

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

CAROLINA ROVIRA PEREIRA FERNANDES

**CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS EM
RECIFE/PE**

RECIFE

2020

CAROLINA ROVIRA PEREIRA FERNANDES

**CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS EM
RECIFE/PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto; Coorientador: Me. Marcos Francisco de Araújo Silva

Recife

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F363c

Fernandes, Carolina

Caracterização espacial dos Fragmentos Florestais em Recife/PE / Carolina Fernandes. - 2020.
46 f. : il.

Orientador: Everaldo Marques de Lima Neto.
Coorientador: Marcos Francisco de Araujo Silva.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Florestal, Recife, 2020.

1. Ecologia de paisagem. 2. Métrica de paisagem. 3. Unidade de Conservação. I. Neto, Everaldo Marques de Lima, orient. II. Silva, Marcos Francisco de Araujo, coorient. III. Título

CDD 634.9

CAROLINA ROVIRA PEREIRA FERNANDES

**CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS EM
RECIFE/PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto; Coorientador: Me. Marcos Francisco de Araújo Silva

Aprovado em: 05 de novembro de 2020

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Simone Mirtes Araújo Duarte
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dr. Diego Marcelino do Nascimento
Prefeitura do Recife

Orientador - Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto
Universidade Federal Rural de Pernambuco

RECIFE - PE

2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco e à população brasileira, pela possibilidade de cursar esta universidade pública, gratuita e de qualidade, onde desenvolvi conhecimentos e dúvidas que me alavancaram ao pensamento crítico e à vida profissional.

Agradeço à Prefeitura do Recife e à Secretaria Executiva de Licenciamento e Controle Ambiental, pela oportunidade de utilizar os dados para desenvolver esta análise da cidade. Em especial à equipe da Unidade de Informação e Geoprocessamento: Diego, Gabriela, João Paulo, Kevin, Marcos, PP e Ronaldo, pela confiança, carinho e ensinamentos.

A Everaldo, por todo o cuidado em orientar o desenvolvimento deste trabalho com paciência, dando espaço para discussão conjunta e desenvolvimento pessoal, ao mesmo tempo guiando com maestria.

A Marcos, pela insistência nos pequenos detalhes, pelas aulas, reuniões e ideias, que foram essenciais ao desenvolvimento do trabalho.

A Renata Gonçalves pela disposição e carinho comigo e com este trabalho, desde o primeiro contato.

Aos meus amigos de graduação Gabi, Fernanda e Jessé pelas noites viradas e pela qualidade do conhecimento que desenvolvemos juntos, além das dicas e conselhos acadêmicos e pessoais e a todos da turma, por enfrentarem o curso com disposição, união e muita inteligência.

A Denise, Edson, Bernardo e Edna, por todo o apoio e carinho durante todos estes anos e compreensão acentuada neste período final.

A toda minha família, em especial ao tio Dico, que se fez tão presente neste processo.

A Lucas, pela paciência, carinho, atenção, cobrança e tudo que esteve ao seu alcance para ajudar diariamente no desenvolvimento deste trabalho e durante toda a graduação.

A Bianca, Raisa, Rebeca, Arícia, Samantha, Renata e Luiz que mesmo de longe foram presentes me ajudando de todas as formas e me inspirando todos os dias. A Tais e Ewe pela paciência de me ouvir e acalmar frequentemente.

RESUMO

O crescimento das cidades e o consequente aumento da densidade populacional geram alterações no meio ambiente natural, reduzindo a vegetação natural e refletindo na paisagem urbana. A existência de fragmentos ou *habitats* naturais em cidades repercute positivamente tanto na vida humana, quanto na preservação de ecossistemas. Assim, a ecologia de paisagem e suas métricas buscam analisar a estrutura espacial para entender possíveis dinâmicas e estruturas da paisagem, subsidiando o planejamento e desenvolvimento urbano. Desta forma, o objetivo do trabalho foi caracterizar a distribuição espacial dos fragmentos florestais e suas relações ecológicas e de preservação no município do Recife. A cobertura da terra, realizada a partir de fotointerpretação, foi adquirida da Prefeitura do Recife, proveniente da ortofotocarta de 2013. Esta foi analisada, obtendo acurácia por determinação do índice de Kappa de 0,88. Todas as feições florestais com, no mínimo, 15m de largura e comprimento foram consideradas fragmentos, os quais foram divididos em classes de tamanho < 0,1ha, 0,1 a 1ha, 1,01 a 10ha, 10,01 a 100ha e maior que 100ha. Para estas, foram analisadas com a extensão *Patch Analyst* para ArcGIS as métricas de área total, número, tamanho médio e mediano das manchas. Foi avaliada a área dos fragmentos por Região Político-Administrativa (RPA), para identificação das RPA com menor cobertura arbórea. Também foi avaliada a influência espacial do efeito de borda a cada 10 metros de 20 a 100m de borda. Além disso, foram avaliados os índices de proximidade entre fragmentos com a extensão *V-LATE* e a relação das classes de tamanho dos fragmentos com as Unidades de Conservação do Recife com a ferramenta *Near Table*. Recife apresentou 39,58% de sua área coberta por fragmentos florestais, destes 6,50% são menores que 1ha, enquanto a classe >100ha contém 74,37% da área dos fragmentos. As três primeiras classes sofrem aproximadamente 70% de influência do efeito de borda a 20m e a classe >100ha se mantém 43,75% sem ser afetada a 100m. Os índices de proximidade determinaram que, apesar de haver algumas RPA com índice de cobertura arbórea abaixo de 30% e uma lacuna na cobertura arbórea nas áreas centrais do município, a vegetação de Recife, no geral, se encontra conectada, com poucos fragmentos em isolamento total. A incidência dos fragmentos em Unidades de Conservação (UC) aumenta gradativamente junto às classes de tamanho, de forma que todos os fragmentos com mais de 100ha estão em UC ou estão diretamente ligados a elas. Notaram-se três grandes áreas que não estão englobadas por UC, onde se sugere atenção, e pequenos fragmentos que devem ser expandidos no município para maior conexão e estabelecimento de espécies. É importante que as RPA 01, 02 e 06 recebam maior atenção nesse processo, visto que estão sem cobertura florestal adequada.

