47
Figura 8	- Mapa com a distribuição do Índice de Cobertura Vegetal e o Índice de Área Verde por bairro no município de Fortaleza, CE	54
Figura 9	- Mapa de custo total usando o método de Análise Hierárquica do município de Fortaleza, CE	56
Figura 10	- Mapa da modelagem dos corredores ecológicos para o município de Fortaleza, CE	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Combinação do número de habitantes de cada bairro e o Índice de Cobertura Vegetal de cada bairro de Fortaleza - CE.....	53
Gráfico 2 -	Combinação do número de habitantes de cada bairro e o Índice de Área Verde de cada bairro de Fortaleza - CE.....	53
Gráfico 3 -	Porcentagem do custo total para os corredores ecológicos do município de Fortaleza – CE	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	-	A escala fundamental do número absoluto de Saaty.....	33
Tabela 2	-	Unidades geomorfológicas, os relevos mapeados e seus respectivos tipos de vegetação para o município de Fortaleza - CE.....	36
Tabela 3	-	Banco de dados com suas características e fonte para a realização da modelagem dos corredores ecológicos do município de Fortaleza - CE	40
Tabela 4	-	Classes e suas correspondentes áreas da classificação da Vegetação Originária de Fortaleza - CE	45
Tabela 5	-	Área das classes da Classificação do Uso e Cobertura da Terra de Fortaleza - CE	48
Tabela 6	-	Área total dos tipos naturais de ecossistemas do município de Fortaleza e a área de cada um deles que já está antropizada (majoritariamente áreas urbanizadas), com vegetação degradada (cobertura verde derivada de crescimento de herbáceas após degradação, constituindo majoritariamente ‘terrenos baldios’) e a área total remanescente de cada um dos tipos de ecossistemas que ainda permanecem atualmente dentro dos limites de Fortaleza	50
Tabela 7	-	Comprimento e a área dos corredores ecológicos do município de Fortaleza – CE	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Matriz de importância de cada variável usada para a modelagem dos corredores ecológicos, de acordo com a metodologia do método AHP proposta por Saaty, 2008	41
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	19
2.1	Objetivo Geral	19
2.2	Objetivos Específicos	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1	Um breve relato da expansão urbana em Fortaleza – CE	20
3.2	Ecologia da Paisagem	21
3.3	Biodiversidade e Conservação	23
3.4	Fragmentação	24
3.5	Corredores Ecológicos	25
3.6	Infraestrutura Verde Urbana	29
3.6.1	<i>Áreas Verdes Urbanas</i>	31
3.7	SIG como Ferramenta de Planejamento Urbano	31
23.8	Análise Multivariável e <i>Analytic Hierarchy Process</i>	32
4	MEDOTOLOGIA	34
4.1	Área de Estudo	34
4.2	Mapa de Vegetação Originária	35
4.3	Mapa de Uso e Cobertura da Terra	37
4.4	Índices Quali-Quantitativos	38
4.5	Modelagem dos Corredores Ecológicos	39
5	RESULTADOS	43
5.1	Classificação da Vegetação Originária	43
5.2	Classificação do Uso e Cobertura da Terra	45
5.3	Índices Quali-Quantitativos	51
5.4	Modelagem dos Corredores Ecológicos	55
6	DISCUSSÕES	60
6.1	O que, onde e como está a vegetação de Fortaleza	60
6.2	A distribuição da cobertura vegetal e das áreas verdes em Fortaleza	64
6.3	É possível conservar a biodiversidade urbana de Fortaleza	66
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
	REFERÊNCIAS	71

APÊNDICE A – TABELA DE CUSTOS ATRIBUÍDOS NAS VARIÁVEL DE ENTRADA PARA MODELAGEM DOS CORREDORES ECOLÓGICOS	83
APÊNDICE B – POPULAÇÃO POR BAIROS, A COBERTURA VEGETAL E A ÁREA VERDE POR BAIROS E OS ÍNDICES DE COBERTURA VEGETAL (ICV) E DE ÁREAS VERDES (IAV) POR BAIROS DE FORTALEZA - CE	84

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história, o ser humano vem caminhando para um desenvolvimento que aparentemente não consegue coexistir bem com os ambientes naturais. Isso tem levado a um forte desmatamento e perda de cobertura vegetal ao redor de todo o planeta e à extinção da biodiversidade desde tempos pré-históricos. Segundo relatório da Organização para a Alimentação das Nações Unidas (FAO-2020), florestas tropicais e subtropicais, apresentam áreas desmatadas para a agricultura comercial em grande escala como principal atividade degradadora (40%), seguida da agricultura de subsistência (33%), expansão urbana (10%), infraestrutura (10%) e mineração (7%). Logo, à medida que esse desenvolvimento cresce, maior é o desmatamento da cobertura vegetal para loteamentos, aberturas de estradas, ocupação de áreas onde antes ocorria agricultura etc, gerando perda da cobertura vegetal e fragmentação dos ambientes naturais e, conseqüentemente, comprometendo o funcionamento dos ecossistemas.

Ao longo do século 20, observamos um expressivo adensamento populacional em torno dos grandes núcleos urbanos (FARIAS *et al.*, 2017). De acordo com o relatório *World Urbanization Prospects - 2018* (ONU, 2019), os espaços ocupados por áreas urbanas estão aumentando duas vezes mais rápido em comparação ao crescimento da população urbana. Estima-se que entre 2000 e 2030, o crescimento da população urbana mundial seja de 72%. Já as áreas edificadas das cidades com 100 mil habitantes ou mais devem aumentar em 175% (UNFPA, 2007). No Brasil, 0,64% da superfície do território nacional é ocupado por áreas urbanas e a maior parte da população brasileira, correspondendo a 84,3% do total, vive em áreas urbanas, somando cerca de 190,7 milhões de pessoas (FARIAS *et al.*, 2017).

Esse processo de urbanização acelerado, principalmente nas grandes cidades, vem se apresentando como um impacto negativo em diversos aspectos, tanto ambiental, como social quanto econômico. Dessa forma, a urbanização mostra ser um forte intensificador de mudanças na paisagem e agente de danos ambientais. Entre as mudanças na paisagem e os danos ambientais mais visíveis, está a alteração da cobertura do solo. Em meios urbanos, o desaparecimento das áreas verdes, de fragmentos florestais e das áreas de preservação permanente (APPs) têm trazido sérias conseqüências para a qualidade de vida da população e afetando de forma negativa os esforços para a conservação da biodiversidade (NUCCI, 2008; INSTITUTO SUMAÚMA, 2015).

As conseqüências geradas pela urbanização são presentes na vida dos habitantes urbanos, desde a poluição sonora, visual e do ar, a poluição das águas e a maior geração de efluentes, a formação de ilhas de calor, a elevação da temperatura, a redução das áreas verdes,

o acúmulo de resíduos e entulhos, e principalmente com a impermeabilização do solo e a ocupação em áreas de risco (NUCCI, 2008; FURTADO *et al*, 2020). Esses impactos também afetam a biodiversidade urbana, de acordo com Seto, Guneralp e Hutyrá (2012), a mudança na cobertura do solo urbano ameaça a biodiversidade e afeta a produtividade do ecossistema por meio da perda de habitat, biomassa e armazenamento de carbono. Outro fator preocupante, é o aumento da população pobre em áreas urbanas justamente em locais com vulnerabilidade a desastres naturais. São essas pessoas que devem mais sofrer com as mudanças climáticas, especialmente as que vivem em como as zonas costeiras de baixa altitude e regiões áridas (ONU, 2018).

Tornou-se evidente que as ações do homem têm gerado muitos danos ao meio ambiente, e à qualidade de vida dos próprios seres humanos, especialmente às populações mais pobres e vulnerabilizadas. Assim, caminhando para a própria destruição, como expôs Rogers (2001, p. 2):

É uma ironia que as cidades, o habitat natural da humanidade, caracterizem-se como o maior agente destruidor do ecossistema e a maior ameaça para a sobrevivência da humanidade no planeta.

Sendo assim, áreas que se tornam habitat para os homens acabam resultando na perda de habitat de outras espécies e, conseqüentemente, na fragmentação da vegetação natural. Os trechos de vegetação que sobrevivem à urbanização, permanecem apenas na forma de fragmentos isolados na matriz urbana. Fragmentadas e isoladas, essas ilhas de habitat remanescentes passam por um grave processo de perda de biodiversidade (ROTERMUND, 2012).

Esse declínio na diversidade biológica ocorre em virtude dos fragmentos que estão distantes e sem conexão, isolando as populações biológicas, que, não tendo mais livre passagem pela matriz urbana, têm reduzidos os processos de deslocamento e troca de material genético. Ademais, quando se analisa os fragmentos urbanos, observa-se que muitos são fragmentos de pequena extensão, que podem não garantir a persistência de populações variadas de espécies como de animais de maior porte ou de predadores (ALONSO, 2010).

Apesar desse cenário preocupante, existem muitas iniciativas para a conservação de fragmentos florestais na matriz urbana, que visam a manutenção de longo prazo de áreas nativas remanescentes e se utilizam da criação de corredores ecológicos entre manchas de habitats naturais para melhorar o tamanho populacional e fluxo gênico da fauna e flora (ARRUDA; SÁ, 2003; OLIVEIRA; GRATIVOL; RUIZ-MIRANDA, 2008). Dessa forma, de acordo com Hilty (2006, *apud* ALONSO, 2010), é importante a implantação de um sistema de

imigração-emigração para a biota entre os fragmentos, para a conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas, formando redes de interconexões para aumentar a probabilidade de persistência das espécies nativas na paisagem.

De acordo com Biondi (2015), os corredores ecológicos no meio urbano, auxiliam animais e propágulos de plantas a se moverem na paisagem urbana e, assim, preservar ou aumentar a sua biodiversidade. Porém, para isso acontecer, é de extrema importância o planejamento da paisagem urbana. A implementação de áreas verdes nos meios urbanos, desde a criação e manutenção de parques urbanos, praças, arborização das ruas, bosques e a preservação das APPs, são elementos que podem propiciar equilíbrio ao ambiente natural modificado. Ademais, Biondi (2015), ressalta a necessidade de se avaliar o sistema formado pelos ambientes verdes urbanos, com a finalidade de verificar se a vegetação presente na cidade forma um sistema integrado, a partir do qual pode-se assegurar que a vegetação cumpre suas funções ecológicas, estéticas e sociais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Mapear os tipos de ecossistemas originais do município de Fortaleza, estimar a área remanescente deles atualmente, e modelar uma proposta de criação de corredores ecológicos urbanos entre as áreas verdes remanescentes, com fins de facilitar a dispersão e conservação da fauna e flora nativa.

2.2 Objetivos Específicos

- Classificar a vegetação originária de Fortaleza, por meio de uma correlação dos tipos de ecossistemas com a classificação geomorfológica do município;
- Avaliar o uso e cobertura da terra e da cobertura vegetal, por meio de imagens de satélites, buscando quantificar a área urbanizada, a vegetação degradada e a vegetação remanescente ainda existente hoje na metrópole de Fortaleza;
- Mapear os fragmentos de ecossistemas remanescentes presentes no perímetro urbano de Fortaleza, como também a identificação de praças, parques, APPs e canteiros das vias como possíveis estruturas para a interconexão e melhoria da cobertura vegetal;
- Calcular o índice de cobertura vegetal (ICV) e o índice de área verde (IAV) do município e para cada bairro;
- Modelar corredores ecológicos por meio do plantio de espécies arbóreas nativas para proporcionar uma maior diversidade de flora e fauna, conservando a biodiversidade local.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Um breve relato da expansão urbana em Fortaleza - CE

Durante o século XVII, deu-se início à colonização pelos portugueses e holandeses ao que posteriormente seria a cidade de Fortaleza (COSTA, 2014). Após duas tentativas frustradas de fundação de um forte próximo ao rio Ceará pelos portugueses, os holandeses tomaram destes boa parte da região Nordeste, fundando um forte holandês, chamado de forte de Schoonenborch, próximo ao riacho Pajeú, no que hoje é o Centro da cidade. Após a expulsão dos holandeses, o forte passa a ser controlado pelos portugueses, que o renomearam para Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção, ao redor da qual nasceu a pequena vila de Fortaleza, como era chamada, e que se caracterizou por ser um ponto de apoio aos viajantes que por ali passavam (GIRÃO, 1984; COSTA, 2014).

Na época, a zona costeira não era tão valorizada como nos dias atuais, dessa forma, a organização do território ocorreu um pouco mais distante da orla, sendo marcada por um núcleo urbano crescendo na direção sul do território. O núcleo da vila de Fortaleza tinha poucas ruas, sendo relatado que estas partiam da Praça do Conselho (atual Praça da Sé). Já a área das praias era quase desabitada e se estendia em torno de 3-4 km adentro, com a presença apenas do pequeno porto e da vila de pescadores. A região da praia era desvalorizada, pois era o local do escoamento dos esgotos e devido às atividades de embarque e desembarque da área portuária. De acordo com relatos de viajantes em visita a Fortaleza no início do século XIX, contam que a cidade foi levantada sobre um monte de areia, bem como a Fortaleza de Nossa Senhora de Assunção (antes forte de Schoonenborch), nas margens do rio Pajeú. Ademais, relata-se que além da orla marítima, possuía alguns depósitos de areia, que impedia o fluxo das águas pluviais, assim, formando lagamares e pequenos pântanos (COSTA, 2014; MATOS; VASCONCELOS, 2011).

O cenário anterior ficou inalterado por bastante tempo, em virtude de que, a cidade tinha pouca importância na rede urbana do território. Já durante os anos seguintes a 1850, muitas mudanças ocorreram na vila de Fortaleza. Até então a área urbana que era limitada pelo rio Ceará ao oeste e pelo riacho Pajeú ao leste, passou por alterações devido a expansão urbana ao leste da cidade, assim, sendo rompido o limite marcado pelo riacho Pajeú. Em 1859, iniciam os trabalhos na melhoria do Porto de Fortaleza, onde é erguido no Meireles, o barlavento do porto; além da plantação de árvores apropriadas para revestir as dunas e os bancos de areia que eram

formados pelos ventos, a fim de desviar a direção das areias ao longo da praia, com o objetivo de fixar as dunas (MATOS; VASCONCELOS, 2011).

A partir do século XX, o crescimento urbano no município de Fortaleza aconteceu de forma muito rápida, impulsionado principalmente pelo êxodo rural em decorrência dos episódios de grandes secas que ocorreram na parte interiorana do Estado. Em virtude disso, Fortaleza recebeu grandes ondas de migrantes, cresceu aceleradamente e desordenadamente e tornou-se o principal centro urbano do Estado do Ceará (COSTA, 2008; BOMTEMPO, 2015).

Após a grande seca de 1958, nas décadas seguintes, aconteceu a mais expressiva taxa de crescimento populacional da sua história. Contudo, a cidade se expandiu sem planejamento e carente de infraestrutura e serviços, com uma grande população vivendo na informalidade, abrigada em favelas e bairros distantes (COSTA; AMORA, 2015). Em paralelo a isso, o município foi perdendo sua cobertura vegetal, que de acordo com Cortez (2000 *apud* PETALAS; MOTA, 2013), é o elemento mais modificado nesse período.

3.2 Ecologia da Paisagem

De acordo com Ernst Haeckel (1886, *apud* TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006), ecologia é “a ciência capaz de compreender a relação do organismo com seu ambiente”. Já, segundo Odum e Barrett (2011), ecologia é o estudo da casa ambiental, sendo composta por todos os organismos presentes nela e por todos os processos funcionais que a possibilita ser habitável. Assim, pode-se entender que ecologia estuda as relações dos seres vivos entre si e destes com o ambiente onde vivem. Dentre as características que definem o estudo da ecologia, existe um critério que é a escala de análise, onde o estudo ecológico pode ser dividido em relação ao seu foco: organismos individuais, populações, comunidade e ecossistemas. Este último traz consigo a característica de estudar as relações não só entre os seres vivos, mas também a interação do componente biótico com o abiótico e a ciclagem de matéria e o fluxo de energia em todo o ambiente (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006).

A paisagem, por outro lado, pode ser entendida como um o espaço geográfico que é possível se abarcar com um lance de vista. Segundo Metzger (2001), esse espaço pode ser formado de diversas formas, desde os sentimentos ou emoções pessoais, domesticação ou modificação da natureza segundo a sociedade, da compreensão das relações da biota com o ambiente ou acontecimento de eventos históricos. Dessa forma, a evolução de uma paisagem pode ser resultado de três processos, ocorrendo em diferentes escalas temporais: processos geomorfológicos/geológicos ocorrendo durante um longo tempo; modelos de colonização de

organismos se desenvolvendo em uma escala média de tempo; e por fim, rápidas perturbações em ecossistemas locais (BRITALDO, 1998). Logo, a junção desses três processos resultam em uma paisagem terrestre formada por diferentes relevos, variadas vegetação e usos da terra, organizadas em uma disposição ou mosaico de manchas, que compõem um conjunto único de ecossistemas em interação.

A partir dessa compreensão de ecologia e paisagem, no século XX, surge uma linha de estudo denominada como Ecologia da Paisagem, que busca analisar as relações entre a biodiversidade, o ser humano, a sociedade e o meio físico (NUCCI, 2007). De acordo com Troll (1939, *apud* BRITALDO, 1998), o surgimento dessa nova ecociência, passaria a estudar a paisagem integrada, incluindo a geosfera, a biosfera e a noosfera, os aspectos culturais. A partir disso, muitos estudos foram sendo realizados nessa nova perspectiva, de modo que pode-se definir que a Ecologia da Paisagem é uma área de conhecimento emergente, dedicada a entender as diversas inter-relações entre a humanidade e sua aberta e ampla paisagem, que pode abranger várias áreas do conhecimento, como geógrafos, ecologistas, paisagistas, arquitetos e gestores ambientais (METZGER, 2001; MENEGAT; ALMEIDA, 2004). De acordo com Forman e Godron (1986 *apud* BRITALDO, 1998), a Ecologia da Paisagem também pode ser definida como o estudo da estrutura, função e mudanças de uma área heterogênea formada por ecossistemas em interação, estas três características podem ser definidas como:

“Estrutura, que é o produto do relacionamento espacial entre os distintos ecossistemas ou elementos presentes. Mais especificamente, é como que o arranjo ou padrão espacial da paisagem (descrito pelos tamanhos, formas, número e tipos de configuração dos ecossistemas) governa a distribuição de energia, materiais e organismos;

Função, ou interações entre os elementos espaciais, representadas pelos fluxos de energia, materiais e espécies entre os ecossistemas presentes;

Mudança, dada pela alteração na estrutura e na função do mosaico ecológico através do tempo” (FORMAN E GODRON, 1986 *apud* BRITALDO, 1998).

Dentro da Ecologia da Paisagem, foi desenvolvido “métricas da paisagem” ou “índices da paisagem”, como forma de quantificar matematicamente diferentes aspectos das paisagens durante essas análises, a partir de mapas de vegetação, uso e ocupação da terra, unidades pedológicas, entre outros. Esses mapas são chamados de mapas categóricos, que são obtidos através da observação de imagens de satélite. Normalmente, esses parâmetros são agrupados em duas categorias, a saber, o índice de composição que apresenta as unidades que estão presentes na paisagem, a riqueza dessas unidades e a área ocupada por elas, assim permitindo saber qual o grau de dominância espacial das unidades, e a categoria disposição, que quantifica o arranjo espacial das unidades em termos de grau de fragmentação e frequência

de contato entre elas; grau de isolamento e conectividade entre as manchas semelhantes e área, formato e complexidade de formas que compõem o mosaico da paisagem (METZGER, 2001).

Em suma, a Ecologia da Paisagem traz um novo enfoque, direcionando estudos para as inter-relações horizontais entre as diversas unidades espaciais, desse modo, colaborando no planejamento geral, não somente nas unidades naturais, mas também nos ambientes urbanos (BRITALDO, 1998; KLINK, 1981 *apud* NUCCI, 2007).

3.3 Biodiversidade e Conservação

De acordo com o Fundo Mundial para a Natureza (1989, *apud* PRIMACK; RODRIGUES, 2001), biodiversidade é “a riqueza da vida na terra, os milhões de plantas, animais e microrganismos, os genes que eles contêm e os intrincados ecossistemas que eles ajudam a construir no meio ambiente”. Ademais, a Convenção sobre Diversidade Biológica (2005), diz que “a diversidade biológica, ou biodiversidade, é a variedade de vida na Terra. Ela é constituída pelas variedades inter-específica, entre espécies e de ecossistemas. A biodiversidade também se refere às relações complexas entre seres vivos, e entre seres vivos e seu meio ambiente”. Sendo assim, diversidade biológica são todos os seres vivos que habitam a terra, considerando as variedades genéticas entre as espécies e, todos os ecossistemas e interações que ocorrem entre as comunidades e o meio.

De forma geral, sabe-se que a biodiversidade no globo terrestre não é distribuída de forma uniforme. Os trópicos apresentam mais espécies do que áreas em latitudes mais baixas (COX; MOORE, 2009). Em convergência a isso, de acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica (2005), o Brasil é reconhecido mundialmente como um dos países com maior biodiversidade mundial, mais de 20% do total de espécies, segundo algumas estimativas. Além disso, essa biodiversidade é responsável por 40% de todo Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (BRASIL, 2020).

Muitos falam sobre conservar a biodiversidade, e de forma simples acredita-se que conservar os ecossistemas e seus habitats é o melhor caminho para isso. Conservar se tornou uma atitude e um assunto muito importantes, desde que o homem começou a observar que suas ações poderiam causar impactos negativos no planeta. Impactos esses que poderiam causar a extinção de espécies (COX; MOORE, 2009).