Palavras-chave: Ecologia de paisagem, Métrica de paisagem, Unidade de Conservação.

ABSTRACT

The growth of cities and the consequent increase in the population density bring forth changes in the natural environment reflected directly into the urban landscape. The existence of fragments of natural habitats in cities reverberates positively both in human life and in preserving ecosystems. Thereby, Landscape Ecology and its metrics aim to analyze spatial structures to understand potential dynamics and landscape structures, subsidizing urban planning and development. This way, this work aims to characterize the spatial distribution of forest fragments and their preservation and ecological relations in Recife-PE, Brazil. The land cover classification, performed from photointerpretation, was obtained from the Recife City Hall database, from the 2013 orthophoto map. The land cover classification went through analysis, reaching an accuracy of 0,88 according to the Kappa index's determination. All the forest features with at least 15m width and length were considered fragments. The fragments were divided into size classes <0,1ha; 0,1 to 1ha, 1,01 to 10ha; 10,01 to 100ha and >100ha. The total area metrics, number, median and average size of the patches were analyzed with the Patch Analyst extension for ArcGIS. It was also analyzed the fragment area by political-administrative regions (RPA) to identify the RPA's with the lower tree covering, and the edge effect's spatial influence from every 10 meters of 20 to 100m of the border was also analyzed. Besides, the proximity index between fragments went through analysis with the V-LATE extension and the relations of the size classes of the fragments with the Recife City Conservation Units with the tool Near Table. Recife showed 39,58% of its area covered with forestry fragments, in which 6,50% are smaller than 1ha, while the class >100ha contains 74,37% of the fragments' area. The three first classes suffer approximately 70% of influence from the edge effect by 20m, and the class >100ha maintains itself 43,75% without being affected by 100m. The proximity indexes determine that Recife's vegetation, in general, is connected, with few fragments in total isolation. However, there are some RPA with trees covering lower than 30%. The incidence of forest fragments in Conservation Units (UC) grows gradually together with the size classes, so that all the fragments with more than 100ha are located in UC or are directly connected to them. It was noticed three significant areas that are not included in UC and should receive government attention and that tiny fragments should be expanded to improve the connection and establishment of species. The RPA 01, 02 and 06 should receive more attention in this process, seeing that they do not have the proper tree covering.

Keywords: Landscape ecology, Landscape metric, Conservation Unit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Mapa de localização do Recife, seus bairros e suas regiões político-administrativas.....	17
Figura 02 – Distribuição, em área e quantidade, dos fragmentos florestais do Recife.....	25
Figura 03 - Distribuição e classificação, por tamanho, dos fragmentos florestais do município do Recife.....	26
Figura 04 - Área dos fragmentos florestais por região político-administrativa do Recife.....	27
Figura 05 - RPA com menores índices de cobertura florestal do município do Recife.....	29
Figura 06 - Classificação dos fragmentos florestais do Recife pelo seu índice de proximidade.....	33
Figura 07 - Unidades de Conservação e os fragmentos florestais do Recife.....	36
Figura 08 - Fragmentos >100 ha e Unidades de Conservação do Recife.....	37
Figura 09 - Grandes Fragmentos Florestais sem incidência de Unidades de Conservação no Recife.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Simplificação de classes para análise da classificação de cobertura da terra de Recife.....	19
Tabela 02 - Métricas e classes analisadas.....	21
Tabela 03 - Matriz de confusão da classificação da cobertura da terra do Recife.....	23
Tabela 04 - Métricas de composição relativas ao tamanho dos fragmentos florestais em Recife.....	24
Tabela 05 - Área nuclear efetiva remanescente dos fragmentos florestais do município do Recife sob diferentes efeitos de borda.....	30
Tabela 06 - Área nuclear percentual remanescente dos fragmentos florestais do município do Recife sob diferentes efeitos de borda.....	31
Tabela 07 - Índice de proximidade médio de cada classe de tamanho de fragmento florestal para diferentes distâncias no município do Recife.....	32
Tabela 08 - Relação entre fragmentos florestais e Unidades de Conservação no Recife.....	34

SUMÁRIO

1 Introdução	10
2 Objetivos	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3 Referencial Teórico	13
3.1 Paisagem e Fragmentos Florestais Urbanos	13
3.2 Ecologia e Métricas de Paisagem	14
3.3 Estudos sobre Fragmentos Florestais no Recife	15
4 Material e Métodos	17
4.1 Localização e caracterização da área de estudo	17
4.2 Aquisição de cobertura da terra	18
4.2.1 Verificação da exatidão do mapa de cobertura da terra	19
4.3 Definição de áreas de fragmentos florestais	20
4.4 Métricas de paisagem	20
4.4.1 Métricas de composição	20
4.4.2 Métrica de configuração	20
4.5 Distância a Unidades de Conservação	22
5 Resultados e discussão	23
5.1 Análise do mapeamento de Cobertura da terra	23
5.2 Composição dos fragmentos florestais	24
5.3 Configuração das classes de tamanho dos fragmentos florestais	32
5.4 Proteção e domínio de propriedade dos fragmentos florestais	34
7 Considerações Finais	39
Referências	40

1 Introdução

O processo acelerado de urbanização é uma característica determinante na sociedade brasileira moderna. Desde a década de 1970, a população do país se caracteriza majoritariamente como urbana e até 2010, 84,36% já habitavam as zonas urbanizadas (BRITO e PINHO, 2012).

O crescimento das cidades e o conseqüente aumento da densidade populacional geram alterações no meio ambiente natural, que são diretamente refletidas na paisagem. Pode-se perceber essa modificação, por exemplo, a partir da mudança da cobertura da terra, com materiais biologicamente inativos, que possuem propriedades termais muito diferentes do solo natural, influenciando diretamente a dinâmica da água (BREUSTE, 2011). Devido às alterações físicas, a biodiversidade, em sua totalidade, sofre um declínio com a intensificação do uso da terra (SCHNEIDERS et al., 2012).

Diante desse cenário, a existência de fragmentos ou habitats naturais em cidades repercute positivamente tanto na vida humana, independente do tipo de uso (direto ou indireto), quanto na preservação de ecossistemas (TZOULAS e GREENING, 2011). Sendo assim, conservar, projetar e manejar espaços verdes urbanos requer a busca pelo equilíbrio entre as necessidades e usos humanos e os componentes ecológicos requeridos para a preservação ou manutenção da biodiversidade (LEPCZYCK et al., 2017).

Por isso, a identificação e a análise espacial dos fragmentos florestais da cidade são os primeiros passos para a elaboração de uma estratégia municipal de ordenamento territorial (SARTORI, 2010). O conhecimento das interações da paisagem destaca-se como uma das formas mais comuns para o estabelecimento das agendas ambientais por todo o mundo (FRANÇA et. al, 2019), por exemplo.

A ecologia de paisagem, definida por Forman e Godron (1986 *apud* METZGER, 2001), caracteriza-se pelo estudo de estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos. Seu arcabouço de análise é composto a partir do estabelecimento de matriz, manchas e corredores (DRAMSTAD et al., 1996). Sendo no contexto urbano, os fragmentos florestais podem ser integrantes das manchas e corredores (LEPCZYCK et al., 2017).

Dentro dessa perspectiva, a coleta e o tratamento da informação, o armazenamento e a análise espacial são atividades que podem ser desenvolvidas a partir de geotecnologias, com o objetivo de promover uma significativa representação e análise da cobertura da terra (MOURA,

2014 *apud* FONSECA et al., 2016). Essas atividades são usualmente realizadas a partir do emprego de *softwares*, métodos e modelos, que devem ser escolhidos de acordo com o tipo de análise que será feita (FONSECA et al., 2016).

A caracterização da paisagem pode ser feita pela sua composição e/ou configuração. As métricas de composição de paisagem identificam a distribuição espacial de fragmentos, através da quantificação e da identificação de padrões, como tamanho e forma e as de configuração, designam proximidade e agregação, por exemplo (ALBERTI, 2008). Além de sua composição e configuração, faz-se importante compreender os regimes de proteção, para discutir e verificar as perspectivas futuras a essas áreas.

O município do Recife possui uma considerável estrutura de Unidades de Conservação, porém, estimou-se que, em 2007, a metade das áreas verdes encontravam-se acumuladas em apenas uma região político-administrativa (OLIVEIRA et al., 2013). Em decorrência disso, é notável a importância de uma identificação e caracterização mais atual dos fragmentos florestais do município, de forma a verificar as características da distribuição dessas áreas, além das estruturas espaciais de sua composição.

Portanto, a geotecnologia é uma ferramenta que pode subsidiar a identificação, a classificação e a análise das características dos fragmentos florestais existentes. Dessa forma será possível verificar como se desenvolvem as relações ecológicas desses fragmentos no Recife, bem como avaliar aspectos às Unidades de Conservação e sua relação com os fragmentos florestais do município.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

➤ Caracterizar a distribuição dos fragmentos florestais do Recife e suas relações ecológicas e de conservação.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar os fragmentos florestais do município do Recife;
- classificar os tamanhos de fragmentos existentes;
- determinar áreas nucleares e o índice de proximidade entre fragmentos na área estudada;
- caracterizar a relação das Unidades de Conservação do município com os fragmentos florestais existentes.

3 Referencial Teórico

3.1 Paisagem e Fragmentos Florestais Urbanos

A paisagem urbana e suas diversas manifestações têm se tornado o ambiente mais comum para a maior parte dos seres humanos e, apesar de cobrirem apenas uma pequena parte da superfície terrestre, sua vasta população tem efeitos significativos no planeta (NIEMELÄ et al., 2011). O uso da terra é um dos principais meios pelos quais o homem influencia o meio ambiente. Os avanços tecnológicos subsequentes nos séculos XIX e XX, em conjunto com o crescimento da população humana, aumentaram a habilidade do homem de moldar o meio ambiente de acordo com sua necessidade (LAUSCH e HERZOG, 2002).

A área e dinâmicas urbanas são consideradas um outro e novo tipo de meio físico e ecossistema (BREUSTE, 2011). Cadenasso e Pickett (2008) retrataram que cidades e áreas urbanas são ecossistemas heterogêneos, dinâmicos, onde humanos e o meio biofísico interagem e os processos dessas interações são importantes nesses sistemas. A heterogeneidade causada pela estrutura espacial das cidades afeta as interações entre os fragmentos florestais, a biodiversidade e os processos ecossistêmicos (ALBERTI, 2008).

A alta dinâmica identificada nas áreas verdes de cidades aponta oportunidades para um melhor planejamento urbano, almejando a sustentabilidade, mas também pede por uma melhor proteção e atenção às pequenas áreas verdes (ZHOU et al., 2018). A sustentabilidade urbana se caracteriza por um conjunto de condições dinâmicas de estruturas socioeconômicas e ambientais que satisfazem as necessidades da geração atual e da futura, de forma que, para tal, caracteriza-se como processo adaptativo constante de conquista e manutenção de tais condições (WU, 2014).

Analisar redes urbanas e suas alternativas para o desenvolvimento regional e o zoneamento ecológico econômico e integrar governo, legislação, planejamento, recursos, capacidades técnicas, instituições e educação são determinantes para o desenvolvimento sustentável, pois, a partir disso, é possível estabelecer e reunir formas de estruturar a cidade para suportar a pressão decorrente das constantes mudanças (SACCARO e COELHO, 2016).

Lepczyk et al. (2017) ressaltaram que os autores Wu (2008) e Breuste et al. (2008) corroboraram em sua visão de estrutura da paisagem urbana baseada em metapopulações, onde os espaços verdes urbanos estão inseridos em uma matriz de base urbana; para isso, as análises de tamanho, padrões e conectividade dos fragmentos têm sido comumente consideradas importantes para diferentes avaliações. As manifestações de efeitos de borda em extensões e

quantidades distintas também são métricas comuns que afetam diretamente a estrutura florestal (BLUMENFELD et al., 2016) e podem ser estudadas a partir da ecologia de paisagem.

3.2 Ecologia e Métricas de Paisagem

A Ecologia de Paisagem foi definida por Forman e Godron (1986 *apud* METZGER, 2001) como o estudo de estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos e é constituída a partir do modelo mancha-corredor-matriz (FORMAN, 1995 *apud* BORTOLETO, 2014). As análises de paisagem são importantes para o monitoramento de habitat, pois os organismos se estruturam em diversos níveis, inclusive o nível de paisagem (CUSHMAN et al., 2013).