Existem várias estratégias de conservação, sendo uma delas a criação de unidades de conservação. No Brasil, a Lei que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC - Lei nº 9985 de 2000), é um dos principais meios para estabelecer critérios

e normas para criar e gerenciar Unidades de Conservação (UCs). Por meio dela, espaços com importante biodiversidade podem ser conservados e/ou preservados. O SNUC, permite a criação de UCs de Proteção Integral, que visam preservar a natureza de forma integral, e permite que seus recursos sejam usados apenas de forma indireta; e as UCs de Uso Sustentável, que buscam conciliar a conservação da natureza e o uso sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 2000).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF, 2020), 29,4% do território brasileiro é protegido por Unidades de Conservação e 13,8% por Terras indígenas, além das Áreas de Preservação Permanente e Reservas Florestais, medidas estas que ajudam a promover a conservação da biodiversidade. Apesar disso, as Unidades de Conservação são distribuídas de forma desigual, o Domínio da Caatinga no qual se encontra a cidade de Fortaleza, apresenta menos de 8% de UCs, das quais só 1,3% são de Proteção Integral (TEIXEIRA *et al.*, 2021). Esse cenário, preocupa o Brasil e o mundo, que sofrem com as ameaças à diversidade biológica, consequência principalmente da atividade humana, desde a destruição de áreas naturais, fragmentação, degradação do habitat; superexploração das espécies para uso humano, introdução de espécies exóticas e o aumento de ocorrência de doenças (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

3.4 Fragmentação

A fragmentação se apresenta como uma das principais ameaças à conservação. Embora a fragmentação possa ocorrer derivada de processos naturais, a fragmentação antrópica, fortemente associada à destruição dos habitats, tem se intensificado nas últimas décadas, principalmente nos ambientes urbanos (CERQUEIRA *et al.*, 2003; COX; MOORE, 2009). De acordo com Cerqueira *et al.* (2003), fragmentação é o processo de separar um todo em partes, ocorrendo alterações no habitat original, terrestre ou aquático. Portanto, pode-se entender que fragmentação florestal, é quando um habitat contínuo é dividido em manchas ou fragmentos mais ou menos isolados.

Segundo Viana (1990, *apud* CALEGARI *et al.*, 2010), um fragmento florestal pode ser uma área de vegetação natural interrompida por barreiras antrópicas ou naturais (ex.: estradas, povoados, culturas agrícolas, pastagens, montanhas, lagos, represas, etc.) capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e sementes. Especificamente no caso de fragmentos localizados em áreas urbanas, que são circundados por uma matriz urbana, logo,

acaba sendo mais difícil a passagem de um fragmento para o outro (KUDO; PEREIRA; SILVA, 2016).

Embora sejam menos falados, fragmentos de vegetação em áreas urbanas também são importantes para a conservação de biodiversidade e considerados recursos importantíssimos para a melhoria da qualidade de vida nas cidades, pois a presença da vegetação ameniza parte dos impactos causados pela ação antrópica. Estes além de tornar o ambiente mais agradável psicologicamente e esteticamente, diminui a poluição do ar e a sonora, ajuda na conservação da água e do solo, atenua as ilhas de calor, promove reserva de carbono, entre tantos outros serviços e funções ambientais (SOUZA *et al.*, 2013; BIONDI, 2015).

Ademais, contribui com a manutenção da biodiversidade urbana, já que esta é afetada pelo grau de conservação desses fragmentos, pois características como tamanho, forma e tipo de entorno influenciam no número de espécies capazes de sobreviver em um fragmento (SALLES; SCHIAVINI, 2007). Assim, medidas para promover a conservação da biodiversidade em áreas urbanas são estudadas, para diminuir os impactos causados pelo avanço das grandes cidades, como a criação de unidades de conservação, parques urbanos, praças, estas intervenções buscam mitigar as ações do homem em relação à natureza. As áreas que são usadas como mecanismos para passagem de uma área para outra podem ser classificadas de corredores. De forma geral, os padrões de distribuição desses corredores podem ser contínuos, ou áreas próximas uma da outra, ou descontínuo, áreas bem distantes uma das outras (COX; MOORE, 2009).

3.5 Corredores Ecológicos

Como medida de atenuar os impactos causados pela fragmentação, muito se estuda e se aplica à criação de Corredores Ecológicos no Brasil (FONSECA *et al.*, 2003; VALLADARES-PÁDUA *et al.*, 2003; GALINKIN *et al.*, 2003; RODRIGUES *et al.*, 2003; GONCHOROSKY; BRITO, 2003). De acordo com o SNUC (2000), no Art. 2, inciso XIX, corredores ecológicos são:

“Porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais” (SNUC, 2000).

Segundo a *Conservation International* (2000), os corredores ecológicos ou corredor de biodiversidade são formados por uma rede de parques, reservas e outras áreas de uso menos

intensivo, que são administradas de forma integrada para assegurar a sobrevivência do maior número de espécies possíveis da região. Logo, compreende-se que é uma estratégia para aumentar o tamanho e as chances de conservar as populações de diferentes espécies, além de possibilitar a recolonização de espécies com baixa população, ainda possibilitando a diminuição da pressão sobre o entorno das áreas protegidas. Contudo, para estabelecer corredores ecológicos nem sempre é necessário ter uma conexão física entre os remanescentes de vegetação, pois a depender da espécie, a matriz circundante pode ser suficientemente permeável a ponto de permitir o fluxo de organismos e animais entre os mesmos (TAYLOR *et al.*, 1993 *apud* PEREIRA; CESTARO, 2016).

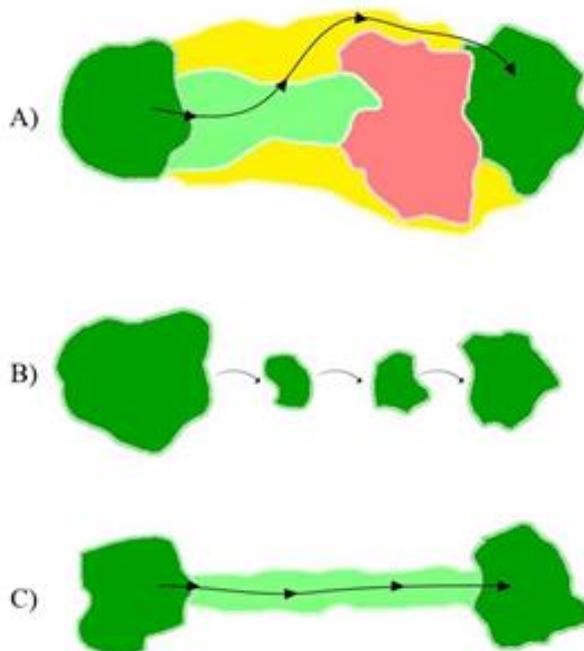
Desse modo, de acordo com Pereira e Cestaro (2016), pode-se observar três tipos de conectividade entre os fragmentos (FIGURA 1), sendo elas:

A) Estabelecimento da conectividade por meio da gestão de mosaicos, onde a matriz circundante não interfere significativamente no fluxo dos indivíduos de cada espécie entre os fragmentos;

B) Estabelecimento de conectividade por meio da gestão de corredores ecológicos do tipo trampolim (*stepping stones*), que permite a manutenção de fragmentos próximos, sendo adequado para espécies que são capazes de ir de um trampolim a outro, cruzando a matriz, normalmente em movimentos curtos, através de ambientes perturbados;

C) Estabelecimento de conectividade por meio de gestão de corredores ecológicos do tipo contínuos ou lineares. Estes podem acontecer através da vegetação ao longo de rios ou por meio de processos antrópicos, tais como o plantio de árvores no sistema viário das cidades.

Figura 1 – Modelos de movimentação na paisagem segundo Pereira e Cestaro (2016), visando estabelecimento da conectividade entre os fragmentos. A) conectividade por meio de mosaicos; B) conectividade por meio de corredores ecológicos do tipo trampolim; e C) conectividade por corredores ecológicos do tipo lineares.



Fonte: Pereira e Cestaro (2016).

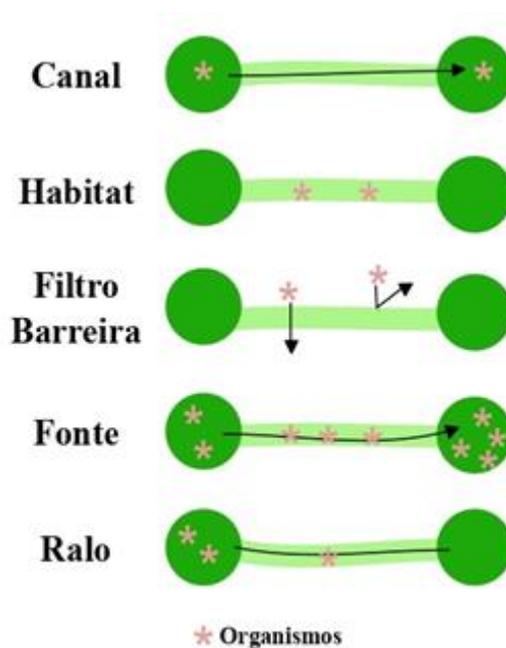
Vale ressaltar que a paisagem pode ser dividida em estruturas, sendo estas formadas pela matriz, pela mancha de habitat e pelo corredor ecológico. Essa estrutura é importante para entender como funciona a dinâmica no ambiente, onde a matriz é o elemento da paisagem com maior extensão e conectividade, além de ter o papel fundamental na dinâmica da paisagem. Já a mancha de habitat, pode ser definida como uma superfície não linear e com a aparência e propriedades diferente do seu entorno (por exemplo, uma área de floresta ou savana no meio urbano), e pode variar de larguras, tamanhos, formas, tipos, heterogeneidade e características de fronteira. Por fim, o corredor que tem o efeito de transporte, proteção, recursos e efeitos estéticos, que pode penetrar quase todas as paisagens, cumprindo o papel de conectar ecologicamente dois fragmentos de vegetação que antes estavam isolados (CASIMIRO, 2009).

A partir dessa compreensão na dinâmica da paisagem é necessário também entender quais as funções que os corredores podem exercer no ambiente. De acordo com Hess e Fischer (2001), os corredores podem ser habitats, filtros, canais, barreiras, ralos e fontes, sendo possível um mesmo corredor desempenhar mais de uma função.

Os canais são quando os corredores servem apenas para locomoção ao longo da paisagem, principalmente de alguns animais de médio e grande porte. Os habitats, quando os organismos encontram nos corredores condições para sobreviverem e reproduzirem (por

exemplo: insetos que colocam seus ovos e se reproduzem nas plantas do corredor). Os filtros são quando existe uma permeabilidade diferente em relação aos organismos, de forma que para alguns organismos o corredor será permeável, já para outros, não será possível, sendo assim uma barreira. Por fim, a função de fonte ou de ralo está relacionada com o balanço entre a reprodução e a mortalidade. Quando no corredor ocorre maior predominância de reprodução, exerce função de fonte, caso a situação seja o inverso, é função de ralo (HESS; FISCHER, 2001; CASIMIRO, 2009; PEREIRA; CESTARO, 2016). A seguir a Figura 2 representa as funções dos corredores ecológicos.

Figura 2 – As diferentes funções dos corredores ecológicos dentro da paisagem segundo Pereira e Cestaro (2016). Canal – ajuda na locomoção; Habitat – quando os organismos sobrevivem e reproduzem; Filtro e Barreira – existe uma permeabilidade diferente entre os organismos, dessa forma, alguns conseguem passar e outros não; Fonte – quando ocorre alta taxa de reprodução; e Ralo – quando ocorre alta taxa de mortalidade.



Fonte: adaptada de Pereira e Cestaro (2016).

Diante da necessidade progressiva da inclusão da ecologia no planejamento das cidades, surge o conceito de Corredores Verdes Urbanos (CVUs). Este conceito vem evoluindo e sofrendo alterações de maneira a responder às necessidades ecológicas mais eficientes. Assim como as Estruturas Ecológicas adotadas na Europa e os *Greenways* nos Estados Unidos, os CVUs buscam alcançar diversos propósitos, incluindo objetivos ecológicos, culturais e estéticos (PENTEADO; ALVAREZ, 2007; TIMÓTEO, 2015).

Para Searns (1995, *apud* TIMÓTEO, 2015), os corredores verdes são estruturas naturais, que possibilitam o uso de uma parte ou do todo no sistema que é inserido, viabilizando

o movimento entre dois pontos e a circulação de pessoas, animais, sementes ou água. Souza (2012), em sua pesquisa bibliográfica, conseguiu chegar seguinte definição de CVUs:

[...] faixas de vegetação, com continuidade estrutural, que estabelecem conexões entre alvos na paisagem, com o objetivo de facilitar o fluxo de energia, matéria e organismos, auxiliando na manutenção da biodiversidade e promovendo benefícios para as populações humanas.

Com base nisso, e vendo a urgência na conectividade entre as manchas verdes urbanas, observa-se que as cidades têm capacidade de em seu planejamento implantar os CVUs, bem como o uso das ruas e avenidas atuando como condutores e habitats para os animais e vegetais adaptados ao ambiente urbano, além de formar uma rede com os fragmentos florestais, parques e praças (PENTEADO; ALVAREZ, 2007). Ademais, incentivando uma arborização urbana de qualidade e uma malha viária que favoreça essas ações de conservação da biodiversidade urbana.

3.6 Infraestrutura Verde Urbana

A infraestrutura verde foi citada pela primeira vez em 1994, na Flórida, em um relatório destinado ao governo americano sobre maneiras de conservar o meio ambiente em áreas urbanas. Embora as ideias que conceituam infraestrutura verde já sejam discutidas há mais de 150 anos nos estudos da terra e da inter-relação do homem com a natureza. (BENEDICT; MCMAHON, 2006). Ressaltando que a infraestrutura verde é tão ou mais importante do que a infraestrutura cinza (ou construídas) para o desenvolvimento e funcionamento das cidades (FIREHOCK, 2010).

Essa terminologia, atualmente, é cada vez mais frequente, podendo ter diferentes significados dependendo do contexto. Pode ser usada para se referir a elementos vegetais que promovem benefícios ecológicos em áreas urbanas; e para se referir às estruturas de engenharia que são projetadas para serem ecológicas. De acordo com Benedict e McMahon (2006, p.1, tradução nossa), a infraestrutura verde é:

[...] uma rede interconectada de áreas naturais e outros espaços abertos que conservam valores e funções do ecossistema natural, sustentam o ar e a água limpos, e proporcionam ampla gama de benefícios para as pessoas e a vida selvagem.

A infraestrutura verde capitaliza o que há de melhor no crescimento inteligente e relaciona com estratégias de conservação (BENEDICT; MCMAHON, 2006). Assim, a partir

dessa ferramenta, é possível conciliar as necessidades atuais com a construção de cidades mais inteligentes, sendo possível um desenvolvimento em paralelo à conservação da natureza.

Um plano de infraestrutura verde pode pré-identificar áreas importantes para ações futuras de conservação e restauração, além de ajudar a direcionar e localizar áreas para o crescimento futuro (BENEDICT; MCMAHON, 2006, p. 3, tradução nossa).

A infraestrutura verde envolve conceitos de conectividade, multifuncionalidade, importância do contexto, participação da população, entre outros. O princípio da multifuncionalidade é um dos que mais se destaca, pois permite responder de forma simultânea as variadas funções e benefícios atribuídos aos espaços verdes. Além da capacidade de atuar em diferentes escalas, a depender da sua aplicação (MACHADO, 2020; MATTOS, 2020).

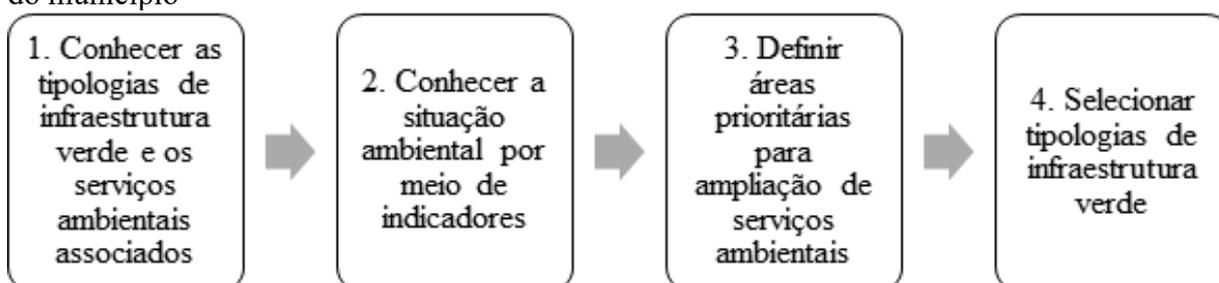
escala de paisagem: prioriza a conexão da vida silvestre, e, necessariamente, maximiza a cobertura florestal no local.

escala local: abrange, primeiramente, a cobertura das copas das árvores, as condições de sanidade da arborização urbana, florestas ripárias, conexão entre os parques da cidade, estradas verdes, jardins comunitários, pavimentos permeáveis e as outras práticas de infiltração da água de chuva.

escala particular: limita-se às áreas com necessidade de instalação de jardins verticais, telhados verdes e jardins particulares (MACHADO, 2020).

Dentro dessas escalas existem diferentes tipologias que auxiliam na aplicação da infraestrutura verde, desde a escala de paisagem (ou regional) como: áreas verdes urbanas, espaços naturais protegidos, corredores verdes urbanos; na escala local (ruas, bairros, praças): ruas verdes, agricultura urbana, lagoa pluvial, canteiro pluvial, interseção viária; e na escala particular: jardim vertical, telhado verde, jardins particulares. A maioria das tipologias, apresentam soluções para a prevenção e a recuperação de processos da degradação urbana, resultando em diversos serviços ambientais (MACHADO, 2020). A seguir, a figura 3, apresenta quatro possíveis passos para escolher a melhor rede de infraestrutura verde:

Figura 3 – Passos para a seleção das tipologias de infraestrutura verde apropriadas à realidade do município



Fonte: adaptada do Guia metodológico para implantação de infraestrutura verde (MACHADO, 2020).

3.6.1 Áreas Verdes Urbanas

Muitos estudos relacionando as áreas verdes, tratam sobre a sua definição, que não há um consenso (GUILHERME; REOLON, 2020). De acordo com o Código Florestal. Art. 3, inciso XX (Lei Federal nº 12.651/2012) área verde urbana é:

Espaços, públicos ou privados, com predominância de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, indisponíveis para a construção de moradias, destinadas a fins recreativos, melhoria da qualidade do ambiente urbano, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou beneficiação da paisagem, proteção patrimonial e eventos culturais.

Já o Plano Diretor de Fortaleza (2009), no Art. XIX, traz a seguinte definição para o sistema de áreas verdes:

Integram o sistema de áreas verdes os espaços ao ar livre, de uso público ou privado, que se destinam à criação ou à preservação da cobertura vegetal, à prática de atividades de lazer, recreação e à proteção ou ornamentação de obras viárias.

Vale ressaltar, que a definição de áreas verdes em previsão legal na maior parte dos processos de ordenamento e normatização urbana possui uma definição diferente das áreas verdes aqui apresentada. Dessa forma, neste trabalho, entende-se que as áreas verdes são qualquer espaço livre que predomine a vegetação, e em geral, são áreas conhecidas como parques, jardins ou praças.

É importante ressaltar que, atualmente, a quantidade de áreas verdes urbanas é reconhecida como um indicador na avaliação da qualidade ambiental urbana e sua ausência reflete em diversos problemas como alterações no microclima urbano, maior poluição atmosférica, maiores chances de alagamentos e deslizamentos das vias públicas, também se apresenta como um indicador de locais com melhores condições socioeconômicas (GUILHERME; REOLON, 2020; XAVIER-SAMPAIO, 2019). Dentro desse contexto, cada vez mais, é reconhecida a importância das áreas verdes urbanas.

3.7 SIG como Ferramenta de Planejamento Urbano

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) compreende-se como uma ferramenta computacional de geoprocessamento, onde é possível fazer análise complexas, ao integrar dados e diversas fontes, além de criar bancos de dados georreferenciados (CÂMARA; DAVIS, 2001). Segundo Burrough e McDonnell (1998 *apud* COELHO, 2009), o SIG constitui umas das

estruturas mais importantes para a realização do geoprocessamento. Sendo um conjunto de procedimentos em um *software*, operando sobre uma base de dados integradas, que possibilita a realização de análises e cálculos variados desde somas, subtrações, operações lógicas, além de elaborar mapas qualitativos e quantitativos, reformulações e resumos sobre dados ambientais disponíveis, entre tantas outras funções. Atualmente, costuma-se observar que essa ferramenta de geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar, que é possível ser usada por diversas disciplinas científicas e para estudos de fenômenos ambientais, de planejamento e de gestão urbana.

O planejamento urbano pode ser representado pelo uso da terra em sua função econômica, social, ambiental, institucional e cultural. Também indica um arranjo de ações das atividades urbanas que devem ser realizadas e orientadas pelo Estado, tanto na sua concepção quanto na sua implementação (DEAK, 1999 *apud* BENTO *et al.*, 2018). Logo, refere-se a um processo de organização e gestão para um modelo de desenvolvimento das áreas urbanas. Como uma das medidas para os municípios brasileiros realizarem um planejamento urbano, o Brasil na sua legislação, na Lei Nº 10.257/ 2001 (BRASIL, 2001), regula o plano diretor como instrumento básico da política pública de desenvolvimento e de expansão urbana. Este sendo de essencial utilidade, já que 55% da população no mundo vive nos meios urbanos e que até 2050 esse valor pode chegar a 68% (ONU, 2018).

À vista disso, é possível vislumbrar o quanto é útil o uso de SIG para o planejamento das áreas urbanas, além de modernizar os processos de planejamento e gestão urbana, pois saber interpretar, correlacionar e avaliar as características de um lugar é de extrema importância, ainda mais quando se fala de políticas públicas para as cidades (SANTANA; COSTA; LOUREIRO, 2014). Segundo Simão (1999 *apud* FARINA, 2006), o uso do SIG se destaca no planejamento urbano devido seu componente espacial, que fornece informações para o ordenamento territorial, sendo, sem dúvida, o elemento principal na tomada de decisão na administração e organização pública. Portanto, é um privilégio poder contar com um instrumento como o SIG para o planejamento urbano, pois, facilita o mapeamento socioambiental, as avaliações e intervenções necessárias nos centros urbanos.

3.8 Análise Multivariável e *Analytic Hierarchy Process*

A Análise Multicritério (AMC) consiste em um método, ou conjunto de métodos, que permite fazer uma escolha entre alternativas levando em conta vários critérios. Esse método é capaz de manipular tanto critérios quantitativos quanto qualitativos. A AMC surgiu a partir da

necessidade de decidir problemas complexos, por exemplo, onde é preciso analisar critérios pessoais de preferência, como aspectos políticos, risco e custo (SCHMITT, 2016).

Um dos métodos difundidos de AMC é o proposto por Thomas L. Saaty em 1980, método conhecido como *Analytic Hierarchy Process* (AHP - Processo Analítico Hierárquico). Essa abordagem se fundamenta sobre o peso (TABELA 1) atribuído por julgamento do pesquisador permitindo realizar combinações de mapas. Esse método é bastante difundido porque é acessível e não requer investimento dispendioso de tempo e dinheiro para efetivação, além da possibilidade de realizar diversos cenários (SCHMITT, 2016; BISPO, 2018).