As matrizes são caracterizadas pelas formações com presença predominante na paisagem. Normalmente são extensas e com pouco isolamento entre si (FORMAN, 1995 *apud* ETTO et al., 2013). Ou seja, a matriz é a formação que contém as outras unidades e reflete as condições do habitat (MCINTYRE e HOBBS, 1999).

As manchas são as formações homogêneas (para determinada escala), diferentes do seu entorno e que possuem extensão reduzida e não linear (METZGER, 2001). O corredor é o elemento linear, homogêneo que liga duas manchas (FORMAN, 1995 *apud* BORTOLETO, 2014). Como as manchas são normalmente caracterizadas por fragmentos florestais ou áreas verdes, podem ser um meio de recuperar e fortalecer o fluxo de biodiversidade a partir da circulação de animais e sementes (ETTO et al., 2013). Um outro tipo de área de conexão é estabelecido pelos trampolins ecológicos, que são áreas de vegetação natural pequenas e dispersas pela matriz. Para algumas espécies, facilita os fluxos entre manchas (METZGER, 2001).

Manchas, corredores e trampolins podem ser caracterizados como fragmentos florestais, visto que são originados pelo descontínuamento de uma feição original pelo homem (METZGER, 2001).

Grande parte das mudanças nas áreas verdes urbanas tende a ocorrer em pequenas manchas e só podem ser vistas por uma imagem de alta resolução espacial (ZHOU et al., 2018). A fotointerpretação é uma técnica de classificação da cobertura da terra utilizada para identificação e caracterização manual, preferencialmente realizada em imagens de alta resolução para uma boa representação (SOUZA et al., 2013).

O tipo de vizinhança de um fragmento florestal é determinante no comportamento e na abrangência do efeito de borda nos fragmentos. A matriz urbana é a que mais apresenta influência nos efeitos abióticos (temperatura, radiação solar, umidade relativa), que podem se

estender por até 100 metros, considerando variáveis microclimáticas, com limiares em 40, 70 e 100 metros (BLUMENFELD et al., 2016).

O termo “métricas de paisagem” é comumente aplicado ao cálculo de diversas métricas geradas por programas ou extensões e tem sido bastante utilizado a partir dos anos 2000 (UUEMAA et al. 2009). Embora existam diversos tipos de métricas, há apenas dois componentes essenciais: composição e configuração e seus aspectos derivados (COUTO, 2004).

As métricas de composição objetivam a quantificação do número de elementos, diversidade e distribuição pela paisagem. Já as de configuração têm maior ênfase nas formas e possíveis conexões como proximidade e agregação (ALBERTI, 2008).

A proliferação das métricas impõe aos pesquisadores um grande desafio de determinar quantos componentes da estrutura da paisagem são relevantes e quais métricas devem ser usadas para representar esses componentes (CUSHMAN et al., 2008). Por isso, para um estudo, algumas métricas-chave de paisagem precisam ser escolhidas. As métricas mais aplicadas pertencem às categorias de borda e forma. Estão diretamente relacionadas à área do fragmento e sua dimensão fractal. No propósito de funções de *habitat*, a avaliação de áreas nucleares, tamanho médio de mancha e vizinho mais próximo médio podem ser relevantes. O número e área das manchas são também frequentemente calculados (LAUSCH e HERZOG, 2002).

Métricas de paisagem são úteis em diversas fases do planejamento de uso e ocupação da terra. Para análise, caracterizando a estrutura e determinando a matriz; para prognose, dando suporte às estratégias de planejamento e do *design* dos conceitos espaciais e avaliando cenários do planejamento; e para prevenção, provendo indicadores para o monitoramento da paisagem (LEITÃO e AHERN, 2002).

França et al. (2019) identificaram uma lacuna na produção científica avançada em ecologia de paisagens nas pesquisas brasileiras, tanto na área ambiental, quanto na florestal, apesar da fácil manipulação das ferramentas mais utilizadas como *Patch Analyst*, *V-LATE* e *FRAGSTATS*.

3.3 Estudos sobre Fragmentos Florestais no Recife

Para Paz (2016), o Recife provém de um processo de ocupação socioespacial desigual e desorganizado, devido à informalidade de sua ocupação, em mais da metade de seu território.

Entre 1987 e 2011, a expansão urbana aumentou a pressão nos grandes fragmentos florestais da cidade, causando maior propensão ao efeito de borda, possível diminuição da qualidade genética e maior susceptibilidade à quebra de árvores (OLIVEIRA, 2012). Melo e

Meunier (2017), em análise de período similar (1985 a 2014) de cinco bairros da cidade, notaram diminuição qualitativa e quantitativa da arborização viária.

Apesar disso, em 2007, Oliveira (2012) identificou que 45,48% da área total do município se encontrava coberto por áreas verdes (fragmentos florestais, áreas cobertas por gramíneas e pasto e áreas com vegetação arbustiva), porém a distribuição dessas áreas no município era desigual, estando localizada grande parte ao norte e a oeste. Além disso, as áreas de Unidades de Conservação possuem grande importância conservação da vegetação em Recife; pois, segundo Oliveira et al. (2013), em 2007 dentro destas Unidades de Conservação, se encontrava alocada 64% da área verde total.

4 Material e Métodos

4.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo é definida pelos limites do município do Recife, localizada a leste do estado de Pernambuco, entre as coordenadas 9122998,177900 m e 9098053,182900 m, 277747,784100m e 295128,261500m no sistema SIRGAS 2000 UTM Zona 25S (IBGE, 2020).

Possui área de 223,129952 km² (PREFEITURA DO RECIFE, 2020a) e população, estimada para 2019 pelo IBGE (2020), de 1.645.727 habitantes. A divisão territorial se dá em 94 bairros, inseridos em 6 regiões político-administrativas (RPA), segundo a Prefeitura do Recife (2020b), observado na figura 1.