O método AHP em integração com um Sistema de Informação Geográfica (SIG), permite agrupar as variáveis envolvidas em um estudo, especializá-las e analisá-las em conjunto. Dessa forma, sendo muito útil para auxiliar na tomada de decisão no planejamento urbano.

Tabela 1 - A escala fundamental do número absoluto de Saaty.

Intensidade da importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Moderada importância	A experiência e julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em relação a outra
5	Forte importância	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em detrimento de outra
7	Muita forte importância	Uma atividade é fortemente favorecida em relação a outra
9	Extrema importância	Sem qualquer dúvida um dos critérios é absolutamente predominante para o objetivo
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Podem ser usados

Fonte: adaptada de Saaty (2008).

4 METODOLOGIA

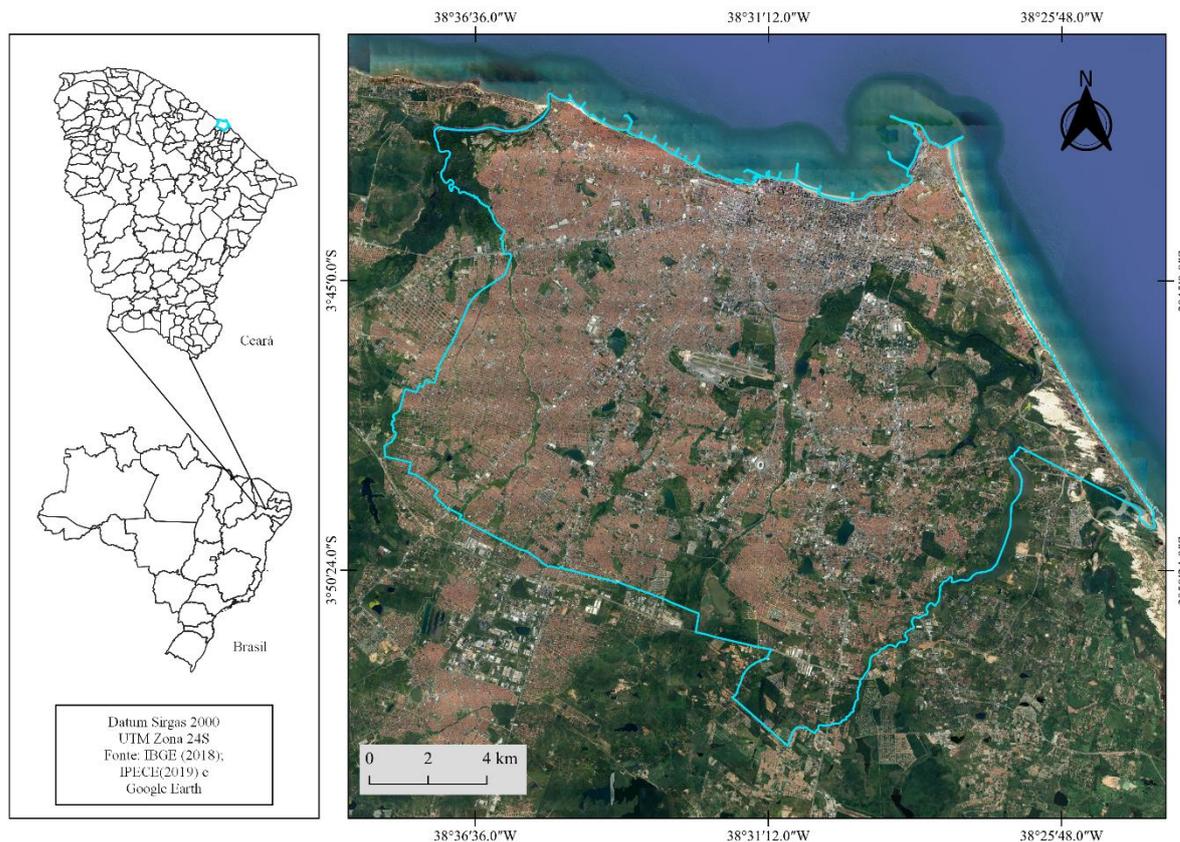
4.1 Área de Estudo

A cidade de Fortaleza é a capital do Estado do Ceará, ocupando uma área de aproximadamente 312 km² (FIGURA 4). Fortaleza é o 5^a município mais populoso do país, superando os 2,5 milhões de habitantes, com um PIB per capita de R\$25.254,44 e um IDH de 0,754 (IBGE, 2020). Localizada na bacia hidrográfica metropolitana, na região litorânea do estado, possui 34 km de extensão de praia, sendo cercada ao sul por serras, já em seus limites oeste e leste são marcados pela presença da foz do rio Ceará e do rio Pacoti, respectivamente (FORTALEZA, 2020).

Em virtude da sua proximidade com a Linha do Equador, apresenta temperaturas elevadas e baixa amplitude térmica, com temperatura média de 27°C. Praticamente possui apenas duas estações no ano, uma chuvosa, entre janeiro e maio, e a outra seca no resto do ano. A umidade e a pluviosidade são consideradas moderadas, permitindo que a cidade seja caracterizada com clima tropical quente sub-úmido. Anualmente a precipitação média é de 1338 mm por ano, o que é bem mais que no interior semiárido do Ceará. Seus ventos são considerados relativamente fracos, apesar de ser influenciada pela brisa marítima, devido sua proximidade com o mar (IPECE, 2017; PETALAS; MOTA, 2013).

Inserida majoritariamente na unidade geológica das Coberturas sedimentares Cenozóicas, possui muitas áreas com predominância da formação barreiras ou de coberturas sedimentares recentes (maior parte do território), apesar de haver áreas com ocorrência de rochas ígneas intrusivas (ao noroeste-sudoeste) (CPRM, 2015). Com solos Areias Quartzosas Marinhas, Planossolo Solódico, Podzólico Vermelho-Amarelo e Solonchak. O relevo caracteriza-se majoritariamente pela Planície Litorânea e pelos Tabuleiros Pré-Litorâneos, além das planícies fluviais e flúvio-marinhas. A vegetação do município está majoritariamente inserida no Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, além de Floresta Perenifólia Paludosa Marítima e Floresta mista dicótilo - palmácea (IPECE, 2017; FUNCEME, 2018).

Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo, município de Fortaleza, capital do estado do Ceará



Fonte: elaborada pela autora.

4.2 Mapa de Vegetação Originária

Para fazer a classificação da vegetação originária de Fortaleza, foi utilizado como base a classificação geomorfológica de Santos (2016) e classificação dos tipos de vegetação de Moro *et al.* (2015) (TABELA 2). Já a base cartográfica usada foi das imagens de satélite do projeto de Zoneamento Ecológico Econômico da Zona Costeira do Ceará (ZEE - CEARÁ, 2021), que apresenta um mapeamento em grande escala (1:10.000), com uma resolução de 10 metros para a maior parte do território, e de 3 metros para alguns ambientes no entorno do Rio Cocó. A partir dessa classificação geomorfológica, o mapa de tipos de ecossistemas naturais foi gerado, usando a correlação entre tipos de vegetação e geomorfologia apresentada para o Ceará por Moro *et al.* (2015), sendo possível classificar os tipos de vegetações presentes e estimar o tamanho da área de cada ecossistema como uma aproximação do que foram os ambientes naturais do município antes da expansão urbana.

Um mapa totalmente preciso dos ecossistemas naturais de Fortaleza não é possível de ser obtido, porque, ao crescer, a cidade aterrou lagoas, mudou o curso de rios, retirou e

aplainou trechos de dunas e mudou o desenho da linha de costa com a construção de portos e espigões. Reconhecemos que alterações em alguns ambientes e alterações na topografia e geomorfologia impuseram mudanças permanentes que não são fáceis de mapear e que a localização precisa de alguns ecossistemas como lagoas, praias, dunas, etc. já sofreu algum grau de alteração.

Dessa forma, as unidades fitoecológicas de Fortaleza foram consideradas como sendo parte do Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, subdividida em Planície litorânea, com a presença dos campos e arbustal praiano, dunas semi fixas/móveis e dunas fixas; os Tabuleiros Costeiros, com a ocorrência da Floresta e o Arbustal de Tabuleiro, Cerrado e Cerradão Costeiro; além dos Manguezais e a Mata Ciliar e, ao sul de Fortaleza, sobre a Depressão Sertaneja, a caatinga do cristalino e as matas secas.

Tabela 2 – Unidades geomorfológicas e os relevos mapeados para o município de Fortaleza - CE

Unidades Geomorfológicas	Unidade de Relevo	Tipos de Vegetação
Planície Litorânea	Praia	
	Terraço Marinho	Campos Paraianos Arbustais Praianos
	Dunas Móveis	
	Dunas Fixas	Ecosistema de Dunas
	Paleodunas	
Modelos Sedimentares	Tabuleiros Costeiros	Floresta de Tabuleiro Arbustal de Tabuleiro Cerrado e Cerradão Costeiro
	Planície Flúvio-marinha	Manguezal
Planícies Fluviais	Planície Fluvial	
	Pl. Fluv. Lacustre	Matas Ciliares (incluindo vâzeas de rios e carnaubais)
	Pl. Fluv. Terraço Pl. Lacustre	
Modelos Cristalinos	Depressão Sertaneja	Caatinga do Cristalino
Vulcânicos Residuais	Serrote Ancuri	Mata Seca

Fonte: elaborada pela autora.

4.3 Mapa de Uso e Cobertura da Terra

Para a classificação do uso e cobertura da terra foram usados como fundamentos metodológicos os trabalhos de Rotermund (2012) e Sousa *et al.* (2020). Para a classificação, optou-se por adotar a imagem do satélite Sentinel 2A; bandas 4,3,2; captada pelo sensor no dia 22/07/2020, adquirida através da plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A escolha por esse satélite foi em virtude da sua resolução espacial, que é de 10 metros, o que permite um maior detalhamento da classificação. No momento de escolher a imagem, levou-se em conta a baixa cobertura de nuvens, que permite uma análise sem interferências atmosféricas e sem a necessidade da elaboração de mosaico de imagens. A imagem de satélite foi transformada para Datum SIRGAS 2000 em projeção UTM fuso 24S.

Para manusear a imagem foi utilizado o *software* QGIS 3.16.13, onde o *raster* foi recortado através da camada *shapefile* correspondente ao perímetro da área do município de Fortaleza. Para fazer a análise do uso e cobertura da terra, foi realizado a classificação automática supervisionada, que tem como objetivo categorizar os pixels da imagem em classes, com base nos níveis de cinza das diferentes bandas espectrais (ROTERMUND, 2012), através do plugin *Dzetsaka Classification Tool*. O método escolhido para a classificação foi o da máxima verossimilhança, que segundo Fitz (2008), é um dos métodos mais utilizados para classificação supervisionada.

Inicialmente foram definidas nove classes de cobertura, que foram agrupadas em cinco tipos de uso da terra. A classe cursos d'água é representada pelos corpos hídricos em suas diversas formas de acumulação, tanto natural como artificial. Já a classe dunas/faixa de praia é formada por montanha de areia e uma acumulação de sedimentos não consolidados ao longo da margem oceano-continente. A vegetação degradada e arborização introduzida é representada por locais com cobertura vegetal não florestal, representada pelo domínio de espécies herbáceas, que ocupam terrenos desmatados, ou por árvores mais jovens ou por árvores individuais da arborização, com indivíduos não adensados, como as árvores presentes nas calçadas e canteiros centrais. Essa categoria resultou da soma das classes vegetação rasteira derivada de ações humanas e vegetação antropizada. A classe vegetação florestal é representada principalmente por comunidades arbóreas que formam um dossel, correspondendo às que estão em complexos de maciços verdes. Parte dessas áreas correspondem a florestas secundárias e eventualmente maciços de árvores não nativas podem ter entrado nessa classe, mas cremos que a maioria dos trechos representa áreas de floresta nativa em diferentes graus de sucessão ecológica e que sobreviveram ao crescimento da cidade ou se regeneraram após desmatamento

e não ocupação da área. A classe vegetação campestre foi mapeada de forma manual, representando as savanas nativas e os campos praianos. Fizemos a classificação manual porque ambientes naturalmente abertos como savanas e campos praianos eram agrupados com a vegetação degradada pela classificação automática, mas olhando imagens de satélite de alta resolução e por meio do reconhecimento de áreas com vegetação campestre natural em campo (por exemplo, os campos praianos da Sabiaguaba e dos bairros Dunas e Praia do Futuro), essas áreas foram reclassificadas como vegetação campestre ou savanas nativas. Por fim, a área antropizada que diz respeito aos terrenos onde há ocorrência de edificações, estradas e alterações do solo pela ação humana, foi representada pela soma das classes telhado marrom, telhado cinza, telhado branco, vias de acesso, asfalto e solo exposto.

Após o processamento, realizou-se a análise da confiabilidade dos dados gerados pelo algoritmo, usando a ferramenta *Accuracy*, sendo que é desejável que o valor da acurácia seja no mínimo 85%, de acordo com Metzger (2006). Vale ressaltar que foi realizada uma vistoria manual em cada classe para uma maior precisão, e o resultado da acurácia apresentada foi calculado antes desse refinamento nas classes, logo, acredita-se que o nível de confiabilidade da classificação superou o resultado encontrado.

4.4 Índices Quali-Quantitativos

Essas análises foram feitas para auxiliar na compreensão dos dados de vegetação, observando como se comporta a distribuição da cobertura vegetal e das áreas verdes urbanas por bairros. Os índices utilizados foram os seguintes:

- Índice de Cobertura Vegetal (ICV)

É realizada a soma de toda a cobertura vegetal dividida pelo número total de habitantes encontrado para a cidade (EQUAÇÃO 1) (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2005), neste caso além do índice para a cidade como um todo, esse mesmo índice foi calculado também por bairros. As discussões acerca do tema e de valores para uma boa quantificação de cobertura vegetal é extensa e contraditória entre os autores (GUILHERME; REOLON, 2020). No presente trabalho, considerou-se a cobertura vegetal consolidada e contínua, ou seja, a cobertura vegetal arbórea mais densa, sem contabilizar as árvores de canteiros centrais e calçamento. Essa decisão segue as ideias de Nucci e Cavalheiro (2006), que defendem que a cobertura vegetal arbórea, ocupada em área livre de construção, é composta prioritariamente por vegetação densa.

$$ICV = \frac{\Sigma \text{ áreas de cobertura vegetal (m}^2\text{)}}{n. \text{ de habitantes da área urbana}} \quad (1)$$

- Índice de Áreas Verdes (IAV)

Para calcular o índice de áreas verdes foi considerado o somatório das áreas totais das praças e parques urbanos públicos, dividido pelo número de habitantes da área urbana (EQUAÇÃO 2) (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2005). O mesmo índice também foi calculado individualmente para cada um dos bairros da cidade. Para essa análise, o *shapefile* contendo todos os dados de áreas verdes urbanas (praças e parques urbanos – retirando as unidades de conservação com vegetação natural) foi baixado da plataforma Fortaleza em Mapas. Em tese, parques e praças urbanos devem satisfazer a três objetivos, de acordo com Nucci e Cavalheiro (2006): o ecológico-ambiental, o estético e o de lazer. Embora saibamos que muitas praças não cumprem com esses objetivos, cremos que, de modo geral, praças e parques urbanos refletem a possibilidade de implementação de cobertura verde mais intensa na malha urbana e pelo menos potencialmente refletem a distribuição de áreas de lazer e contato com o verde voltadas para a população humana dos diferentes bairros.

$$IAV = \frac{\Sigma \text{ Áreas verdes (m}^2\text{)}}{n. \text{ de habitantes da área urbana}} \quad (2)$$

4.5 Modelagem dos Corredores Ecológicos

A fundamentação teórica para a determinação das áreas indicadas a corredores ecológicos foi realizada pelas técnicas de SIG de acordo com a metodologia adaptada de Louzada; Santos; Silva (2010), Schmitt (2016) e Pina (2017).

Os corredores foram delineados a partir da análise de caminho de menor custo (CMC). Esta análise toma por referência um ponto de partida (fonte) e um de chegada (alvo) na paisagem, e encontra o caminho de menor custo para o deslocamento. O custo é definido como uma função da distância percorrida e da dificuldade (atrito) encontrada para percorrer essa distância. Os trechos da cidade a serem conectados pelos corredores eram as áreas com vegetação remanescente, especialmente aquelas protegidas por Unidades de Conservação, mas também aquelas que, embora atualmente desprotegidas, têm uma cobertura significativa e que poderiam vir a ser incluídas como UCs.

No primeiro momento, as camadas *raster* (TABELA 3) tiveram custos variando de 1 a 100 seguindo a adequabilidade de cada classe. As áreas com maior probabilidade de se implantar os corredores ecológicos receberam menor custo e áreas onde essa atividade é menos viável o custo de implantação foi o maior possível, ou seja, 100. Dessa forma, o uso e a cobertura da terra variaram de acordo com cada classe, sendo que quanto maior o uso maior os custos. Já os demais ambientes, a saber, fragmentos de vegetação, Áreas de Preservação Permanente (APPs), parques urbanos, praças e ciclo faixas/vias e a malha viária foram classificados da seguinte forma: o menor custo, no valor de 1, correspondeu a área de cada um desses ambientes, e as áreas que não correspondiam à superfície analisada, receberam o maior custo, no valor de 100.

Após essa reclassificação, as camadas *raster* foram processadas na ferramenta SAGA *Proximity raster*, para gerarem camadas *raster* das variáveis com distâncias do centro de cada pixel ao centro do pixel mais próximo indicado como o pixel alvo - distância euclidiana. Vale ressaltar, que todas as camadas foram delimitadas dentro do perímetro da área de estudo.

Tabela 3 – Banco de dados com suas características e fonte para a realização da modelagem dos corredores ecológicos do município de Fortaleza - CE

Mapas temático	Característica	Fonte
Uso e cobertura da terra (UCT)	Elaborado pela autora	Sentinel 2A, 2020
Fragmentos de vegetação	Extraído da análise de uso e cobertura da terra	Sentinel 2A, 2020
Áreas de Preservação Permanente (APPs)	<i>Buffer</i> ao longo dos rios com distância de 30 metros*	IPLANFOR, 2018
Parques Urbanos	-	SEUMA, 2018
Praça e Ciclo faixas/vias	-	SEUMA; SEFIN, 2018
Malha viária	-	SEUMA, 2020

Fonte: elaborada pela autora.

Legenda: *Para a realização do *buffer* das áreas de APPs, levou em consideração que essas áreas deveriam por lei serem preservadas, embora, seja sabido que grande parte dessas áreas se encontram degradadas ou urbanizadas na cidade de Fortaleza.

Para a elaboração dessa superfície de custo, aplicou-se o AHP, para que cada condicionante fizesse parte de uma hierarquização e sua contribuição fosse definida conforme os pesos (QUADRO 1) escolhidos pelo tomador de decisão. Para avaliar o grau de coerência e consistência das relações de importância consideradas na análise, foi realizada a Razão de Consistência (RC). Cujas sejam superiores a 0,10, o julgamento dos condicionantes deve ser

refeito, pois apresenta incoerências. Quanto mais próxima de "0" for a RC mais coerente será o modelo.

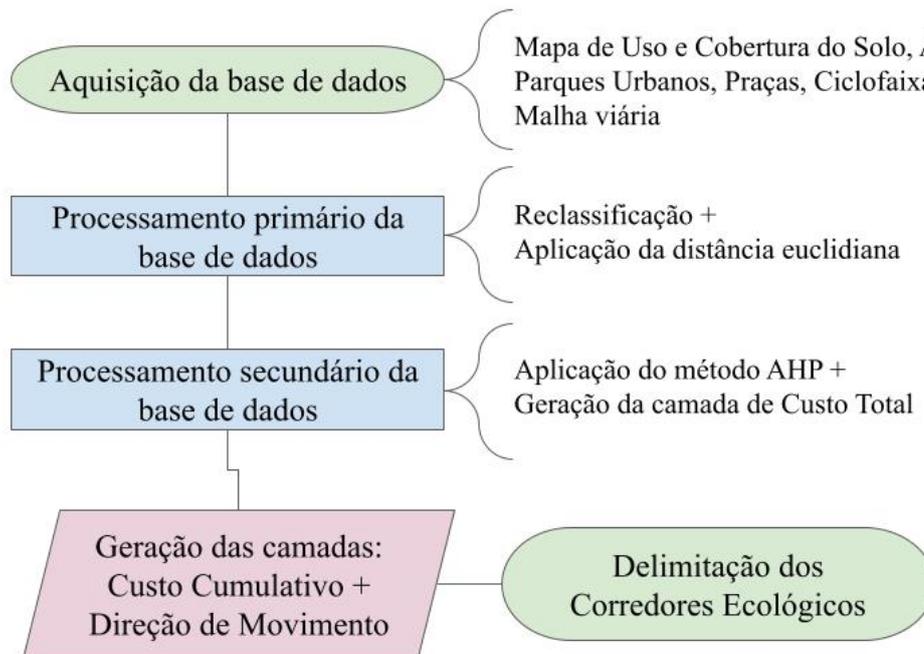
Quadro 1 – Matriz de importância de cada variável usada para a modelagem dos corredores ecológicos, de acordo com a metodologia do método AHP proposta por Saaty, 2008.

Critérios	Malha viária	Praça e Ciclovias	Parques urbanos	APPs	Fragmentos	UCT
Malha viária	1	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1
Praça e Ciclovias	2	1	0,5	0,3	0,2	0,1
Parques urbanos	3	2	1	0,5	0,3	0,2
APPs	5	3	2	1	0,5	0,3
Fragmentos	7	5	3	2	1	0,5
UCT	9	7	5	3	2	1

Fonte: elaborada pela autora.

Após essas análises, os pesos são multiplicados por cada variável e somados ao final, usando a calculadora *raster*, resultando assim, na camada *raster* de Custo Total por pixel. Posteriormente, essa camada é usada para produzir as camadas *raster* de custo cumulativo e de direção de movimento na ferramenta *r.cost* do GRASS e, por fim, essas são inseridas na ferramenta *r.drain*, também do GRASS, que possibilita gerar a delimitação dos corredores. Vale ressaltar que para a análise foi usado como ponto de partida o Parque Estadual do Cocó e os pontos de chegada foram as demais Unidades de Conservação e os Parques Urbanos presentes em Fortaleza. Isso se dá pelo enorme corredor ecológico que o Parque Estadual do Cocó naturalmente estabelece dentro da malha urbana de Fortaleza, indo do mar, na foz do rio, até o limite sul de Fortaleza com os municípios vizinhos. Ademais, para melhor avaliação dos corredores foi calculado o comprimento e a área de cada corredor, e o custo geral dos corredores. A seguir, na figura 5 apresenta o passo-a-passo para delimitação dos corredores ecológicos.