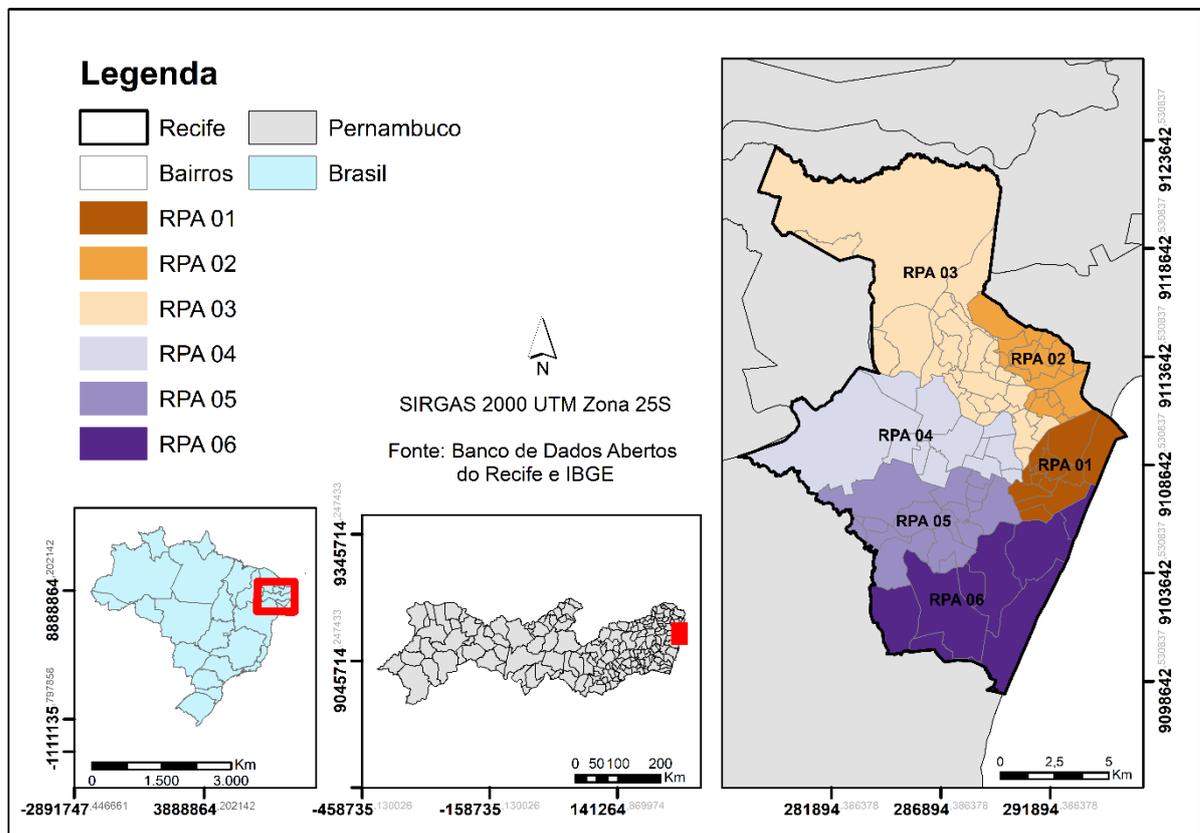


Figura 01 - Mapa de localização do Recife, seus bairros e suas regiões político-administrativas

Fonte: Autora (2020); Bases de dados: Portal de Dados Abertos do Recife e IBGE;

Em relação às características ambientais, Recife se encontra em média 4 metros acima do nível do mar (PREFEITURA DO RECIFE, 2020b) e se destaca a presença dos rios Capibaribe, Beberibe e Tejipió. A região possui precipitação anual média de 2200 mm (INMET, 2020) e classificação Koppen Am (ALVARES et al., 2013). Está inserida em região de

ocorrência predominante do bioma Mata Atlântica (IBGE, 2004).

4.2 Aquisição de cobertura da terra

A Prefeitura do Recife possui uma ortofotocarta proveniente de levantamento aerofotogramétrico realizado, em 2013, com resolução de 8 cm. Com isso produziu, por meio de fotointerpretação em escala 1:5000, vetores com o detalhamento da cobertura da terra dividido em 17 classes: *Agricultura, Água Marinha, Curso D'água, Lagoa, Solo Exposto, Área Degradada, Praia, Mangue, Planície Alagável, Edificação Urbana, Malha Ferroviária, Malha Viária, Floresta Aberta, Floresta Densa, Floresta Inicial, Vegetação Herbácea e Sem Informação.*

Para simplificar avaliação e visualização da base de dados da pesquisa, as classes foram agrupadas de acordo com sua intensidade de uso, baseado em Schneiders (2012): *Água, Ambiente Perturbado, Solo Não Vegetado e Área Urbanizada* (Tabela 01). Entre as 17 classes estudadas, a classe *Sem Informação* foi excluída da matriz de análise. Para tais agrupamentos, foi adicionado um campo com a nova classificação e, com a ferramenta *Dissolve* no *software* ArcGIS, foram agrupadas as feições de mesma classe.

Qualquer dado de sensoriamento remoto deve ser utilizado com resolução espacial suficiente para capturar características lineares da paisagem não só visuais, mas para extração e classificação mais precisa; pois, apesar das diferenças não serem indispensáveis em termos de área, são essenciais para avaliação dos padrões (LAUSCH e HERZOG, 2002). Segundo estes mesmos autores, a resolução deve ser menor que 5 metros para a realização de uma boa qualidade de análise.

Classe original	Reclassificação
Agricultura	Ambiente Perturbado
Água Marinha	Água
Curso D'água	Água
Lagoa	Água
Solo Exposto	Solo não vegetado
Área Degradada	Solo não vegetado
Praia	Solo não vegetado
Mangue	Estrato Florestal
Planície Alagável	Água
Edificação Urbana	Área Urbanizada
Malha Ferroviária	Área Urbanizada
Malha Viária	Área Urbanizada
Floresta Aberta	Estrato Florestal
Floresta Densa	Estrato Florestal
Floresta Inicial	Estrato Florestal
Vegetação Herbácea	Ambiente Perturbado
Sem Informação	Sem classe

Tabela 01 - Simplificação de classes para análise da classificação de cobertura da terra de Recife

Fonte: Autora

4.2.1 Verificação da exatidão do mapa de cobertura da terra

Para avaliar a acurácia do classificador na construção da feição, foi utilizado o índice Kappa (Equação 01). Para isso, foram criados 217 pontos aleatórios no software ArcGIS com a ferramenta *Create Random Points*, aproximadamente um por quilômetro quadrado. Em cada ponto foi analisada a correspondência da imagem base na mesma escala do mapeamento (1:5000) com a sua classificação. Com isso, foi criada uma matriz de confusão e o índice de Kappa deste mapeamento.