Figura 5 – Fluxograma da metodologia para delimitação dos corredores ecológicos



Fonte: elaborada pela autora.

Na próxima seção será apresentado os resultados das análises realizadas a partir das metodologias expostas acima.

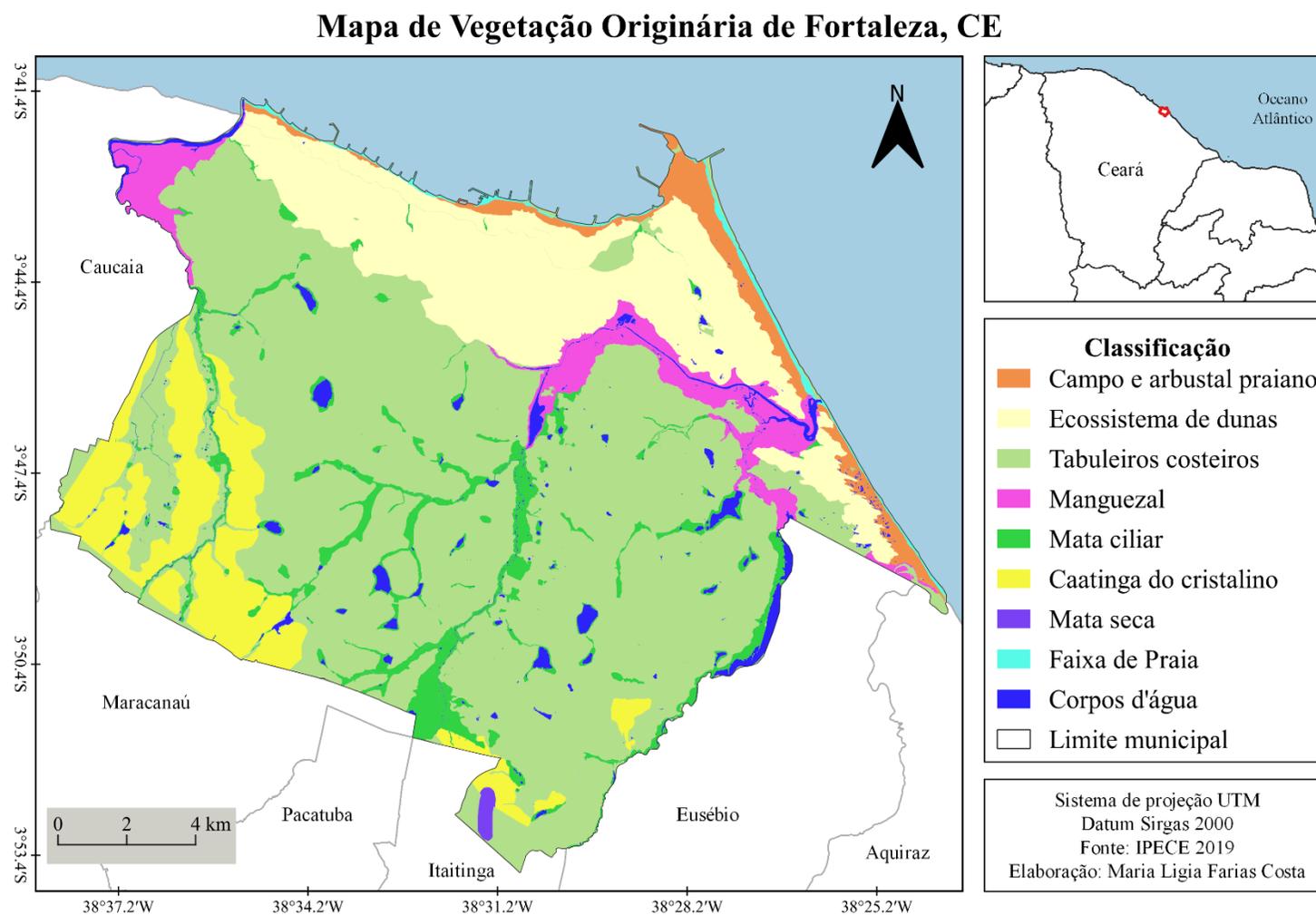
5 RESULTADOS

5.1 Classificação da Vegetação Originária

A partir do mapa geomorfológico do ZEE (2021) para o município de Fortaleza, foi possível apontar a existência de sete tipos de ecossistemas naturais no que hoje é o município de Fortaleza. Os ecossistemas encontrados foram: Campo e arbustal praiano (Terraço marinho), Ecossistema de dunas (Dunas móveis, fixas e paleodunas), Vegetação dos tabuleiros costeiros (Tabuleiro costeiro), Manguezal (Planície flúvio-marinha), Mata ciliar (Planícies fluviais), Caatinga do cristalino (Depressão sertaneja) e Mata seca (Vulcânicos residuais). As classes encontradas estão expostas em um mapa temático que revela a localização e extensão de cada tipo de ecossistema (FIGURA 6). Além da classificação da vegetação, observa-se também o mapeamento da faixa de praia e dos corpos d'água.

As classes com maior área foram os tabuleiros costeiros, que ocupam 57% do território do município, o ecossistema de dunas, recobrando 16% da área de Fortaleza, e a caatinga do cristalino, que correspondia a 9% da área total do município (TABELA 4). A Caatinga do Cristalino apresentou uma mancha considerável ao sudoeste e outras pequenas manchas ao sudeste, já a Mata Seca apresentou uma pequena mancha ao sudeste do município, sobre o serrote do Ancuri. Os Manguezais (Planície Flúvio-marinha) encontram-se junto à foz dos principais rios que perpassam a cidade de Fortaleza, o rio Ceará ao oeste, o rio Cocó ao leste, e um pouco mais ao leste, na divisa território do município de Fortaleza e Aquiraz, o rio Pacoti. A Mata Ciliar (Planícies Fluviais), por outro lado, interpenetra várias outras unidades, seguindo o curso dos rios, riachos e lagoas.

Figura 6 – Mapa com uma aproximação dos ecossistemas naturais do território do município de Fortaleza, região costeira do estado do Ceará, Brasil.



Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 4 – Classes e suas correspondentes áreas da classificação da Vegetação Originária de Fortaleza - CE

Ecosistema natural	Unidade geomorfológica onde se posiciona	Área original (km²)	% da extensão do município de Fortaleza
Campo e arbustal praiano	Planície costeira	8,179	2,596
Ecosistema de dunas	Dunas móveis, semifixas e fixas (com qualquer tipo de vegetação)	52,237	16,581
Vegetação dos tabuleiros costeiros (florestas, arbustais e savanas dos tabuleiros)	Formação barreiras	182,512	57,934
Manguezal	Planície flúvio-marinha	14,24	4,52
Mata ciliar	Planícies fluviais	18,800	5,968
Caatinga do cristalino	Depressão sertaneja	28,495	9,045
Mata seca	Vulcânicos residuais	0,631	0,200
Faixa de praia	Faixa de praia	1,902	0,604
Corpos d'água	-	8,05	2,555
Total		315,037*	100

Fonte: elaborada pela autora.

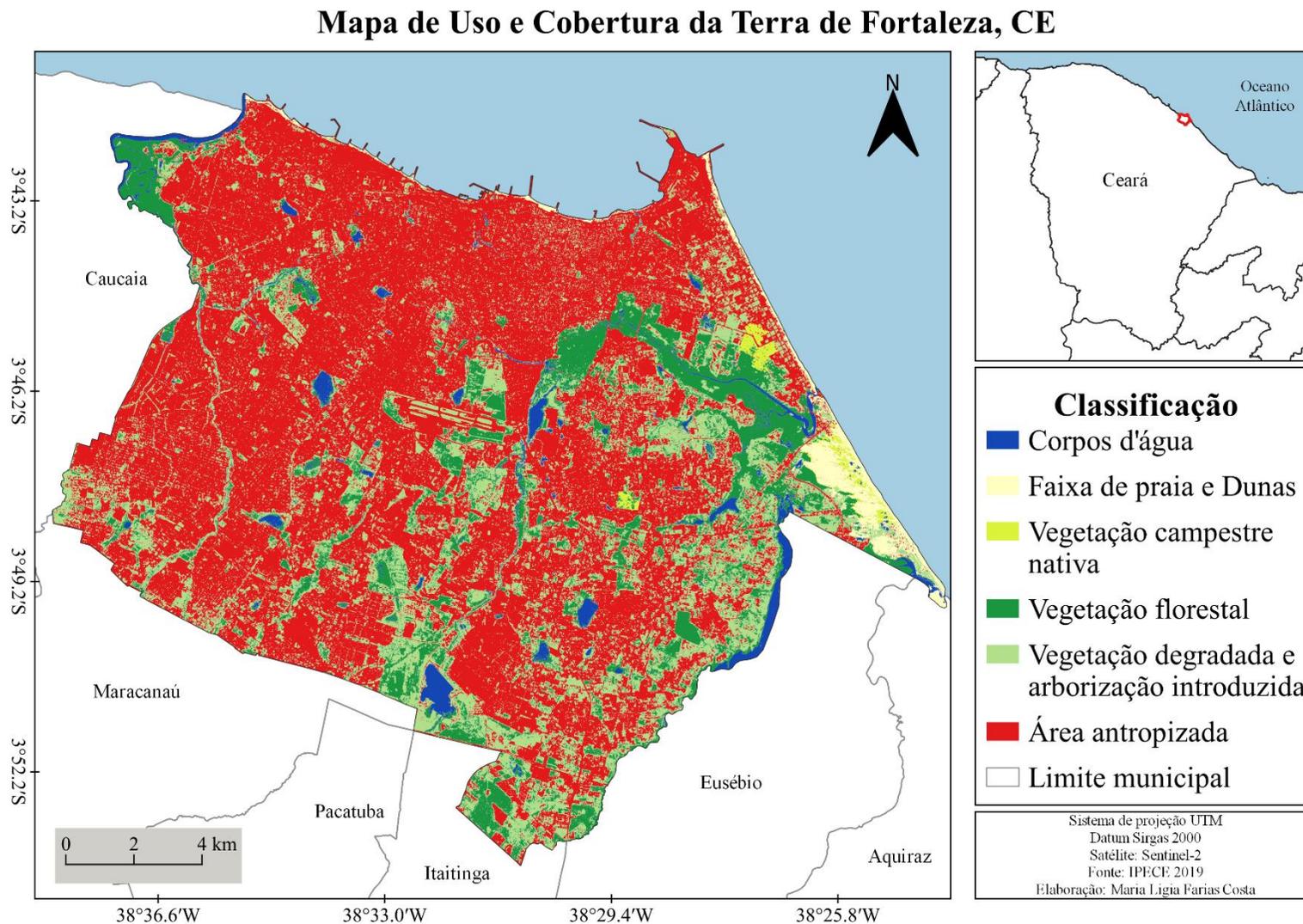
Legenda: *A área total obtida pelo somatório de cada classe não equivale a área oficial do município de Fortaleza (312 km²). Portanto, a área de cada classe deve ser tomada como uma aproximação.

5.2 Classificação do Uso e Cobertura da Terra

Na análise de uso e cobertura da terra, mapeou-se sete classes de cobertura, que correspondem às principais categorias de uso da terra em Fortaleza, representadas no mapa abaixo (FIGURA 7). Entre as classes, a com maior área de ocupação foi a de áreas antropizadas, com 196,01km², correspondendo a cerca de 63% do território de Fortaleza, representando o somatório das áreas com cobertura antropogênica (telhados, vias de acesso, construções, etc.), seguida das seguintes classes: vegetação degradada e arborização introduzida (20% da extensão do município), vegetação florestal (11%), corpos d'água (2%), vegetação campestre nativa (0,5%) e, por fim, o somatório de dunas e faixa de praia (1,5%) não recobertas por áreas urbanas

(TABELA 5). Ademais, ao realizar a acurácia da classificação supervisionada, foi possível obter um valor igual a 88%, atendendo ao critério de avaliação, logo, compreende-se que a análise foi bem sucedida.

Figura 7 – Mapa de uso e cobertura da terra de acordo com o método de classificação supervisionado do município de Fortaleza, CE



Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 5 – Área das classes da Classificação do Uso e Cobertura da Terra de Fortaleza - CE

Classes	Área (km ²)	%
Corpos d'água	7,093	2,285
Faixa de praia	2,712	0,874
Dunas	2,153	0,694
Vegetação campestre nativa	1,702	0,548
Vegetação florestal	35,058	11,295
Vegetação degradada e arborização introduzida	64,818	20,883
Área antropizada	196,855	63,422
Total	310,391*	100

Fonte: elaborada pela autora.

Legenda: *A área total obtida pelo somatório de cada classe não equivale totalmente à área oficial do município de Fortaleza (312 km²). Portanto, a área de cada classe deve ser tomada como uma aproximação.

O cálculo da área perdida e da remanescente de cada classe de vegetação foi realizado por meio da nova classificação dos tipos de vegetação e da classificação do uso e cobertura da terra da cidade de Fortaleza (TABELA 6). Para uma melhor interpretação dos dados e maior confiabilidade, optou-se por analisar tanto a perda de cobertura vegetal natural pela área antropizada quanto pela área de vegetação degradada (por exemplo, áreas de vegetação que foram desmatadas e se tornaram áreas abertas com capim em terrenos baldios), para que assim, ao final obtivesse a área remanescente.

Os ecossistemas que mais perderam área para a antropização foram: a caatinga do cristalino (77%), os ecossistemas de dunas (74%) e os tabuleiros costeiros (68%). Já o ambiente de mata seca (2%) foi o que menos perdeu área para a antropização, mas vale destacar que em Fortaleza esse tipo de vegetação tem ocorrência muito pequena, restrita a antigas superfícies vulcânicas como o serrote Ancuri.

As áreas antropizadas refletem o mais forte grau de modificação da vegetação, em geral, no caso de Fortaleza, significando que a área foi construída e agora tem uso urbano consolidado. Mas parte da vegetação, ao ser degradada, permaneceu como ambientes abertos, com cobertura herbácea, mas que, por ainda não terem sido urbanizados, podem ser restaurados ecologicamente. Isso ocorre inclusive dentro das Unidades de Conservação, como o Parque Estadual do Cocó, que tem trechos antropizados e abertos, mas que potencialmente podem

voltar a uma condição florestal.

Os ecossistemas naturais que mais apresentaram perda de cobertura vegetal natural por conversão em vegetação degradada foram: a mata ciliar (39% de perda para essa classe), os tabuleiros costeiros (22%) e a caatinga do cristalino (17%). Por fim, foi possível observar que os ambientes com maiores áreas remanescentes foram: a mata seca (85%), o manguezal (75%) e a mata ciliar (39%). De antemão, o ambiente que menos apresenta área remanescente foi a caatinga do cristalino (4%). De forma geral, a cidade de Fortaleza apresenta uma área total modificada de 83% da extensão do município, que equivale a aproximadamente a 258 km² da sua área total.

Tabela 6 – Área total dos tipos naturais de ecossistemas do município de Fortaleza e a área de cada um deles que já está antropizada (majoritariamente áreas urbanizadas), com vegetação degradada (cobertura verde derivada de crescimento de herbáceas após degradação, constituindo majoritariamente ‘terrenos baldios’) e a área total remanescente de cada um dos tipos de ecossistemas que ainda permanecem atualmente dentro dos limites de Fortaleza

Unidades Fitogeográficas	Área da Vegetação Originária (km ²)		Área Antropizada (km ²)		Área com Vegetação Degradada (km ²)		Área Remanescente (km ²)	
		%		%		%		%
Campo e arbustal praiano	8,179	2,596	5,194	63,504	1,315	16,078	1,670	20,418
Ecosistema de dunas	52,237	16,581	39,062	74,778	6,903	13,215	6,272	12,007
Tabuleiros costeiros	182,512	57,934	124,568	68,252	41,267	22,611	16,677	9,137
Manguezal	14,24	4,520	1,253	8,799	2,192	15,393	10,795	75,808
Mata ciliar	18,800	5,968	4,109	21,856	7,337	39,027	7,354	39,117
Caatinga do cristalino	28,495	9,045	22,148	77,726	5,033	17,663	1,314	4,611
Mata seca	0,631	0,200	0,017	2,694	0,075	11,886	0,539	85,420
Faixa de praia	1,902	0,604	0,720	37,855	0,172	9,043	1,010	53,102
Corpos d'água	8,050	2,555	0,413	5,130	1,277	15,863	6,360	79,006
Total	315,046	100	197,484	62,684	65,571	20,813	51,991	16,503

Fonte: elaborada pela autora.

5.3 Índices Quali-Quantitativos

A partir da análise da cobertura vegetal pela população de cada bairro de Fortaleza, observou-se que dos 121 bairros (GRÁFICO 1), 53 se encontram com um Índice de Cobertura Vegetal menor que 1 m²/hab. Já 31 bairros possuíam a soma de áreas de cobertura vegetal entre 1-10 m²/hab. Apenas 31 bairros possuíam ICV no intervalo de 10-100 m²/hab, e apenas quatro bairros, sendo eles: Aeroporto, Edson Queiroz, Salinas e Sabiaguaba, de 100-1000 m²/hab. Somente dois bairros: Manuel Dias Branco e Pedras, possuíam ICV acima de 1000 m²/hab,. Outrossim, os bairros Bom Futuro, José Bonifácio, Panamericano e Pirambu registraram índice igual a 0.

Já em relação ao Índice de Áreas Verdes (IAV), verificamos que 64 bairros apresentaram IAV abaixo de 1 m²/hab, logo, essa classe representa mais de 50% dos bairros de Fortaleza (GRÁFICO 2). Ademais, 35 bairros se encontram no intervalo entre 1-4 m²/hab e 11 bairros entre 4-8 m²/hab. Contabilizou-se dez bairros no intervalo de 8-16 m²/hab, que foram Sapiranga/Coité, Padre Andrade, São João do Tatuapé, Guararapes, Dom Lustosa, José de Alencar, Siqueira, São Gerardo, Pici e o Papicu. Apenas o bairro Aeroporto ficou dentro da classe com IAV maior que 16 m²/hab, devido ao Parque urbano da Lagoa do Opaia. Por fim, 14 bairros contabilizaram IAV igual a 0, os quais foram Ancuri, Aracapé, Boa Vista/Castelão, Bonsucesso, Itaóca, Jardim Iracema, Manuel Dias Branco, Palmeiras, Parque Araxá, Parque Presidente Vargas, Parque Santa Maria, Parque São José, Parquelândia e o Planalto Ayrton Senna.

Também foi possível verificar que 35 bairros se encontram dentro da classe mais baixa em ambos os índices (ICV e IAV). Os bairros foram Álvaro Weyne, Amadeu Furtado, Barra do Ceará, Benfica, Bom Futuro, Bom Jardim, Bonsucesso, Cais do Porto, Carlito Pamplona, Conjunto Esperança, Couto Fernandes, Cristo Redentor, Demócrito Rocha, Floresta, Granja Portugal, Itaoca, Jacarecanga, Jardim América, Jardim Cearense, Jardim Guanabara, Jardim Iracema, Jóquei Clube, Montese, Moura Brasil, Olavo Oliveira, Parque Araxá, Parque Santa Rosa, Parquelândia, Pirambu, Praia de Iracema, Praia do Meireles, Varjota, Vicente Pinzón, Vila Ellery e a Vila Peri.

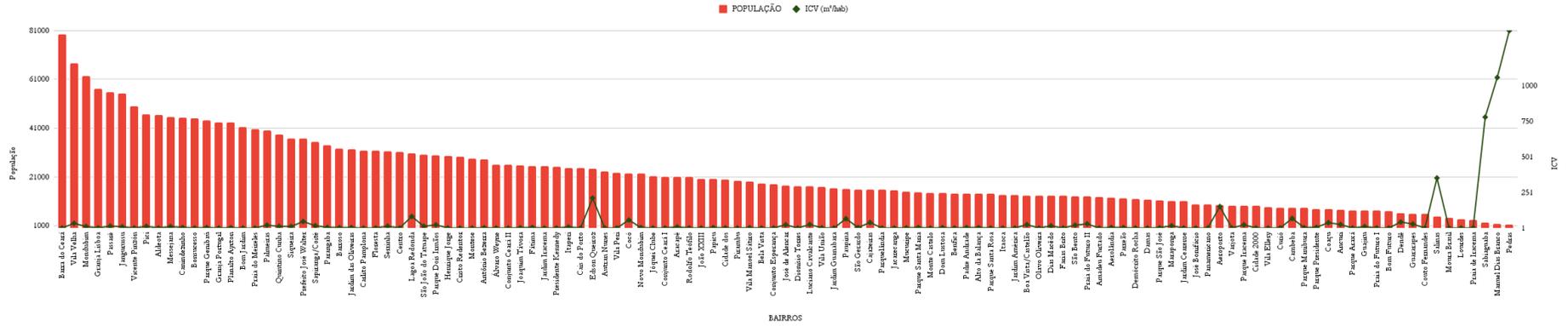
Já os bairros Aeroporto, Sapiranga/Coité, São João do Tatuapé, Guararapes, José de Alencar, Siqueira, Pici, Pedras, Maraponga, Lagoa Redonda e Luciano Cavalcante apresentaram os melhores índices, tanto para cobertura vegetal quanto para áreas verdes.

Entre os bairros que apresentaram bons ICV, mas baixo IAV estão: Manuel Dias Branco, Sabiaguaba, Salinas, Edson Queiroz, Cambeba, Paupina, Cocó, Prefeito José Walter

Dendê, Cajazeiras, Coaçu, Vila Velha, Praia do Futuro II, Ancuri, Boa Vista/Castelão, Parque Iracema, Parque Dois Irmãos, Palmeiras, São Bento, Dias Macêdo, Passaré, Serrinha e Quintino Cunha. Em contrapartida, os bairros Padre Andrade, Dom Lustosa, São Gerardo, Papicu, Centro, Antônio Bezerra, Parangaba, Presidente Kennedy, Mucuripe, Lourdes e Novo Mondubim apresentaram bons IAV, mas baixo ICV.

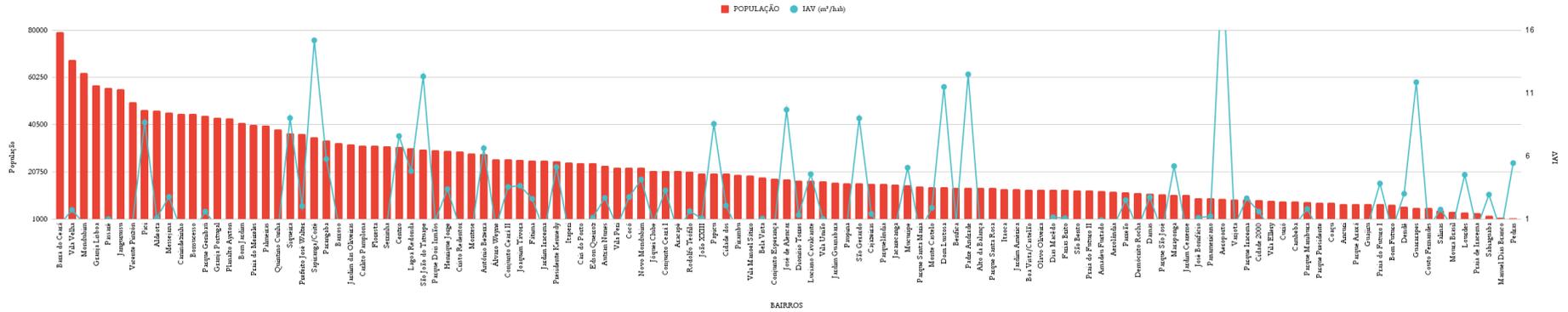
Em resumo, Fortaleza apresentou um ICV igual a 13,61 m²/hab, concentrando áreas de piores índices na maior parte da orla e em alguns bairros ao Sudoeste (FIGURA 8). Esse valor representa áreas com cobertura vegetal derivada das UCs, como o Parque Estadual do Cocó e também áreas ainda não protegidas que estão suscetíveis ao desmatadas. O IAV de Fortaleza, por sua vez, foi igual a 2,21 m²/hab, ele se apresentou mais heterogêneo entre os bairros, embora áreas ao Sudoeste e ao Sudeste se destacam com uma maior concentração de bairros com baixos valores.

Gráfico 1 – Combinação do número de habitantes de cada bairro e o Índice de Cobertura Vegetal de cada bairro de Fortaleza - CE



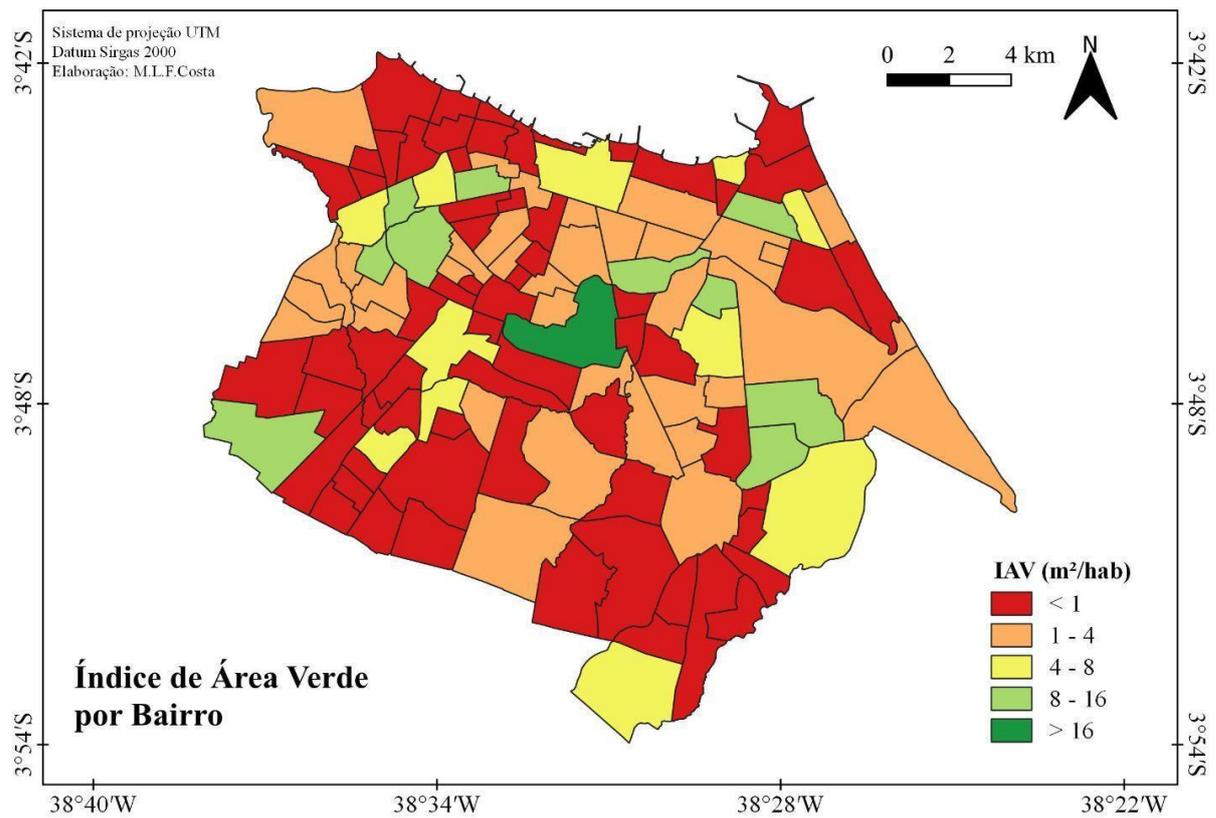
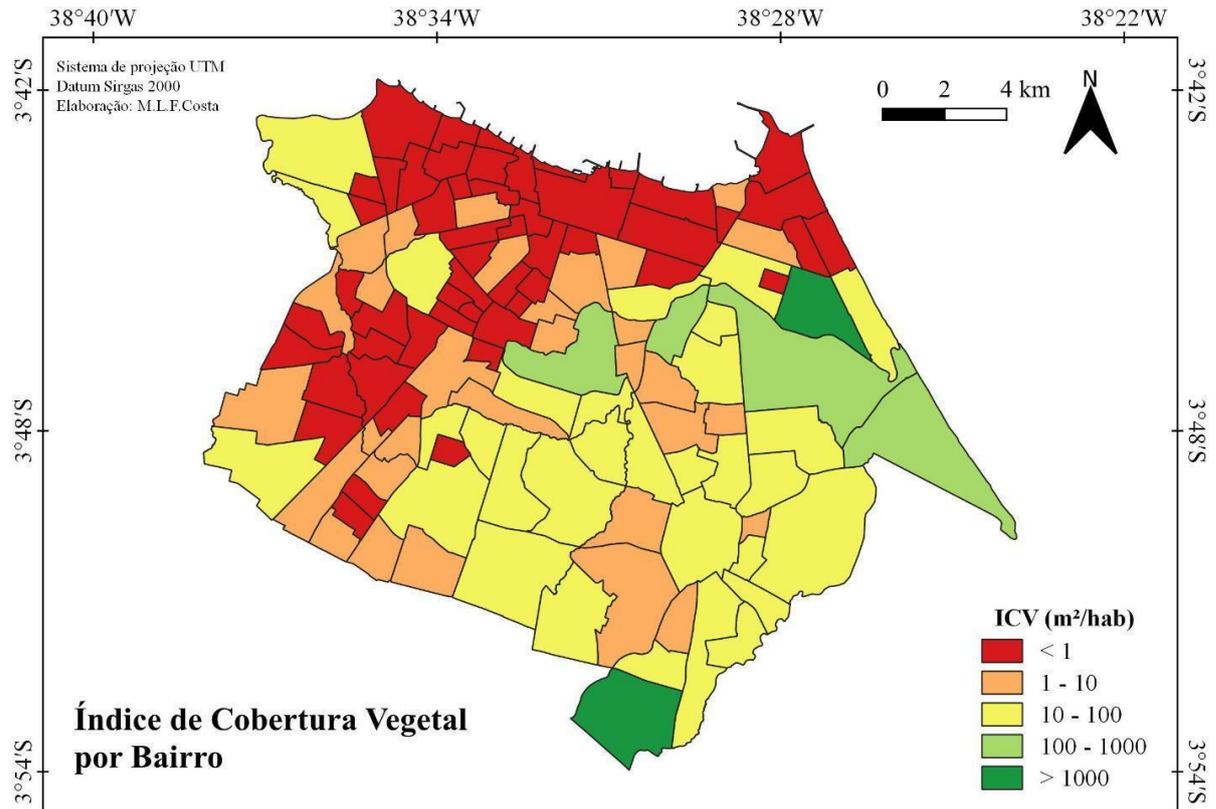
Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 2 – Combinação do número de habitantes de cada bairro e o Índice de Área Verde de cada bairro de Fortaleza - CE



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 8 – Mapa com a distribuição do Índice de Cobertura Vegetal e o Índice de Área Verde por bairro no município de Fortaleza, CE



Fonte: elaborada pela autora.

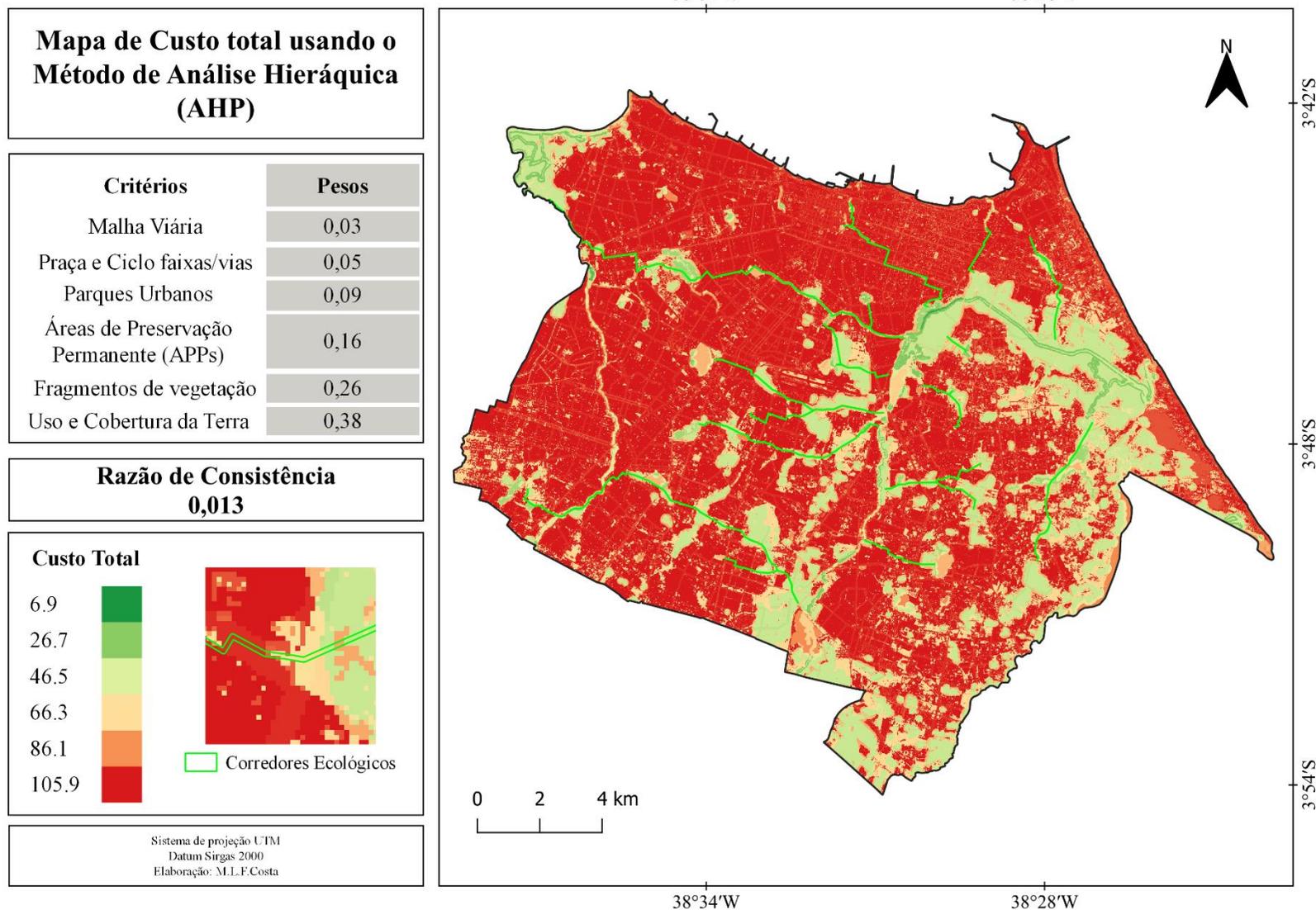
5.4 Modelagem dos Corredores Ecológicos

Após a análise de cada ambiente, foi gerado o mapa de custo total (FIGURA 9) usando o método de AHP. O custo total variou de 6,9 (menor custo) a 105,9 (maior custo). O critério que apresentou maior peso estatístico foi o uso e cobertura da terra e o que apresentou menor peso foi a malha viária. Além disso, em análise de coerência e consistência do método AHP, obteve-se uma RC igual a 0,013, portanto, o método mostrou ser satisfatório.

O custo total possibilitou modelar as áreas potenciais para os corredores ecológicos (FIGURA 10). Obteve-se 13 corredores principais e a ramificação de mais cinco corredores, totalizando assim 18 corredores. Os corredores 1, 3, 5, 6, e 8 foram os que apresentaram as ramificações.

Os corredores ecológicos apresentaram, de forma geral, um comprimento total de 75,8 km e uma área total de 1,5 km² (TABELA 7). O corredor 9 foi o que apresentou o menor comprimento e a menor área, 0,764 km e 0,016 km², respectivamente. Este, por sua vez, é responsável por interligar o Parque Estadual do Cocó ao Bosque Municipal Presidente Geisel. O corredor 8, em contrapartida, foi o que apresentou maior comprimento e maior área, 15,364 km e 0,309 km², respectivamente. Ele conecta o Parque Estadual do Cocó a alguns parques urbanos, a ARIE da Matinha do Pici e termina na APA do Estuário do Rio Ceará.

Figura 9 – Mapa de custo total usando o método de Análise Hierárquica do município de Fortaleza, CE



Fonte: elaborada pela autora.

Figura 10 – Mapa da modelagem dos corredores ecológicos para o município de Fortaleza, CE

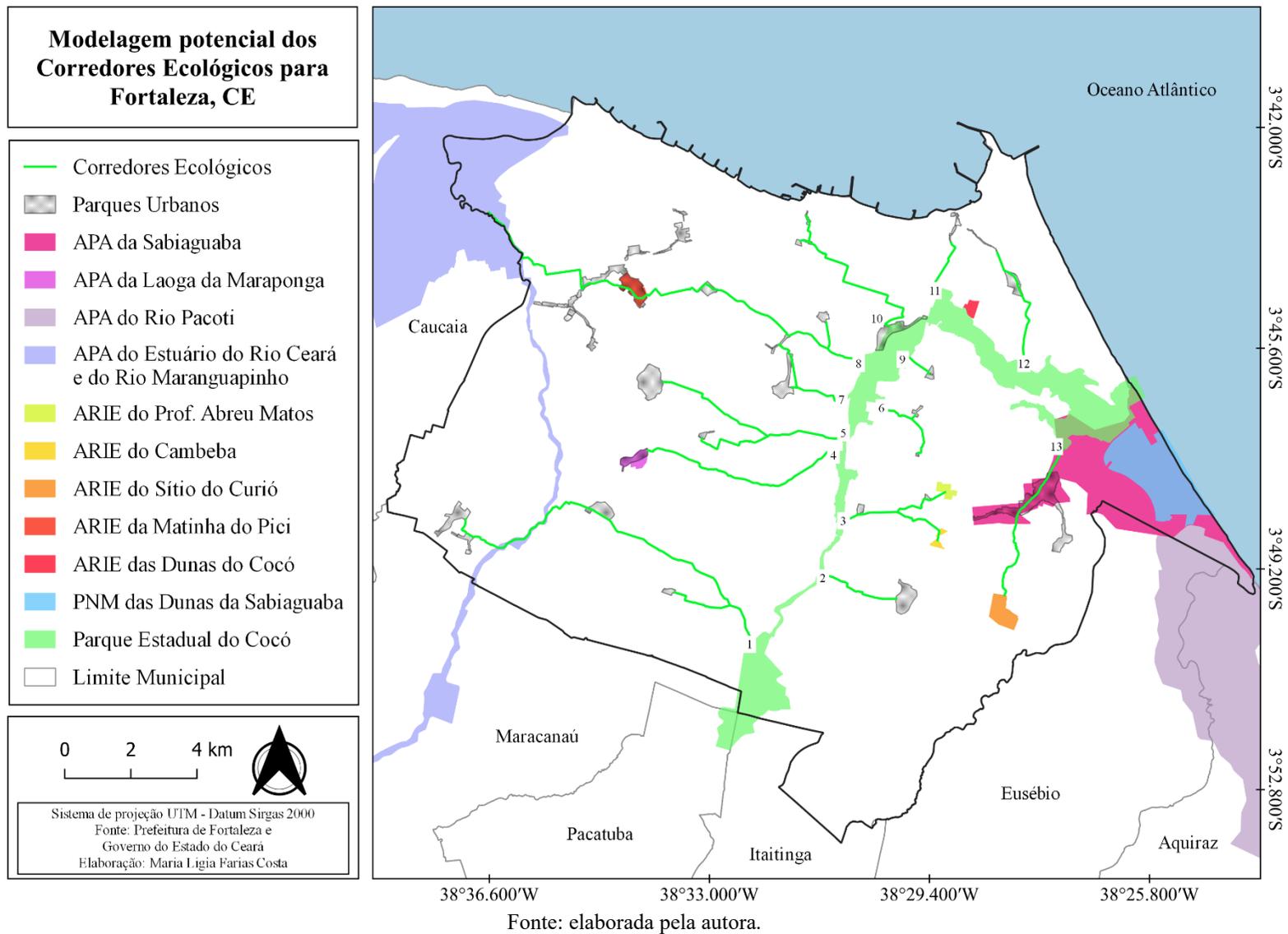


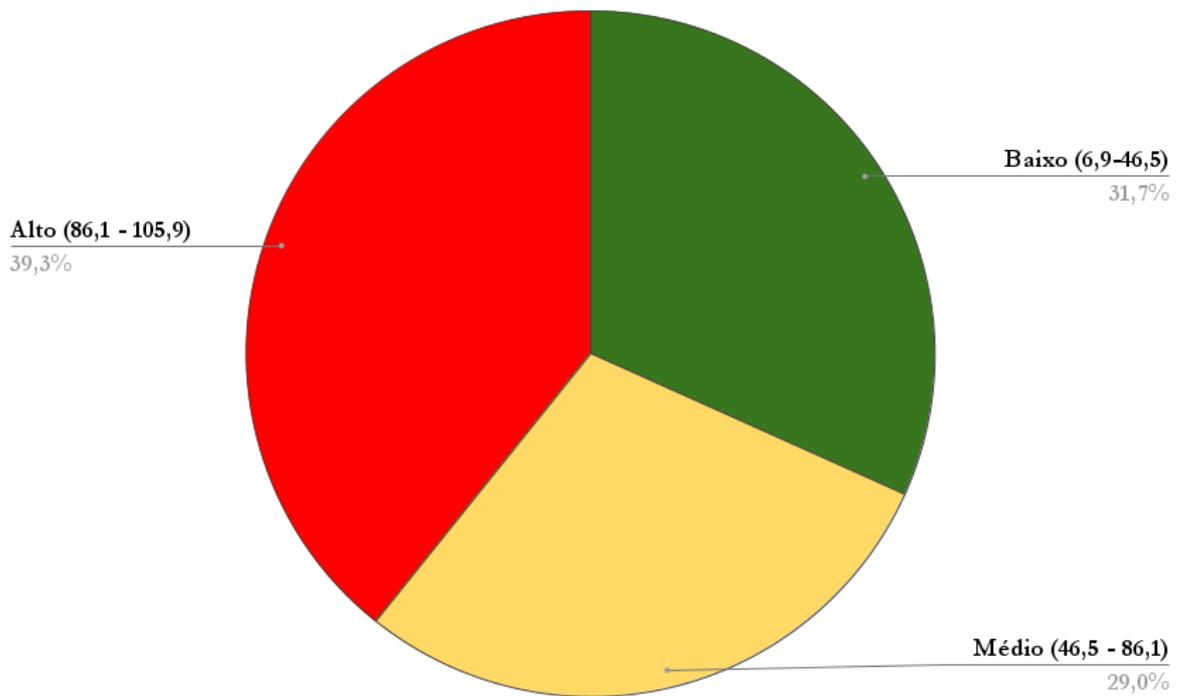
Tabela 7 – Comprimento e a área dos corredores ecológicos do município de Fortaleza - CE

Corredor	Comprimento (km)	Área (km ²)
1	13,901	0,277
2	2,534	0,051
3	5,306	0,106
4	6,516	0,133
5	8,627	0,174
6	2,384	0,049
7	3,375	0,068
8	15,364	0,309
9	0,764	0,016
10	6,315	0,128
11	1,782	0,036
12	3,755	0,076
13	5,263	0,107
Total	75,886	1,529

Fonte: elaborada pela autora.

O mapa de custo total possibilitou analisar a distribuição dos custos ao longo dos corredores, observando que 31,7% dos corredores perpassam áreas com baixo custo, sendo 29% médio custo e 39,3% passam por áreas de alto custo (GRÁFICO 3).

Gráfico 3 – Percentagem do custo total para os corredores ecológicos do município de Fortaleza - CE



Fonte: elaborado pela autora.

Com base nos resultados aqui empreendidos, na seção seguinte, discuto tais dados partindo das questões que nortearam os objetivos desta pesquisa.

6 DISCUSSÕES

6.1 O que, onde e como está a vegetação de Fortaleza

Entre as classes de vegetação mapeadas, a Caatinga do Cristalino e a Mata Seca são ecossistemas menos discutidos, pois normalmente a população associa o território da cidade apenas a ecossistemas costeiros. A Caatinga do Cristalino ocorre em relevo de Depressão Sertaneja, com solos rasos, e normalmente pedregosos. Já a Mata Seca ocorre normalmente em relevo de Maciços Residuais, em áreas de sotavento das serras e em morros com altitudes mais baixas, recebendo menor quantidade de chuva (MORO *et al.*, 2015), porém, em Fortaleza, esse tipo de vegetação ocorre em um relevo Vulcânico Residual. De forma geral, ambos os tipos de vegetação podem apresentar uma flora semelhante, no entanto, podem se diferenciar principalmente pelo porte da vegetação, uma vez que a Mata Seca apresenta um componente arbóreo de maior porte (MORO *et al.*, 2015).