$$Cohen's\ kappa = \frac{N \sum_{i=1}^m CM_{ii} - \sum_{i=1}^m C_{i_{corr}} C_{i_{pred}}}{N^2 - \sum_{i=1}^m C_{i_{corr}} C_{i_{pred}}}$$

Equação 01- Índice de Kappa

CM = Diagonal principal (da Matriz de Confusão); C_{icorr} = Classe definida; C_{ipred} = Classe verificada

Fonte: Tallon-Ballesteros e Riquelme (2014)

4.3 Definição de áreas de fragmentos florestais

Para definir os fragmentos florestais, foram agrupadas as classes que detêm estratos arbóreos, de vegetação natural ou plantada, como Souza et al. (2013). São elas: Floresta Densa, Floresta Aberta, Floresta Inicial e Manguezal.

As classes Floresta Densa e Floresta Aberta englobam formações florestais com presença de aglomerados de árvores de forma a estabelecer dossel contínuo. Já a classe floresta inicial integra parte da arborização urbana (aglomerados ou árvores de, no mínimo, 15 metros de largura e comprimento ou raio de 15 m) e áreas em estabelecimento de vegetação, como aglomerados de árvores sem continuidade de dossel, com pequenas formações herbáceas entre elas.

Para compreensão da distribuição dos fragmentos nas regiões político-administrativas, os fragmentos florestais foram interceptados pelas RPA para aquisição da área total por RPA.

4.4 Métricas de paisagem

4.4.1 Métricas de composição

Para analisar as métricas, efetuou-se a divisão de classes de tamanho, como em Zhou (2018): Menor que 0,1 ha, de 0,1 a 1 ha, de 1,01 ha a 10 ha, de 10,01 a 100 ha e acima de 100ha. Foram calculadas métricas de número, área total, tamanho médio e mediano para os fragmentos dessas cinco classes na extensão *Patch Analyst* para ArcGIS (Tabela 02). O *software* FRAGSTATS e a extensão para ArcGIS *Patch Analyst* são, atualmente, as principais ferramentas para cálculo de métricas de paisagens (FRANÇA et al., 2019).

Blumenfeld et al. (2016) relata um gradiente do efeito de borda abiótico (temperatura, radiação solar, umidade relativa) dividido em três faixas de distância (0 a 40 metros; 40 a 70 metros e 70 a 100 metros). Como as mensurações mínimas para um fragmento neste estudo partem de 15 m x 15 m, foi realizada criação de área nuclear a cada 10 m, a partir de 20 m até 100 m na extensão *Patch Analyst* para ArcGIS (Tabela 02).

4.4.2 Métrica de configuração

O cálculo de proximidade foi realizado na ferramenta V-LATE para ArcGIS, a partir da função *Proximity*, que utiliza o mesmo cálculo do FRAGSTATS. Essa métrica quantifica o contexto espacial de uma mancha em relação às suas vizinhas, distinguindo distribuições esparsas de configurações complexas e conectadas (MCGARIGAL e MARKS, 1995). Foram utilizadas as distâncias de 100, 200, 300, 400 e 500 metros para avaliação do isolamento (Tabela

02), pois a variação espacial para isolamento acontece em diferentes distâncias para diferentes espécies (RIBEIRO et al., 2009). As distâncias atribuídas seguiram a metodologia de Ribeiro et al. (2009), que considerou diferentes capacidades de travessia de animais, principalmente pássaros, relativas à Mata Atlântica.

Índice	Unidade	Descrição	Classes
Área total da classe (CA)	Hectares (ha)	Área total dos fragmentos (soma de todas as áreas) por classe	
Número de manchas totais (NUMP)	Adimensional	Número total de fragmentos;	Tamanho dos fragmentos (ha): <0,1; 0,1-1; 1,01-10; 10,01-100; >100
Tamanho médio das manchas (MPS)	Hectares (ha)	Tamanho médio dos fragmentos;	
Tamanho mediano das manchas (MedPS)	Hectares (ha)	Tamanho mediano das manchas;	
Área total de áreas nucleares	Hectares (ha)	O tamanho total das áreas nucleares (para distância avaliada)	
Tamanho médio das áreas nucleares	Hectares (ha)	O tamanho médio das áreas nucleares (para distância avaliada)	Distâncias de borda (m): 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100
Número de área nucleares	Adimensional	Número total de áreas centrais dentro da paisagem ou dentro de cada mancha ao nível de classe	
Proximidade	Adimensional	Soma das divisões entre a área (m ²) da mancha na vizinhança especificada (m) no interior de uma mancha vizinha pela menor distância entre a mancha englobada até a mancha inicial	Distância (m): 100; 200; 300; 400; 500;
Distância a áreas protegidas	Metro (m)	Distância à UC mais próxima	

Tabela 02 - Métricas e classes analisadas

Fonte: Autora, baseada em Couto (2004) e França *et al.*, (2019), adaptado de McGarigal e Marks (1995).

4.5 Distância a Unidades de Conservação

Para identificação da distância dos fragmentos às Unidades de Conservação, foi realizada a relação entre as camadas da Prefeitura de Unidades de Conservação da Natureza (UCN), Unidades de Conservação da Paisagem (UCP) e Jardim Botânico do Recife (JB), instituídos pela Lei nº 18.014 de maio de 2014, que foram consideradas Unidades de Conservação, por serem territórios que necessitam de instrumentos de gestão, como Planos de Manejo ou Plano Diretor próprio, e os fragmentos a partir da ferramenta *Generate Near Table* no *software* ArcGIS.

A identificação da relação das Unidades de Conservação com os Fragmentos Florestais é essencial para o entendimento da gestão sobre os fragmentos existentes no município, assim como a distância dos fragmentos às unidades, que demonstra a influência das unidades na conservação e no fluxo genético de outros fragmentos.