De acordo com os resultados obtidos, foi possível observar que quase não há mais fragmentos verdes de Caatinga, embora a unidade apresente uma área considerável de vegetação degradada. Na área, encontra-se a presença do Parque Urbano Lagoa da Viúva, no bairro Siqueira, na região do Grande Bom Jardim. Diferente da maioria dos Parques Urbanos de Fortaleza, é visível uma baixa cobertura vegetal na área verde, além de outras áreas próximas com vegetação degradada.

Todas as áreas de vegetação de Caatinga ficaram na periferia de Fortaleza, a maior parte na região do Grande Bom Jardim e pequenos fragmentos próximo à parte sul do Parque Estadual do Cocó na divisa com Maracanaú. Acredita-se que o estado ambiental crítico que a região se encontra, é fortemente influenciada pelos problemas que a região enfrenta, desde pressões do mercado imobiliário, falta de infraestrutura urbana, de saneamento básico e a marginalização (FROTA; QUEIROZ; GONÇALVES, 2017). A área além de apresentar potencial para futuros trabalhos de recuperação da sua vegetação original, também precisa de projetos socioambientais.

Em contrapartida, a unidade de Mata Seca se apresenta como um raro fragmento de maciço residual verde dentro da cidade de Fortaleza não se encontra atualmente protegido por nenhum tipo de unidade de conservação. Tal fragmento verde é conhecido como o “Serrote do Ancuri”, e apresenta aproximadamente 2 km de extensão e 119 m de altitude. O corpo ígneo do Ancuri não sofre influência de depósitos eólicos ou de morfologia dunares por estar mais

distante do litoral, apesar da sua maior parte ser bordado pela unidade de Tabuleiros Costeiros (COSTA; CLAUDINO-SALES, 2020).

Ele está localizado na parte Sul de Fortaleza, próximo ao município de Itaitinga. Ademais, está inserido em uma área com vias de transporte e meios de comunicação, além de ter em seu topo um reservatório de abastecimento hidráulico (FORTALEZA, 2014; COSTA; CLAUDINO-SALES, 2020).

Esse maciço verde representa uma área com grande potencial para maiores estudos, principalmente sobre sua flora e fauna, já que não foram encontrados estudos sobre tais assuntos, visto que são relevantes para entender qual o grau de diversidade da unidade e para saber o quanto a área está conservada, até mesmo para futuros projetos de implantação de uma unidade de conservação.

Os Tabuleiros Costeiros, se destacam por serem a classe que ocupa a maior área do território de Fortaleza. Essa classe pode apresentar distintos tipos de vegetação. Em Fortaleza, parte do território dos tabuleiros era coberto majoritariamente pelas florestas semidecíduas de tabuleiro, e parte pelas savanas costeiras (por exemplo, na ARIE Professor Abreu Matos – Moro *et al.* 2011). Todavia, por uma limitação do método, esses ambientes não foram possíveis de distinção neste trabalho. Entre os ambientes que podem ser encontrados, estão: a Mata de Tabuleiro, onde pode ser encontrada uma floresta semidecídua de médio porte quando não atingida por incêndios frequentes, e sua flora é bem variada, podendo encontrar espécies do Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e Amazônia. Um exemplo marcante de floresta de tabuleiro em Fortaleza é a ARIE do Curió, próximo à lagoa da Precabura. Outro ambiente é o Arbustal de Tabuleiro, que se encontra mais próximo do mar. Vale ressaltar que áreas de Mata de Tabuleiro degradadas podem originar um arbustal. Por fim, o Cerrado Costeiro, que pode ser encontrado em áreas que eram Mata de Tabuleiro onde ocorriam incêndios com frequência, tornando-se ambientes com fisionomia savânica e uma flora predominantemente de Cerrado (MORO *et al.*, 2015).

Apesar da limitação do método, com a ajuda da literatura e de estudiosos da área, nesse trabalho foi possível mapear áreas com vegetação campestre, entre elas, uma área de Cerrado Costeiro já identificada em campo (MORO; CASTRO; ARAÚJO, 2011). Essa área faz parte da unidade de conservação de uso sustentável, a ARIE Prof. Abreu Matos, localizada no bairro do Cambeba. Apesar da área já ser protegida, é possível observar alguns outros pequenos fragmentos verdes no seu entorno, fato que nos leva a questionar o motivo pelo qual estes não fazem parte da unidade de conservação, favorável para ampliação da UC, ressaltando que a ARIE Prof. Abreu Matos, além de ser pequena, é um exemplo de resistência ao processo de

expansão urbana na cidade de Fortaleza, haja vista que ela é circundada por uma matriz antropizada.

Outras áreas que se mostraram bem afetadas pelo avanço do processo de urbanização foram os Campos e os Arbustais Praianos, que se encontram altamente ameaçados pelos impactos antrópicos desde construções de casas à impermeabilização do solo para implantação de vias (FORTALEZA, 2020). Estes ambientes se caracterizam pela formação com areias quartzosas, altamente limitantes para as plantas devido ao estresse, como os sprays marinhos e a maresia, mas ainda assim, algumas espécies de herbáceas e arbustos especializados conseguem se desenvolver (MORO *et al.*, 2015). Algumas áreas dessa fisionomia foram mapeadas de forma manual, identificadas também como vegetação campestre. Os fragmentos encontram-se nas proximidades do Parque Estadual do Cocó, no bairro Praia do Futuro II, e os outros estão inseridos no Parque Natural Municipal das Dunas de Sabiaguaba.

O ecossistema de dunas, como aqui apresentado, foi um agrupamento das dunas móveis, fixas e das paleodunas. De forma geral, as dunas são ambientes com acúmulos de areia, onde em alguns ambientes o processo de fixação do sedimento já pode ter começado e em outros não, assim diferenciando as dunas fixas e móveis. São ambientes mais dinâmicos, e com maior incidência de radiação solar, por essas características, conseqüentemente, dificultam a fixação da vegetação, contudo, algumas espécies, na maioria das vezes de menor porte, conseguem se estabelecer (MORO *et al.*, 2015).

Um estudo realizado por Pinheiro (2009) apresentou resultados que vão ao encontro dos resultados aqui obtidos, pois ela identificou grandes perdas nos ambientes de dunas de Fortaleza. Em seu estudo, foram analisados os ambientes de dunas presentes na Praia do Futuro, Praia da Sabiaguaba e o Setor Oeste, nos quais todas as dunas fixas foram quase totalmente perdidas e as dunas móveis apresentaram um pouco mais de área, embora também tenham sofrido perdas drásticas. A praia da Sabiaguaba foi o único local que ainda apresentou valores mais representativos de dunas móveis e fixas, 58% e 42%, respectivamente. Sabe-se que atualmente, as Dunas da Sabiaguaba representam quase que unicamente os ambientes de dunas na cidade de Fortaleza. A partir disso, em comparação com os dados encontrados por Pinheiro (2009) referente ao ano de 1958 e os dados aqui encontrados, pode-se afirmar que esse ambiente perdeu 69% da sua área.

Atualmente, os ecossistemas de dunas presentes na praia da Sabiaguaba são unidades de conservação, o Parque Natural Municipal das Dunas de Sabiaguaba e a APA da Sabiaguaba. Embora sejam protegidos por lei, sofrem com sérios impactos, desde o tráfego de veículos (bugues, motos), a especulação imobiliária, o parcelamento do solo e um dos maiores

danos gerado a este resquício de ecossistema de dunas, a implantação da rodovia CE-010 em 2018. Ela corta a base da duna móvel, logo, a areia se movimenta em direção a rodovia, e ao longo desses anos, esta areia que vai tomando a rodovia é retirada pelo órgão estadual responsável, dessa forma, alterando a dinâmica natural do ambiente (FORTALEZA, 2010; FORTALEZA, 2020; MOTA; MEDEIROS, 2021).

A Mata Ciliar normalmente ocorre nas margens dos rios ou em terrenos alagadiços. Dessa forma, a vegetação consegue ter um porte maior e as árvores são perenifólias. No Ceará, uma característica interessante desses ambientes são os Carnaubais, ambientes em que ocorrem predominantemente a espécie *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore (MORO *et al*, 2015). Em Fortaleza, pode-se destacar ocorrência dessa vegetação nas margens dos rios, como o rio Maranguapinho (lado oeste) e o rio Cocó (lado leste), que cortam a cidade, e nas margens das diversas lagoas que se formaram ao longo dos anos, em virtude da morfologia dos tabuleiros costeiros que facilitou a existência de reservatórios de águas paradas no município (CLAUDINO-SALES, 2005).

Infelizmente, a cobertura vegetal que deveria margear os rios que adentram Fortaleza, são severamente impactadas com o avanço da urbanização, tanto o rio Maranguapinho, que praticamente não tem vegetação em sua margem, quanto o rio Cocó (CEARÁ, 2016; FORTALEZA, 2020). As lagoas também sofrem com os impactos da urbanização, ao longo do tempo, muitas delas foram erradicadas da paisagem urbana e, conseqüentemente, a vegetação que as margeavam também foram sumindo (CLAUDINO-SALES, 2005).

No que se refere aos Manguezais, florestas alagadas especializadas que ocorrem em regiões de estuários tropicais, um fato de grande importância ecológica que influencia o manguezal é o fluxo das marés, pois gera mudança no nível da água e na salinidade. A vegetação é altamente especializada, pois precisa suportar altos níveis de salinidade (halófilas). O manguezal é muito importante para a conservação, pois ele é considerado um berçário para vários animais (MORO *et al*, 2015). Em Fortaleza, essa vegetação de mangue ocorre no estuário do rio Ceará e no rio Cocó, e numa pequena área do manguezal do Rio Pacoti que adentra o território de Fortaleza, todavia, a maior parte fica no município de Aquiraz.

Tanto o manguezal do rio Ceará quanto o do rio Cocó, em décadas passadas, sofreram com a presença de salinas em sua área, hoje, essas áreas passam por processo de recuperação natural, contudo, outros impactos foram surgindo (GOMES, 2020; FORTALEZA, 2020). O rio Ceará sofre principalmente com o despejo incorreto de poluentes, desde efluentes a lixo e moradias irregulares (GOMES, 2020). E o rio Cocó, por sua vez, enfrenta a pressão do

crescimento urbano, sobretudo a implantação de vias, fragmentando a floresta de mangue (FORTALEZA, 2020).

6.2 A distribuição da cobertura vegetal e das áreas verdes em Fortaleza

A partir do índice de cobertura vegetal (ICV), verificou-se que o processo de crescimento e adensamento urbano priorizou na infraestrutura urbana o concreto e o asfalto, já que restaram poucas áreas para a cobertura vegetal. Além de observar que em Fortaleza quanto maior a densidade demográfica menor a cobertura vegetal entre a maioria dos bairros. Ademais, entende-se que quanto maior o adensamento populacional, menor, mais fragmentada, sem conectividade e em menores unidades ocorrem áreas com cobertura vegetal (FERREIRA; MONTEIRO; PAULA, 2019). Bairros do centro e da sua proximidade, e das regiões oeste-sul deixam nítido a distribuição dos baixos ICV, além de deixar visível a influência do Parque Estadual do Cocó como a maior área de vegetação contínua de Fortaleza, já que os bairros das regiões leste-sul apresentam os melhores ICV. Vale ressaltar, que maior parte dessas áreas verdes nos bairros mais pobres não são espaços públicos destinados ao lazer.

De acordo com Oke (1973 *apud* NUCCI 2008), para que as áreas urbanas mantenham um equilíbrio e tenham uma qualidade ambiental, é recomendado que seja destinada da sua área total, no mínimo 30% do espaço para a cobertura vegetal, sendo assim, em Fortaleza o índice de cobertura vegetal ideal seria algo entorno de 35m²/hab, longe do resultado obtido, que foi de 13,61 m²/hab. Em outros estudos foram obtidos resultados como: 108,4m²/hab em Curitiba, Paraná (GRISE; BIONDI; ARAKI, 2018); 9,57m²/hab em Mossoró, Rio Grande do Norte (ARRUDA *et al*, 2013) e 1,9m²/hab em Santa Terezinha de Itaipu, Paraná (SILVA, 2014), sendo possível observar que esses resultados podem variar muito, pois o que vai indicar uma boa qualidade ambiental é a relação da área estudada com a quantidade de cobertura vegetal e o tamanho da população. Embora Fortaleza apresente dados bem inferiores ao desejado, ainda há espaço para recuperar a cobertura vegetal do município, visto que de acordo com o mapeamento existem muitas áreas classificadas como ambientes de vegetação degradada, mas que ainda não foram urbanizadas. Mais ainda, há vários fragmentos florestais que ainda não estão legalmente protegidos e que poderiam ser incorporados ao mosaico de UCs da cidade (por exemplo, o fragmento de Mata Seca mapeado pelo estudo).

O índice de áreas verdes (IAV), por outro lado, apresentou uma distribuição um pouco mais homogênea entre os bairros, embora ainda esteja longe do desejável. Também foi possível observar essa relação do adensamento populacional com a distribuição das áreas verdes,

sendo possível identificar que os bairros menos populosos possuem maiores IAV. Xavier-Sampaio (2019), em seu estudo sobre as praças e a quantidade de cobertura vegetal presente nelas, em Fortaleza, concluiu que esses equipamentos públicos são mais presentes em bairros com Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) maiores, onde há uma população com maior renda média. Assim, revelando que no geral, bairros pobres recebem menos praças que os ricos, porém, há exceções, como Varjota, que é um bairro rico e apresentou índices muito baixos, já o Conjunto Ceará, que é de baixa renda, mas foi planejado apresentou uma melhor qualidade ambiental. Ademais, como afirma Nucci (2008), no Brasil é observado que as praças não apresentam boa qualidade ambiental, pois muitas não têm sequer uma árvore, essa realidade é aplicada às praças da cidade de Fortaleza.

Além disso, os bairros que apresentaram melhores IAV, devem esse valor à presença dos parques urbanos (PU), que normalmente apresentam áreas bem maiores e uma qualidade vegetal também. Alguns PU apresentam essa característica de possuir uma boa cobertura vegetal, em virtude da sobreposição de Unidades de Conservação, são os casos do: PU Raquel de Queiroz e a ARIE da Matinha do Pici; o PU Lagoa da Maraponga e a APA da Lagoa da Maraponga; o PU Adahil Barreto e o Parque Estadual do Cocó e o PU Lagoa da Sapiranga e a APA de Sabiaguaba.

De forma geral, foi possível observar que ambos os índices variaram muito, demonstrando assim uma distribuição irregular tanto da cobertura vegetal como das praças nos bairros de Fortaleza, podendo-se encontrar bairros com valores iguais a zero. Em convergência a esses resultados, o Projeto MapBiomias (2021), analisou entre os anos de 1985-2020, a perda anual de vegetação nativa entre as capitais do Brasil, e Fortaleza apresenta-se em segundo lugar entre as capitais. Além disso, Fortaleza está em terceiro lugar entre as cidades que mais avançaram a ocupação urbana pressionando os rios.

Ademais, um estudo realizado pelo Fórum Clima Salvador (VILELA; MACHADO; DANTAS, 2021), apresentou dados preocupantes com relação a emissão de carbono entre as capitais nordestinas, referente ao ano de 2018. Onde a cidade de Fortaleza apresentou-se em segundo lugar entre as nove capitais, com emissões de CO₂ superando a marca de 3,9 toneladas, para mais, Fortaleza aparece com o menor valor de remoção dos gases do efeito estufa entre as capitais. Vale ressaltar que Fortaleza, em 2021, aderiu a Campanha *Race to Zero* (Correndo ao Zero), promovida pela ONU, que tem como meta zerar as emissões líquidas de gases de efeito estufa até 2050. Com a adesão o município assume que irá se comprometer com a criação de ruas verdes, reduções da poluição do ar e o desenvolvimento de edifícios com zero carbono (RAULINO, 2021).

Esses resultados deixam evidente que a qualidade ambiental da cidade de Fortaleza encontra-se em estado crítico, logo, os benefícios que os ambientes verdes urbanos proporcionam tanto para as pessoas, como para a conservação da natureza, não estão sendo cumpridos.

6.3 É possível conservar a biodiversidade urbana de Fortaleza

Apesar de Fortaleza já ter uma matriz urbana bem consolidada, verificou-se que a partir dos resultados obtidos, é possível delimitar corredores ecológicos e, conseqüentemente, usá-los como ferramenta de conservação da biodiversidade urbana. Para isso, é fundamental partir do entendimento de que para planejar a paisagem, com relação à natureza, está se falando principalmente da vegetação. É a partir dela que muitos problemas serão amenizados ou resolvidos.

Portanto, a cobertura vegetal, em termos qualitativos, considera os aspectos de quais árvores estão se plantando, se estas, estão ajudando na conservação da biodiversidade nativa, os cuidados necessários para manutenção das árvores quando jovens, e quando adultas a cautela com relação as podas. Em termos quantitativos, é necessário avaliar se o número de árvores está atendendo as necessidades do ambiente, como reserva de carbono, melhoria da qualidade do ar, infiltração do solo. E também sua distribuição espacial no ambiente urbano, considerando os benefícios sociais – uma distribuição justa entre os bairros, e ecológicos – fornecendo conectividade entre os fragmentos de vegetação. Esses fatores, são exemplos que devem ser cuidadosamente considerados no planejamento urbano (NUCCI, 2010).

Por se tratar de ambiente urbano, os corredores ecológicos também foram pensados levando-se em conta a qualidade que estes poderiam proporcionar à população, já que o aumento da urbanização exige abordagens holísticas que consideram as pessoas e a biodiversidade no planejamento e gestão de paisagens urbanas, integrando as pessoas e a perspectiva da fauna urbana (GRAVIOLA; RIBEIRO; PENA, 2021). Por isso, na modelagem, além das variáveis normalmente utilizadas, se fez uso das praças, da malha viária e das ciclovias/faixas, que podem abrigar corredores de árvores e auxiliar na conservação da biodiversidade, como também proporcionar benefícios à sociedade. Ademais, o trabalho modelou corredores conectando as UCs e os Parques Urbanos de Fortaleza de forma generalista - ou seja, não idealizou uma espécie específica para os corredores.

Devido ao tempo e a limitação de recursos, não foi possível coletar informações de campo, bem como sugere Graviola; Ribeiro; Pena (2021). Por isso, dados sobre as áreas onde

ocorrem agricultura urbana, por exemplo, não foram usados, embora a prefeitura disponibilize alguns polígonos de ocorrência dessa atividade, optou-se por não usar, por observar uma falta de precisão ou de atualização nos dados. Outro dado importante que pode ser utilizado, com relação a população, é saber quais locais a população gostaria de caminhar, andar de bicicleta. A coleta dessas informações e de outras poderia ter fornecido uma base de dados mais detalhada e com maior confiabilidade para a avaliação do custo da permeabilidade da área urbana, melhorando a qualidade da simulação dos corredores.

Outro fator que deve ser levado em consideração ao avaliar a permeabilidade urbana são as dimensões políticas, uma vez que estas vão moldar ao longo do tempo a paisagem urbana e, por conseguinte, a movimentação das espécies (BHAKTI, *et al.* 2021). Em Fortaleza, o Plano Diretor (FORTALEZA, 2009), dentro do seu planejamento prioritário e estratégico para a cidade, visa a criação de corredores ecológicos, para garantir a interconexão entre os fragmentos de vegetação e a fauna da cidade, como também, a criação de UCs e de áreas verdes. Apesar disso, os corredores ecológicos modelados apresentaram uma conectividade entre os fragmentos verdes em sua maior parte com alto custo, evidenciando assim, que a infraestrutura verde ao longo da cidade não está sendo eficiente.

Atualmente, o conhecimento já desenvolvido por especialistas pode guiar o planejamento de infraestrutura verde e corredores ecológicos. A urbanização tem efeitos negativos nas interações planta-animal, reduzindo a riqueza das plantas e aumentando limitações na origem das espécies (SILVA, 2018). No entanto, é possível restaurar essas áreas, e a escolha das espécies de vegetais podem ser selecionadas com base nos recursos que fornecem e suas relações com os animais. Sabendo que um dos maiores beneficiários desses ambientes de corredores é a fauna urbana (GRAVIOLA; RIBEIRO; PENA, 2021).

A literatura destaca que ambientes urbanos bem arborizados têm uma influência positiva na biodiversidade, principalmente em áreas com predomínio de árvores nativas. Por exemplo, Maruyana *et al.* (2019) observou a preferência de beija-flores em polinizar árvores nativas na cidade de Uberlândia, Minas Gerais, e Silva (2018) identificou que a espécie de árvore *Ceiba pubiflora* (paineira-rosa), que tem uma floração durante a época seca, é uma importante fonte de alimento para os pássaros durante essa época na cidade de Ilha Solteira, São Paulo. Portanto, a escolha das espécies deve ser feita levando em consideração seu efeito potencial sobre plantas nativas e outros polinizadores que persistem naturalmente no ambiente urbano.

De acordo com o levantamento arbóreo realizado por Moro e Castro (2015), em Fortaleza, foi possível observar a predominância de espécies exóticas na arborização, embora

o status exótico, inicialmente não seja um problema na manutenção da biodiversidade urbana, porém, é sabido da existência de muitas plantas nativas com grande potencial para uso ornamental. O trabalho também destaca que espécies com potencial invasor são disseminadas na cidade, como, a *Azadirachta indica* (nim) e outras. À vista disso, a adoção de espécies nativas, apresenta no paisagismo urbano uma relevante contribuição para restaurar a biodiversidade das cidades e o funcionamento dos ecossistemas.

Barbosa *et al.* (2021), em sua pesquisa realizada sobre abelhas nativas e sua relação com a cobertura vegetal, coletou abelhas em ambientes urbanos, como: solo exposto, estradas, áreas construídas, e detectou o acúmulo de metais tóxicos e metalóides nas abelhas nativas. Os autores destacam a importância de corredores ecológicos principalmente no entorno das áreas agrícolas e urbanas, além de aumentar as áreas verdes dentro de regiões urbanas, como forma amenizar os danos causados.

Os insetos não passam despercebidos na comunidade ecológica, Estrada *et al.* (2014), em seu estudo sobre a influência das áreas verdes urbanas sobre a mirmecofauna, concluiu que quanto maior a densidade de espécies de árvores nas áreas verdes urbanas maior a diversidade de formigas arborícolas na área. Dessa forma, compreende-se que mais cobertura vegetal, e conseqüentemente, mais áreas verdes urbanas são essenciais, não só para conectar os fragmentos de vegetação, mas também, para manter saudável a vida de todos os seres que sobrevivem no meio urbano, além de garantir a diversidade entre os organismos.