5 Resultados e discussão

5.1 Análise do mapeamento de Cobertura da terra

A verificação da exatidão do Mapa de Cobertura da terra resultou em 201 pontos com classificação correta para o seu ponto amostrado e 16 pontos com erros. O índice de kappa, gerado a partir da matriz de confusão (Tabela 03), resultou em 0,8816, o que faz com que o produto esteja na classe de excelência ($0,8 < K \leq 1$), segundo Congalton & Green (1998, *apud* NASCIMENTO, 2006). Foi observado, durante a verificação da imagem, que os erros da classificação foram principalmente relacionados à inexatidão causada pela escala de mapeamento e imprecisões manuais. Esses erros ocorreram em todas as classes, exceto água, devido à inserção de pequenas edificações em todos os tipos de cobertura, dificultando o mapeamento manual. As áreas de transição ou rompimento entre classes foram determinantes na identificação dos erros no mapeamento.

A classe de maior erro foi a de área urbanizada, como visto na Tabela 03. Esse resultado da verificação foi positivo para o desenvolvimento do trabalho, visto que o agrupamento que corresponde aos fragmentos estudados (Estrato Florestal) não obteve muitos erros. Os erros identificados na classificação dos estratos florestais foram relacionados à água e a ambientes perturbados; estes, em geral, localizados em vegetação herbácea.

		Verificação na imagem				
		Ambiente Perturbado	Água	Solo não vegetado	Estrato Florestal	Área Urbanizada
Classifi- cação	Ambiente Perturbado	10	0	0	0	0
	Água	0	14	0	1	0
	Solo não vegetado	0	0	2	0	0
	Estrato Florestal	2	2	0	74	0
	Área Urbanizada	8	0	1	2	101

Tabela 03 - Matriz de confusão da classificação da cobertura da terra do Recife;

Fonte: Autora

5.2 Composição dos fragmentos florestais

De acordo com dados fornecidos pela Prefeitura do Recife (2020a), em seu Banco de Dados Abertos, o município possui aproximadamente 22312,99 hectares, sendo 8831,21 ha ocupados pelos fragmentos florestais, ou seja, 39,58% da área total do município (Tabela 04).

	< 0,1 ha	0,1 - 1 ha	1,01 -10 ha	10,01 -100 ha	>100 ha	Total
CA	81,84	573,83	748,75	858,77	6568,01	8831,21
NUMP	1341,00	2007,00	291,00	31,00	12,00	3682,00
MPS	0,06	0,29	2,57	27,70	547,33	
MedPS	0,06	0,21	1,85	14,74	164,78	

Tabela 04 - Métricas de composição relativas ao tamanho dos fragmentos florestais em Recife; CA: Área total; NUMP: número de fragmentos; MPS: tamanho médio; MedPS: tamanho mediano;

Fonte: Autora

Quanto aos tamanhos de fragmentos, a menor classe (< 0,1 ha) não apresenta maior incidência em quantidade, porém isso pode ser justificado pela medida mínima de mapeamento (15m x 15m), que contribui para a exclusão de várias pequenas áreas de agrupamentos de árvores com diâmetro de copa reduzido.

Já a classe de tamanho de 0,1 a 1 ha apresenta a maior quantidade dos fragmentos do município, contendo 2007 fragmentos (Tabela 04) e 54,51% da quantidade total (% NP), disposto na Figura 02. Apesar disso, a classe contribui para apenas 6,50% da constituição em área dos fragmentos florestais; essas classes estão localizadas majoritariamente nas áreas centrais do município (Figura 03).

As classes de tamanho de 1,01 a 10 ha e de 10,01 a 100 ha contribuem de forma similar à composição do município, com 8,48% e 9,72% da área, respectivamente (Figura 02). Porém, diferem em composição (Tabela 04): enquanto a classe de 1,01 a 10 hectares contribui com 291 fragmentos com tamanho médio de 2,57 ha, a classe de 10,01 a 100 hectares possui tamanho médio em torno de 11 vezes maior, de 27,70 ha, entretanto possui apenas 31 fragmentos. A classe de 1,01 a 10 hectares encontra-se distribuída por todo o município, sem predominâncias, apenas com uma menor incidência na RPA 02 (Figura 03).

A classe de tamanho >100 ha apresentou grande presença na paisagem, contendo 74,37% das áreas florestais do município (Figura 02), composta principalmente por fragmentos na parte norte e oeste, próximo às bordas (Figura 03). Seu tamanho médio de 547,33 ha e mediano de 164,78 ha (Tabela 02) indica grandes diferenças de tamanho na classe.

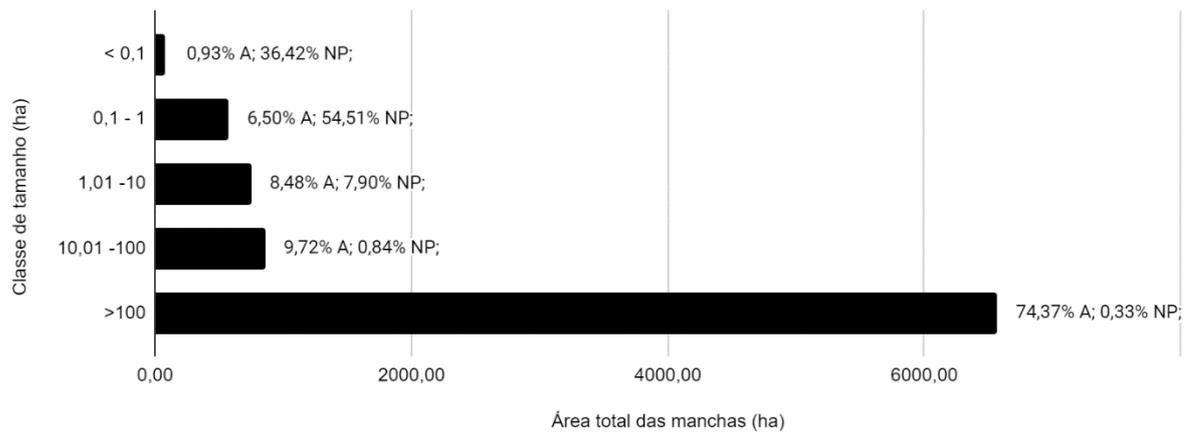


Figura 02 - Distribuição em área e quantidade dos fragmentos florestais do Recife. % A: Porcentagem da área total dos fragmentos; % NP: Porcentagem do número total de fragmentos; Fonte: Autora

A distribuição das classes de tamanho de Recife apresentou resultado oposto ao identificado em Ribeiro et al. (2009) para a Mata Atlântica em sua totalidade, pois este recorte de paisagem, o município do Recife, localizado no mesmo bioma, encontra-se pouco fragmentado, com os maiores polígonos determinantes na composição total. A partir de Ribeiro et al. (2009), também se pode observar que Recife contribui para a composição de áreas significativas da Mata Atlântica, visto que foi identificado pelo autor que apenas 0,1% da quantidade total de fragmentos do bioma possui entre 2500 e 5000 ha e o maior fragmento do município apresenta 4382,50 ha. Apesar da escala da análise ser diferente, a importância desses fragmentos na composição da Mata Atlântica do Recife deve ser valorizada, pois para o mesmo autor, no cenário atual da Mata Atlântica, a importância dos grandes fragmentos cresce, devido à menor influência do efeito de borda em sua composição.