Os corredores ecológicos podem ser multifuncionais, ou seja, eles podem integrar diferentes usos do solo urbano e trazer outros benefícios (BHAKTI *et al.* 2021). Por exemplo, as praças e ruas quando bem planejadas podem gerar fonte de comida, segurança e mobilidade urbana. Assim sendo, as áreas verdes, as manchas de habitat natural (floresta ou não) e as ruas com árvores podem garantir a manutenção da biodiversidade e promover ambientes saudáveis para a população humana (ARONSON *et al.* 2017). Para tanto, é necessário um planejamento multidisciplinar, já que vai interferir em várias questões na cidade, desde a infraestrutura cinza a verde. Ações como estas são fundamentais para que as cidades cresçam de forma sustentável, indo ao encontro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Além do mais, vale ressaltar a necessidade de observar os remanescentes florestais que não se encontram protegidos e as áreas com potencial para restauração, que podem ajudar nessa manutenção da biodiversidade urbana.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cobertura vegetal de uma cidade é extremamente importante para ajudar a estabelecer um equilíbrio em um ambiente altamente perturbado, como os meios urbanos. O verde urbano proporciona benefícios tanto aos seres humanos quanto aos outros seres vivos, e até mesmo melhora as condições do meio físico da zona urbana.

Mas, não basta plantar árvores, é preciso saber que tipo de árvore plantar, entender quais são as espécies que melhor se adaptam ao ambiente. Por isso, esse estudo identificou quais os principais tipos de ecossistemas que existiam e existem na cidade de Fortaleza. Todo esse processo de conhecer as Unidades Fitoecológicas do município é fundamental para conservar a biodiversidade urbana. Apesar da maior parte do território de Fortaleza estar coberto por concreto, o trabalho observou que ainda é possível recuperar parcialmente a cobertura vegetal com suas diferentes vegetações. Porém, esse processo de recuperação deve começar logo, pois é notório que essas áreas sofrem grandes pressões para tornarem-se áreas com construções.

Ademais, foi levantado uma base de dados sobre as unidades de conservação, os parques urbanos, as praças, a malha viária, as ciclovias/faixas, os corpos hídricos (rios e lagoas) e as áreas de APP. Essa base de dado foi essencial para o desenvolvimento do trabalho, já que os dados adquiridos proporcionaram desde a elaboração dos ICV e o IAV, além de possibilitar a modelagem dos corredores ecológicos.

Os índices que foram analisados, demonstraram que a cidade de Fortaleza além de ter um baixo de ICV de forma geral, mostrou que a cobertura vegetal é mais presente em bairros onde a população é menor. Já o IAV, também apresentou um resultado muito baixo, e a distribuição das áreas verdes apresentam-se um pouco mais heterogênea em relação com o adensamento populacional, embora, também seja visível um viés a ocorrer em bairros com menor população.

Os corredores ecológicos conectando as unidades de conservação e os parques urbanos entre si, usando a infraestrutura verde da cidade apresentou um resultado positivo. Deixou evidente que ainda é possível interligar os fragmentos verdes. Contudo, se faz necessário um esforço dos responsáveis pela gestão desses ambientes para construir uma Fortaleza mais sustentável e, conseqüentemente, que proteja sua biodiversidade urbana.

Portanto, a partir dos resultados obtidos compreende-se que Fortaleza perdeu grande parte da sua cobertura vegetal e, em consequência, parte relevante da sua biodiversidade. Apesar disso, se faz necessário a implementação das políticas públicas já existentes, bem como

a criação, mas principalmente a manutenção das unidades de conservação, parques urbanos e praças e um sistema de malha viária que permita o plantio de árvores que ajudem conectar os fragmentos verdes ainda existentes na cidade. Além disso, é imprescindível a disponibilização de formações aos profissionais responsáveis sobre o plantio de espécies nativas que auxiliam na conservação da biodiversidade.

Por fim, este trabalho de término de curso forneceu elementos suficientes para refletir e ajudar a agir no âmbito ambiental na cidade de Fortaleza. Espera-se que com esse trabalho os gestores ambientais e todos aqueles que possuem alguma autoridade ou influência de alguma forma no município, considerem as análises aqui apresentadas e busquem melhorias para cidade.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, A. C. **Delineamento e avaliação de corredores lineares multi-habitat**: estudo de caso com o bugio-ruivo (*Alouatta clamitans*) em mosaico urbano-rural. 2010. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/30203> . Acesso em: 22 de jun.2020.
- ARONSON, M. F. J *et al.* Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 15, p. 189-196, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/fee.1480> Acesso em: 28 set. 2021.
- ARRUDA, L. E. V. *et al.* Índice de área verde e de cobertura vegetal no perímetro urbano central do município de Mossoró-RN. **Revista Verde** (Mossoró – RN - BRASIL), v. 8, n. 2, p.13 – 17 abr - jun, 2013. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7395432.pdf> . Acesso em: 15 de out. 2020.
- ARRUDA, M. B.; SÁ, L. F. S. N. (Org.). **Corredores Ecológicos**: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil. Brasília: MMA/Ibama, 2003. 220 p. Disponível em: <http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/gestao/3434-corredores-ecologicos-uma-abordagem-integradora-de-ecossistemas-no-brasil>. Acesso em: 22 de jun. 2020.
- BARBOSA, M.M. *et al.* Effects of native forest and human-modified land covers on the accumulation of toxic metals and metalloids in the tropical bee *Tetragonisca angustula*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. 2021. v. 215. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112147>. Acesso em: 28 de dez. 2021.
- BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure**: linking landscapes and communities. Washington: Island Press, 2006.
- BENTO, S. C. *et al.* As novas diretrizes e a importância do planejamento urbano para o desenvolvimento de cidades sustentáveis. **Rev. Gest. Ambient. Sustentabilidade**, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 469-488, set./dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/geas.v7i3.1342>. Acesso em: 28 de out. 2020.
- BHAKTI, T. *et al.* Combining land cover, animal behavior, and master plan regulations to assess landscape permeability for birds. **Landscape and Urban Planning**. v. 214, n. 1041751, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104171>. Acesso em: 21jun. 2021.
- BIONDI, D. Floresta Urbana: Conceitos e Terminologias. In: BIONDI, D. (ed.). **Floresta Urbana**. Curitiba: O Autor, 2015. 202p.
- BISPO, C. de O. **Suscetibilidade natural e induzida à ocorrência de escorregamentos no litoral norte de Maceió, Alagoas**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/32077> . Acesso em: 24 set. 2021.

BRASIL. **Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências - SNUC. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 de jul. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm . Acesso em: 27 de out. 2020.

BRASIL. **Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 de jul. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso em: 27 de out. 2020.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm . Acesso em: 24 set. 2021

BRASIL. **LEI Nº 9.605, DE 12 DE FEVEREIRO DE 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm Acesso em: 30 set. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Biodiversidade Brasileira.** Brasília: MMA, 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira.html>. Acesso em: 20 de out. 2020

BRITALDO, S. S. F. **Análise de paisagem:** fragmentação e mudanças. Departamento de cartografia, Centro de sensoriamento remoto - Instituto de geociências - UFMG. Belo Horizonte, 1998. Disponível em: https://csr.ufmg.br/dinamica_utils/download/files/publications/apostila.pdf. Acesso em: 25 de ago. de 2020.

BOMTEMPO, D. C. A dinâmica demográfica da Região Metropolitana de Fortaleza no início do século XXI. In: COSTA, M. C. L.; PEQUENO, R. **Fortaleza:** transformações na ordem urbana. 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrôpoles, 2015. 451p. Disponível em: https://observatoriodasmetrolopes.net.br/arquivos/biblioteca/abook_file/serie_ordemurbana_fortaleza.pdf. Acesso em: 15 de out. 2020

CALEGARI, L. *et al.* Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000500012>. Acesso em: 27 de out. 2020.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Por que geoprocessamento?. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Orgs.). **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos

Campos: INPE, 2001. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 28 de out. 2020.

CASIMIRO, P. C. Estrutura, composição e configuração da Paisagem, Conceitos e princípios para a sua quantificação no âmbito da Ecologia da Paisagem. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, n. 20, p. 75, 2009. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4545376>. Acesso em: 27 de out. 2020.

CEARÁ. Secretaria de Recursos Hídricos. **Relatório de diagnóstico ambiental das Bacias Metropolitanas**. Fortaleza: SRH, 2016. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Relatorio%20Diagnostico%20Ambiental%20das%20Bacias%20Metropolitanas.pdf>. Acesso em: 30 set. 2021.

CEARÁ. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). **Demanda 19 - Zoneamento Ecológico Econômico da Zona Costeira do Ceará**. Fortaleza: Sema, 2021. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2021/10/Diagnostico-do-Meio-Fisico-Versao-Preliminar.pdf>. Acesso em: 06 de out. 2021.

CERQUEIRA, R. *et al.* Fragmentação: alguns conceitos. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. de. **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas** Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.) Brasília: MMA/SBF. p.510, 2003. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/fragment.pdf. Acesso em: 13 de ago. 2020

CLAUDINO-SALES, V. LAGOAS COSTEIRAS NA CULTURA URBANA DA CIDADE DE FORTALEZA, CEARÁ. **Revista da Anpege**. v. 02, p. 89-96, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/299346782_LAGOAS_COSTEIRAS_NA_CULTURA_URBANA_DA_CIDADE_DE_FORTALEZA_CEARA. Acesso em: 09 dez.. 2021.

COELHO, A. L. N. Sistema de informações geográficas (sig) como suporte na elaboração de planos diretores municipais. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 10, n. 30, Jun/2009, p. 93 - 110. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15920/8985>. Acesso em: 28 de out. 2020.

Companhia de Pesquisa de Recursos Naturais - CPRM. **Mapa Geológico Simplificado do Ceará**. IPECE: 2015. Disponível em: http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/Mapa_Geologico_Simplificado_2020.pdf. Acesso em: 25 set. 2021.

CONSERVATION INTERNATIONAL. **Designing Sustainable Landscapes: The Brazilian Atlantic Forest**. 2000. Disponível em: <https://www.conservation.org/docs/default-source/brasil/Planejamento-de-paisagens-sustentaveis.pdf>. Acesso em: 27 out. 2020.

COSTA, A. T.; CLAUDINO-SALES, V. “OS VULCÕES CEARENSES” GÊNESE E EVOLUÇÃO DOS RELEVOS VULCÂNICOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA, CEARÁ. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 37, N. 1, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/239442>. Acesso em: 29 set. 2021.

COSTA, M. C. L. Urbanização da sociedade fortalezense. **Revista do Instituto do Ceará** – 2008 p. 183 – 204. Disponível em: https://www.institutodoceara.org.br/revista/Rev-apresentacao/RevPorAno/2008/08-Art_Urbanizacaodasociedadefortalezense.pdf. Acesso em: 05 de out. 2021.

COSTA, M. C. L. Fortaleza, capital do Ceará: transformações no espaço urbano ao longo do século XIX. **Revista do Instituto do Ceará** - 2014 p. 81-111. Disponível em: https://institutodoceara.org.br/revista/Rev-apresentacao/RevPorAno/2014/03_FortalezacapitaldoCeara.pdf Acesso em: 05 de out. 2021.

COSTA, M. C. L.; AMORA, Z. B. Fortaleza na rede urbana brasileira: de cidade à metrópole. In: COSTA, M. C. L.; PEQUENO, R. (eds.). **Fortaleza: transformações na ordem urbana**. 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrópoles, 2015. 451p. Disponível em: https://observatoriodasmetrosoles.net.br/arquivos/biblioteca/abook_file/serie_ordemurbana_fortaleza.pdf . Acesso em: 15 de out. 2020

COX, C. B.; MOORE, P. D. **Biogeografia: uma abordagem ecológica e evolucionária**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. xii, 398 p. ISBN 9788521616634 (broch.).

ESTRADA, M.A. *et al.* Influência de Áreas Verdes Urbanas sobre a Mirmecofauna. **Floresta e Ambiente**, 2014. v. 21, p. 162-169. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.035>. Acesso em: 22 de jun. 2020.

FAO; UNEP. The State of the World's Forests 2020. **Forests, biodiversity and people**. Rome, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca8642en> Acesso em: 13 de abr. 2021.

FARIAS, A. R. *et al.* **Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil**. Campinas, SP: Embrapa, 2017. (Comunicado Técnico, 6). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176016/1/20170522-COT-4.pdf>. Acesso em: 30 de set. 2021.

FARINA, F. C.. Abordagem sobre as técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento e gestão urbana. **Cadernos EBAPE.BR**, vol. 4, n. 4, p. 01-16, dez. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1679-39512006000400007> . Acesso em: 28 de out. 2020.

FERREIRA, C. DE C. M.; MONTEIRO A.; PAULA, I. F. M. DE. Áreas verdes e desigualdades sociais em um município de médio porte no Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 56, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n56p221>. Acesso em: 08 dez. 2021.

FIREHOCK, K. **A short history of the term green infrastructure and selected literature**. 2010. Disponível em: <http://www.gicinc.org/PDFs/GI%20History.pdf> Acesso em: 29 set. 2021

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FONSECA, G. A. B. DA *et al.* Corredores de Biodiversidade: O Corredor Central da Mata Atlântica. In.: ARRUDA, M. B.; SÁ, L. F. S. N. de. (Org.). **Corredores Ecológicos: uma**

abordagem integradora de ecossistemas no Brasil. Brasília: Ibama - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 2003. 191 p. Disponível em: <http://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/gestao/3434-corredores-ecologicos-uma-abordagem-integradora-de-ecossistemas-no-brasil>. Acesso em: 22 de jun. 2020.

FORTALEZA. **Lei Complementar nº 062, de 02 de fevereiro de 2009**. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza e dá outras providências. Fortaleza, 2009. Disponível em: https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/catalogodeservico/pdp_com_alteracoes_da_lc_0108.pdf. Acesso em: 24 set. 2021.

FORTALEZA. **A cidade, Fortaleza**. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/a-cidade>. Acesso em: 10 de out. de 2020.

FORTALEZA. **Fortaleza em Mapas, Fortaleza, 2020**. Disponível em: <https://mapas.fortaleza.ce.gov.br/#/>. Acesso em: 22 de ago. 2020

FORTALEZA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza Convênio de Cooperação Técnica Entre Companhia De Água E Esgoto Do Ceará – Cagece e Agência Reguladora de Fortaleza – Acfor - RELATÓRIO DE ANDAMENTO E DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**. Fortaleza: SEUMA, 2014. Disponível em: https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/diagnostico_de_abastecimento_de_agua.pdf Acesso em: 30 set. 2021.

FORTALEZA. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **Plano de Manejo do Parque Natural Municipal das Dunas de Sabiaguaba e da Área de Proteção Ambiental de Sabiaguaba**. Fortaleza: SEMA, 2010. Disponível em: https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meioambiente/planejamento/plano_de_manejo_da_sabiaguaba.pdf . Acesso em: 20 set. 2021.

FORTALEZA. Secretaria Estadual de Meio de Ambiente. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Cocó**. Fortaleza: SEMA. 2020. Disponível em: https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2021/03/PMPC_01.pdf Acesso em: 30 set. 2021.

FROTA, N. T. S.; QUEIROZ, C. F.; GONÇALVES, F. L. Parque urbano Lagoa da Viúva: desafios e conquistas no grande Bom Jardim. Regime urbanos e governanças metropolitana. In: Encontro nacional de rede observatório das metrópoles, 2017. **Anais...** Natal - RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017. Disponível em: https://cchla.ufrn.br/rmnatal/evento_2017/anais/ST6/parque_urbano.pdf Acesso em: 09 out. 2021.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, FUNCEME. **Unidades Fitoecológicas**. Estado do Ceará: FUNCEME, 2018. Disponível em: http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2019/02/15-Mapa_CE_Fitoecologico_A2.pdf. Acesso em: 25 set. 2021.

FUNDO DE POPULAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - UNFPA. **Situação da população mundial 2007**: Desencadeando o Potencial do Crescimento Urbano. Nova Iorque, 2007. Disponível em: <http://www.unfpa.org.br/Arquivos/swop2007.pdf>. Acesso em: 16 de out. 2020.

FURTADO, L. S. *et al.* Impactos ambientais oriundos do crescimento urbano/demográfico: um estudo no bairro da Pedreira, Belém/PA. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. v. 11, n. 7, p. 484-500, 2020. Disponível em: <http://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2020.007.0039/2399>. Acesso em: 29 de dez. 2021.

GALINKIN, M. *et al.* Projeto Corredor Ecológico Araguaia-Bananal. *In.*: ARRUDA, M. B.; SÁ, L. F. S. N. de. (Org.). **Corredores Ecológicos**: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil. Brasília: Ibama - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. p. 19, 2003. Disponível em: <http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/gestao/3434-corredores-ecologicos-uma-abordagem-integradora-de-ecossistemas-no-brasil>. Acesso em: 22 de jun. 2020.

GIRÃO, R. **Pequena história do Ceará**. 4ª ed. rev. e atual. Fortaleza, Edições Universidade Federal do Ceará, 1984. p. 294. Disponível em: http://www.raimundogirao.com.br/pdf/Raimundo_Girao_-_Pequena_Historia_do_Ceara.pdf. Acesso em: 30 dez. 2021

GOMES, B. A. C. Análise dos impactos ambientais ocorridos pela ocupação irregular no manguezal do estuário do rio Ceará -Fortaleza, CE. **Revista Ensaios de Geografia**. Niterói, vol. 6, nº 11, pp. 11-31, maio-agosto de 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/eg.v6i11.36346>. Acesso em: 09 dez. 2021.

GONCHOROSKY, J.; BRITO, F.A. Projeto Corredor de Biodiversidade de Santa Maria – Paraná. *In.*: ARRUDA, M. B.; SÁ, L. F. S. N. de. (Org.). **Corredores Ecológicos**: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil. Brasília: Ibama - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. p. 19, 2003. Disponível em: <http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/gestao/3434-corredores-ecologicos-uma-abordagem-integradora-de-ecossistemas-no-brasil>. Acesso em: 22 de jun. 2020.

GRAVIOLA, G.R., RIBEIRO, M.C.; PENA, J.C. Reconciling humans and birds when designing ecological corridors and parks within urban landscapes. **Ambio** **51**, 253–268 (2022). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01551-9> Acesso em: 26 set. 2021.

GRISE, M. M.; BIONDI, D.; ARAKI, H. Índices espaciais da floresta urbana de Curitiba-PR. **REVSBAU**, Curitiba – PR, v. 13, n. 4, p. 01-14, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v13i4.64852>. Acesso em: 09 dez..2021

GROSS, T.; JOHNSTON, S.; BARBER, C.V. **A Convenção sobre Diversidade Biológica**: Entendendo e Influenciando o Processo. Um Guia Para Entender e Participar Efetivamente da oitava reunião da Conferência das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica. Instituto de Estudos Avançados da Universidade das Nações Unidas. Nov. 2005.

GUILHERME, F. P. DE S, REOLON, C. A. Áreas verdes urbanas: uma análise a partir do Índice de Áreas Verdes (IAV). **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 11, n. 2, p. 180-192, ago./dez. 2020. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj0iILm9Ob0AhUXppUCHYNeD8YQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fseer.ufu.br%2Findex.php%2Fbraziliangeojournal%2Farticle%2Fview%2F59175%2F30944&usg=AOvVaw2ctjxwMxhBOPWHc8PdTlrF>. Acesso em: 24 set. 2021

HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. de C. S.; TAVARES, A. R. ÍNDICES DE ÁREA VERDE E COBERTURA VEGETAL PARA AS PRAÇAS DO MUNICÍPIO DE VINHEDO, SP. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n.2 p. 277-282, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n2/a15v30n2> . Acesso em: 04 de out. 2020.

HESS, G.R.; FISCHER, R.A. Communicating clearly about conservations Corridors. **Landscape and Urban Planning**, v. 55, ed. 3, p. 195-208, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00155-4](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00155-4) . Acesso em: 27 de out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama das cidades, 2020**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama> . Acesso em: 10 de out. de 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Perfil municipal 2017 - Fortaleza**. Fortaleza: IPECE, 2018. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Fortaleza_2017. Acesso em: 26 set. 2021.

INSTITUTO SUMAÚMA. **Proposta de Criação do Corredor Ecológico Urbano Sauim de Coleira. Manaus, 2015**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/13596595-Proposta-de-criacao-do-corredor-ecologico-urbano-sauim-de-coleira.html> . Acesso em: 22 de jun. 2020.

KUDO, S. A; PEREIRA, H. S.; SILVA, C. P. da. A proteção jurídica dos fragmentos florestais urbanos: um estudo da paisagem e da legislação ambiental e urbanística da cidade de Manaus. **Revista Desenvol. Meio Ambiente**, v. 38, p. 521-540, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v38i0.42687> . Acesso em: 27 de out. 2020.

LOUZADA, F. M. L. R. de O.; SANTOS, A. R. dos; SILVA, A. G. da (Org.). **Delimitação de corredores ecológicos no Arcgis 9.3**. Alegre: Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES. 50 p. Disponível em: <http://www.mundogeomatica.com.br/DelimitacaoCorredoresEcologicosArcGIS93>. Acesso em: 25 out. 2021.

MACHADO, A. R. *et al.* **Guia Metodológico para Implantação de Infraestrutura Verde**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.ipt.br/download.php?filename=1936-Guia_metodologico_para_implantacao_de_infraestrutura_verde.pdf . Acesso em: 22 de ago. 2020.

MARUYAMA, P. K. *et al.* Plant-hummingbird interaction networks in urban areas: Generalization and the importance of trees with specialized flowers as a nectar resource for

pollinator conservation. **Biological Conservation**, v. 230, p. 187-194, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.12.012>. Acesso em: 19 jun. 2020.

MATOS, F. de O.; VASCONCELOS, F. P. O Litoral de Fortaleza e o planejamento urbano na primeira metade do século XIX a partir das plantas de Silva Paulet e Simões de Farias. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 63, n. 4, p. 489-499, dez. 2011. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/49217/26182>. Acesso em: 04 out. 2021

MATTOS, K.A. Pensando o desenho ambiental: um estudo sobre os espaços verdes ao longo do Ribeirão Lavapés em Botucatu (SP). **Revista LABVERDE**. FAUUSP. São Paulo, v. 10, n. 01, e171416, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.labverde.2020.171416>. Acesso em: 29 set. 2021.

MENEGAT, R.; ALMEIDA, G. 2004. Ecologia de paisagem: um novo enfoque na gestão dos sistemas da terra e do homem. **Desenvolvimento sustentável e estratégias para a gestão ambiental**. Porto Alegre, Edufrgs, p. 361-376, 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283349539> . Acesso em: 25 de ago. de 2020.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens?. **Biota Neotropica**, Campinas, SP, v. 1, n.1/2, p. 1-9, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>. Acesso em: 25 de ago. de 2020.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: JUNIOR, L. C.; PADUA, C. V. P.; RUDRAN, R. (Orgs.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2. ed. rev. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná, 2006. 652 p.

MORO, M.F.; CASTRO, A.S.F. A check list of plant species in the urban forestry of Fortaleza, Brazil: Where are the native species in the country of megadiversity? **Urban Ecosyst**. 2015, v. 18, p. 47–71. Disponível em: DOI:10.1007/s11252-014-0380-1. Acesso em: 09 de set. de 2020.

MORO, M. F. *et al.* Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 3, p. 717-743, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-78602015000300717&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 10 de out. de 2020.

MORO, M.F.; CASTRO, A.S.F.; ARAÚJO, F.S. Composição florística e estrutura de um fragmento de vegetação savânica sobre os tabuleiros pré- litorâneos na zona urbana de Fortaleza, Ceará. **Rodriguésia**. 2011, v. 62, n. 2, 407-423. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201162214>. Acesso em: 29 set. 2021.

MOTA, A. B. M. G.; MEDEIROS, E. C. C. Direito, sustentabilidade e o desenvolvimento econômico e social: reflexões sobre a preservação das dunas milenares no bairro Sabiaguaba, em Fortaleza - Ceará. In: XIV SEMANA DO MEIO AMBIENTE, v.1, Fortaleza, 2021, **Anais...** Disponível em: <https://www.unifor.br/documents/20143/4845162/GT3-Andrea+Bezerra+de+Melo+Girao+Mota+e+Elania+Cavalcante+Cunha.pdf> Acesso em: 30 set. 2021.

NUCCI, J. C. (Org.). **Planejamento da Paisagem como subsídio para a participação popular no desenvolvimento urbano**. Estudo aplicado ao bairro de Santa Felicidade – Curitiba/PR. Curitiba: LABS/DGEOG/UFPR, 2010. 277 p. Disponível em: <https://DOI:10.22350/9786559172726>. Acesso em: 13 dez. 2021.

NUCCI, J. C. Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem. **Revista Eletrônica Geografar**, Curitiba, v. 2, n. 1, p.77-99, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/geografar.v2i1.7722>. Acesso em: 25 de ago. de 2020.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2. ed. Curitiba: O Autor, 2008. 150p. Disponível em: <https://tgpusp.files.wordpress.com/2018/05/qualidade-ambiental-e-adensamento-urbano-nucci-2008.pdf>. Acesso em: 25 de ago. de 2020.

NUCCI, J. C.; CAVALHEIRO, F. Cobertura vegetal em áreas urbanas - conceito e método. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), [S. l.], v. 3, n. 2, p. 29-36, 2006. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123361>. Acesso em: 18 out. 2021.

PENTEADO, H. M.; ALVAREZ, C. E. de. Corredores verdes urbanos: estudo da viabilidade de conexão das áreas verdes de Vitória. **Paisagem e Ambiente**, Espírito Santo, n. 24, p. 57-68, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i24p57-68>. Acesso em: 22 de jun. 2020

PEREIRA, V. H. C.; CESTARO, L. A. Corredores ecológicos no Brasil: avaliação sobre os principais critérios utilizados para definição de áreas potenciais. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 17, n. 58, p. 16–33, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/RCG175802>. Acesso em: 27 de out. 2020.

PETALAS, K. V.; MOTA, F. S. B. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES BIOCLIMÁTICAS DA REGIÃO COSTEIRA DO NORDESTE BRASILEIRO: O município de Fortaleza, CE. **Revista Brasileira de Climatologia**, Fortaleza, v. 13, p. 185-201, 2013. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/34904> . Acesso em: 10 de out. de 2020

PINA, G. F. DE. **Análise multicritério na identificação de áreas para a recuperação ecológica no plano de manejo ambiental municipal**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2018. v, 65 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/152440>. Acesso em: 25 out. 2021.

PINHEIRO, M. V. DE A. **Evolução geoambiental e geohistórica das dunas costeiras do município de Fortaleza, Ceará**. Dissertação - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Depto. de Geografia. Fortaleza, 2009. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/8994/1/2009_dis_mvpinheiro.pdf. Acesso em: 25 out. 2021.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina, PR: Rodrigues, 2001. 328 p.

PROJETO MAPBIOMAS. Área urbanizada nos últimos 36 anos. **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra do Brasil** - Coleção 6, 2021. Disponível em: <https://mapbiomas->

br-site.s3.amazonaws.com/MapBiomass_Infra_Urbana_Novembro_2021_04112021_OK.pdf. Acesso em: 09 jan. 2022.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. 5. ed. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2011. xvi, 612 p.

OLIVEIRA, P. P. de; GRATIVOL, A. D.; RUIZ-MIRANDA, C. R. (Org.). **Conservação do mico-leão-dourado: enfrentando os desafios de uma paisagem fragmentada**. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Centro de Biociências e Biotecnologia; Laboratório de Ciências Ambientais, 2008. 200 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315496053_Conservacao_do_mico-leoadourado_enfrentando_os_desafios_de_uma_paisagem_fragmentada. Acesso em: 16 de out. 2020.

ONU - ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasil, 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 14 dez. 2021.

SAATY, T. L. 'Decision making with the analytic hierarchy process', *Int. J. Services Sciences*, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008. Disponível em: doi:10.1504/ijssci.2008.017590 Acesso em: 29 set. 2021.

SALLES, J. C.; SCHIAVINI, I. Estrutura e composição do estrato de regeneração em um fragmento florestal urbano: implicações para a dinâmica e a conservação da comunidade arbórea. **Acta Botanica Brasilica**. vol.21 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000100021>. Acesso em: 27 de out. 2020.

SANTANA, P; COSTA C; LOUREIRO A. Os Sistemas de Informação Geográfica e o planejamento urbano saudável na Amadora. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume Especial Cartogeo 2014, p. 368-389. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4411205/mod_resource/content/2/85560-Texto%20do%20artigo-120433-2-10-20150729.pdf. Acesso em: 28 de out. 2020.

SANTOS, J.de O. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza - CE**. Imprensa Universitária, Fortaleza 2016. p.188. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/22052/1/2016_liv_josantos.pdf. Acesso em: 05 de jan. 2022.

SAQUI, D. **Um novo método wrapper multiobjetivo para seleção de bandas de imagens hiperespectrais**. 2020. Tese (Doutorado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/12308/Tese_Final.pdf?sequence=1. Acesso em: 10 de out. 2020.

SCHMITT, A. Análise de sensibilidade de diretrizes de traçados geométricos de obras lineares utilizando Análise Multicritério em SIG: estudo de caso em trecho ferroviário. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Engenharia Civil. Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/171347>. Acesso em: 24 set. 2021.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF)**. Brasília, 2020. Disponível em: <http://snif.florestal.gov.br/pt-br/dados-complementares/225>. Acesso em: 20 de out. 2020

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF)**. Brasília, 2020. Disponível em: <http://snif.florestal.gov.br/pt-br/conservacao-das-florestas/218>. Acesso em: 20 de out. 2020

SETO, K. C.; GUNERALP, B.; HUTYRA, L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. **PNAS**, vol. 109, n. 40, p. 16083-16088, 2012. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/pnas/109/40/16083.full.pdf>. Acesso em: 29 de dez. 2021.

SILVA, A. V. B. DA. **Índice de Área Verde e Cobertura Vegetal no Município de Santa Terezinha de Itaipu-PR**. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Pós-Graduação Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 35f., 2014. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiTx-6jghttps://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/22878/2/MD_GAMUNI_2014_2_19.pdf. Acesso em: 04 out.. 2020.

SILVA, P. A. Bird-flower interactions in an urban area: *Ceiba pubiflora* provides nectar and promotes biodiversity in the city. **Urban Forestry & Urban Greening**. v. 3, p.42-49, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.10.003>. Acesso em: 19 jun. 2020.

SOUSA, B. A. A. DE *et al.* Análise do crescimento urbano da cidade de Cajazeiras-PB através de imagens do RapidEye. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 65020-65033, sep. 2020. Disponível em: DOI:10.34117/bjdv6n9-075 Acesso em: 09 out. 2020.

SOUZA, D. T. P. de. **Corredores Verdes: uma Abordagem para o seu Planejamento em Municípios Brasileiros de Pequeno Porte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/70902>. Acesso em: 27 de out. 2020.

SOUZA, S. M. de et al. Análise dos fragmentos florestais urbanos da cidade de Vitória – ES. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.8, n.1, p.112-124, 2013a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v8i1.66348>. Acesso em: 27 de out. 2020.

RAULINO, M. Fortaleza adere à Campanha global para zerar as emissões líquidas de gases de efeito estufa até 2050. **Câmara Municipal de Fortaleza**, 2021. Disponível em: <https://www.cmfor.ce.gov.br/2021/08/04/fortaleza-adere-a-campanha-global-para-zerar-as-emissoes-liquidas-de-gases-de-efeito-estufa-ate-2050/>. Acesso em: 08 jan. 2022.

RODRIGUES, N. *et al.* Corredor Ecológico Guaporé/Itenez-Mamoré. *In.*: ARRUDA, M. B.; SÁ, L. F. S. N. de. (Org.). **Corredores Ecológicos: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil**. Brasília: Ibama - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 2003. 191 p. Disponível em: <http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/gestao/3434-corredores->

ecologicos-uma-abordagem-integradora-de-ecossistemas-no-brasil. Acesso em: 22 de jun. 2020.

ROGERS, R. **Cidades para um pequeno planeta**. Portugal: Gustavo Gili, 2016. 196 p.

ROTERMUND, R. M. **Análise e planejamento da floresta urbana enquanto elemento da infraestrutura verde**: estudo aplicado à Bacia do Córrego Judas/ Maria Joaquina, São Paulo. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16135/tde-25072012-155450/pt-br.php>. Acesso em: 22 de jun. 2020.

TEIXEIRA, L. P. *et al.* Quanto da Caatinga está legalmente protegido? Uma análise da cobertura temporal e geográfica das unidades de conservação no semiárido brasileiro. **Acta Botanica Brasilica**. 2021, v. 35, n. 3., p. 473-485. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-33062020abb0492>. Acesso em: 7 de jan. de 2022.

TIMÓTEO, M. I. P. A. **Corredores Verdes como Estratégia de Valorização da Paisagem e Recreio Público**: caso Prático do Ramal Ferroviário de Aljustrel. 2015. Dissertação (Mestrado em Arquitetura Paisagista) - Instituto Superior de Agronomia, Lisboa: ISA, 2015, 107 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/10927>. Acesso em: 27 de out. 2020.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2006. 592 p.

UNITED NATIONS (ONU). **World Urbanization Prospects 2018 - Highlights**. New York, 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/>. Acesso em: 28 de out. 2020.

VALLADARES-PÁDUA, C. *et al.* Combinando Comunidade, Conectividade e Biodiversidade na Restauração da Paisagem do Pontal do Paranapanema como Estratégia de Conservação do Corredor do Rio Paraná. *In.*: ARRUDA, M. B.; SÁ, L. F. S. N. de. (Org.). **Corredores Ecológicos**: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil. Brasília: Ibama - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 2003. 191 p. Disponível em: <http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/gestao/3434-corredores-ecologicos-uma-abordagem-integradora-de-ecossistemas-no-brasil>. Acesso em: 22 de jun. 2020.

VILELA, B.; MACHADO, V.; DANTAS, V. Perda de áreas naturais e o clima nas capitais do nordeste. **Fórum Clima Salvador**, 2021. Disponível em: <https://www.forumclimasalvador.org/publica%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 08 jan. 2022.

XAVIER-SAMPAIO, L. **Verde para que(m) te quero**: análise da relação entre fatores socioeconômicos e a distribuição espacial de praças nos bairros de Fortaleza. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2019. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/55832/1/2019_tcc_lxsampaio.pdf. Acesso em: 24 set. 2021.

**APÊNDICE A – TABELA DE CUSTOS ATRIBUÍDOS NAS VARIÁVEL DE ENTRADA
PARA MODELAGEM DOS CORREDORES ECOLÓGICOS.**

Classe	Custo	Justificativa
	5	São áreas favoráveis à fauna, de forma positiva pode auxiliar na regeneração da cobertura vegetal
Corpos d'água		
	75	Devido a pouca presença de cobertura vegetal, a área não é a mais adequada.
Faixa de praia e Dunas		
UCS		
Vegetação Campestre	1	São área adequadas para integrar CEs
Vegetação Florestal		
Vegetação degradada e arborização introduzida	1	São áreas com potencial para reflorestamento e melhoria da qualidade da arborização urbana
	100	Considerado como barreira para a recuperação ecológica
Área antropizada		
Fragmentos de vegetação	1	Área ideal para a implementação dos corredores ecológicos
Não Fragmentos de vegetação	100	Área não ideal ou com menor adequabilidade
APPs	1	Área ideal ou com potencial para recuperação ecológica
Não APPs	100	Área não ideal ou com menor adequabilidade
Parques Urbanos	1	Área ideal ou com potencial para recuperação ecológica
Não Parques Urbanos	100	Área não ideal ou com menor adequabilidade
Praça e Ciclo faixas/vias	1	Área ideal para implementação de arborização urbana
Não Praça e Ciclo faixas/vias	100	Área menos favorável para implementação de arborização urbana
Malha viária	1	Área ideal para implementação de arborização urbana
Não Malha viária	100	Área menos favorável para implementação de arborização urbana

Fonte: adaptada de Louzada; Santos; Silva, (2010).

**APÊNDICE B – POPULAÇÃO POR BAIROS, A COBERTURA VEGETAL E A
ÁREA VERDE POR BAIROS E OS ÍNDICES DE COBERTURA VEGETAL (ICV) E
DE ÁREAS VERDES (IAV) POR BAIROS DE FORTALEZA - CE**

BAIROS	POPULAÇÃO	SOMA CV (m²)	ICV (m²/hab)	SOMA AV (m²)	IAV (m²/hab)
Aerolândia	12445	58140,67	4,67	4802,35	0,39
Aeroporto	9442	1425812,57	151,01	200404,23	21,22
Aldeota	46411	18013,03	0,39	50916,36	1,10
Alto da Balança	14039	44861,01	3,20	413,19	0,03
Álvaro Weyne	25955	3202,38	0,12	8391,02	0,32
Amadeu Furtado	12821	99,32	0,01	11915,59	0,93
Ancuri	7372	187240,80	25,40	0	0
Antônio Bezerra	28316	71151,27	2,51	187732,72	6,63
Aracapé	21048	167862,68	7,98	0	0
Autran Nunes	23235	15289,55	0,66	62423,83	2,69
Barra do Ceará	79346	58643,85	0,74	45369,53	0,57
Barroso	32701	97314,72	2,98	19242,00	0,59
Bela Vista	18355	1901,41	0,10	19187,55	1,05
Benfica	14193	7205,30	0,51	10713,24	0,75
Boa Vista/Castelão	13418	326651,92	24,34	0	0
Bom Futuro	7016	0	0	850,62	0,12
Bom Jardim	41368	3922,75	0,09	1283,32	0,03

Bonsucesso	45136	29934,01	0,66	0	0
Cais do Porto	24521	2902,08	0,12	6858,92	0,28
Cajazeiras	15862	613765,06	38,69	22438,58	1,41
Cambeba	8353	564505,80	67,58	4515,22	0,54
Canindezinho	45140	205273,44	4,55	6979,69	0,15
Carlito Pamplona	31856	2702,00	0,08	7827,14	0,25
Centro	31268	18213,30	0,58	237477,67	7,59
Cidade 2000	9063	670,39	0,07	14446,39	1,59
Cidade dos Funcionários	20002	25033,52	1,25	41608,48	2,08
Coaçu	7875	296151,51	37,61	2443,48	0,31
Cocó	22450	1266638,64	56,42	61750,21	2,75
Conjunto Ceará I	21058	11208,43	0,53	69149,92	3,28
Conjunto Ceará II	25937	4903,69	0,19	92246,56	3,56
Conjunto Esperança	17973	6404,80	0,36	6202,27	0,35
Couto Fernandes	5763	1501,11	0,26	1698,37	0,29
Cristo Redentor	29271	2101,56	0,07	12102,23	0,41
Curió	8367	9506,82	1,14	778,20	0,09
Damas	11744	3202,37	0,27	32125,18	2,74
Demócrito Rocha	12044	2802,08	0,23	3066,26	0,25

Dendê	6176	264055,50	42,76	18628,14	3,02
Dias Macêdo	13270	202715,84	15,28	15304,89	1,15
Dionísio Torres	17128	3002,17	0,18	22695,43	1,33
Dom Lustosa	14405	43351,74	3,01	165623,84	11,50
Edson Queiroz	24333	5135269,93	211,04	27130,53	1,11
Farias Brito	13216	500,37	0,04	14271,40	1,08
Fátima	25537	118186,63	4,63	66703,13	2,61
Floresta	31657	27220,30	0,86	7212,91	0,23
Granja Lisboa	57017	59095,22	1,04	7373,57	0,13
Granja Portugal	43443	11977,59	0,28	15306,07	0,35
Guajiru	7304	75456,58	10,33	3655,54	0,50
Guararapes	5769	162464,32	28,16	68476,78	11,87
Henrique Jorge	29576	28314,94	0,96	100019,06	3,38
Itaoca	13669	800,59	0,06	0	0
Itaperi	24720	193621,32	7,83	1271,54	0,05
Jacarecanga	15561	9006,63	0,58	7183,95	0,46
Jangurussu	55306	505794,11	9,15	22567,72	0,41
Jardim América	13436	400,30	0,03	8544,88	0,64
Jardim Cearense	11069	6593,02	0,60	1454,94	0,13

Jardim das Oliveiras	32397	111513,78	3,44	24769,49	0,76
Jardim Guanabara	16345	100,08	0,01	866,08	0,05
Jardim Iracema	25400	1000,75	0,04	0	0
João XXIII	20157	7106,89	0,35	21277,55	1,06
Joaquim Távora	25693	57541,96	2,24	93682,27	3,65
Jóquei Clube	21178	7405,52	0,35	15995,97	0,76
José Bonifácio	9693	0	0	10765,94	1,11
José de Alencar	17533	406480,10	23,18	169819,49	9,69
Lagoa Redonda	30620	2494678,99	81,47	147369,08	4,81
Lourdes	3693	579,54	0,16	16672,43	4,51
Luciano Cavalcante	17028	425259,10	24,97	77827,95	4,57
Manuel Dias Branco	1583	1675852,26	1058,66	0	0
Maraponga	11127	176896,34	15,90	57965,47	5,21
Messejana	45675	476630,22	10,44	126440,57	2,77
Mondubim	62264	703345,40	11,30	38662,91	0,62
Monte Castelo	14479	1000,74	0,07	27465,50	1,90
Montese	28452	3002,22	0,11	936,90	0,03
Moura Brasil	4124	900,66	0,22	1632,95	0,40
Mucuripe	15061	21915,75	1,46	76543,86	5,08

Novo Mondubim	22384	83465,55	3,73	93012,13	4,16
Olavo Oliveira	13320	1200,90	0,09	491,42	0,04
Padre Andrade	14174	51742,57	3,65	177117,11	12,50
Palmeiras	40097	828920,36	20,67	0	0
Panamericano	9659	0	0	11825,93	1,22
Papicu	20128	68541,69	3,41	172329,25	8,56
Parangaba	33906	179382,43	5,29	195654,66	5,77
Parque Araxá	7357	100,07	0,01	0	0
Parque Dois Irmãos	29839	673419,00	22,57	26648,65	0,89
Parque Genibaú	44190	172604,73	3,91	70815,51	1,60
Parque Iracema	9213	208950,92	22,68	24453,97	2,65
Parque Manibura	8248	22232,00	2,70	14924,98	1,81
Parque Presidente Vargas	7880	44525,21	5,65	0	0
Parque Santa Maria	14618	58322,10	3,99	0	0
Parque Santa Rosa	14013	6404,80	0,46	1272,45	0,09
Parque São José	11489	25730,96	2,24	0	0
Parquelândia	15814	1000,74	0,06	0	0
Parreão	12131	43932,24	3,62	30380,61	2,50
Passaré	55809	790273,02	14,16	56594,06	1,01

Paupina	16066	1060821,12	66,03	10258,33	0,64
Pedras	1470	2040328,88	1387,98	8012,46	5,45
Pici	46555	579828,39	12,45	404245,96	8,68
Pirambu	19474	0	0	693,88	0,04
Planalto Ayrton Senna	43218	122668,38	2,84	0	0
Praia de Iracema	3431	2701,97	0,79	914,36	0,27
Praia do Futuro I	7265	5231,80	0,72	27835,69	3,83
Praia do Futuro II	13100	386398,51	29,50	5913,82	0,45
Praia do Meireles	40517	4603,33	0,11	11487,01	0,28
Prefeito José Walter	36624	1685669,21	46,03	74350,89	2,03
Presidente Kennedy	25203	11208,32	0,44	129348,26	5,13
Quintino Cunha	38477	464727,32	12,08	1063,81	0,03
Rodolfo Teófilo	20940	21515,89	1,03	34135,69	1,63
Sabiaguaba	2320	1808785,75	779,65	6833,29	2,95
Salinas	4708	1655161,62	351,56	8290,27	1,76
São Bento	13107	266702,28	20,35	3898,78	0,30
São Gerardo	15891	66148,97	4,16	143097,67	9,00
São João do Tatuapé	30237	377614,80	12,49	372788,10	12,33
Sapiranga/Coité	35232	574544,33	16,31	535355,01	15,20

Serrinha	31518	416205,31	13,21	20017,79	0,64
Siqueira	36845	416540,35	11,31	332619,31	9,03
Varjota	9226	1200,86	0,13	4273,84	0,46
Vicente Pinzón	49870	34724,87	0,70	39161,51	0,79
Vila Ellery	8614	100,07	0,01	1077,70	0,13
Vila Manoel Sátiro	19197	53937,01	2,81	7494,40	0,39
Vila Peri	22619	2201,65	0,10	9027,92	0,40
Vila União	16848	28721,08	1,70	17159,83	1,02
Vila Velha	67508	2229395,85	33,02	117135,48	1,74
<hr/>					
Total	2686607	36552208,43	13,61	5931490,83	2,21

Fonte: elaborada pela autora.