A distribuição no município do Recife se assemelha à análise de Souza et al. (2013) em Vitória, que também ocorre na Mata Atlântica; os grandes fragmentos ocupam a maior parcela da área dos fragmentos florestais e estão majoritariamente localizados nas bordas do município. Apesar disso, em relação à proporção de ocupação do território, os fragmentos presentes no município de Vitória apresentam 10,08% da área total do município (SOUZA et al. 2013). No município de Aracaju, em Sergipe, foi identificada a presença de 30,71% de cobertura em fragmentos florestais, considerando-se Restinga, Mangue e Floresta Ombrófila Densa (VALENZUELA et al., 2019).

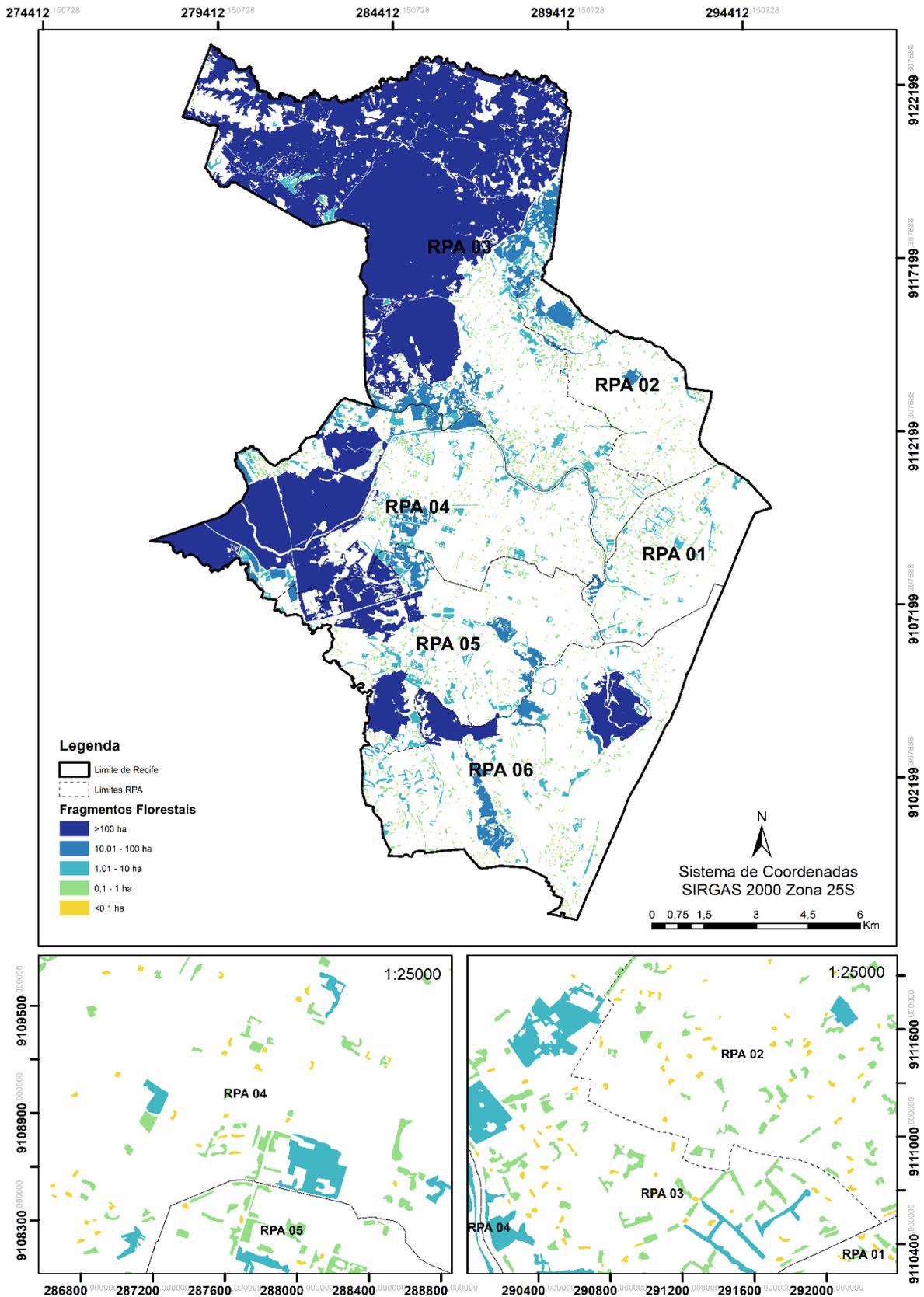


Figura 03 - Distribuição e classificação por tamanho dos fragmentos florestais do município do Recife

Fonte: Autora

No município do Guarujá, em São Paulo, com adensamento populacional menor que o de Recife, ou seja, com menos influência antrópica, foi identificado 33,08% de cobertura florestal (PARMIGIANI e SAN SOLO, 2017). Curitiba, por sua vez, possui 43,69% de floresta urbana, onde são consideradas todas as árvores do município, não apenas os fragmentos florestais (MONTEIRO, 2015). E apesar da diferença, também possui maiores fragmentos nos arredores, como Recife e Vitória. Portanto, em relação aos estudos mencionados relacionados à fragmentação florestal de municípios brasileiros urbanizados, Recife possui um percentual de ocupação acima da média.

Apesar da importância em área e proporção, em relação ao espaço completo do município, não há homogeneidade na espacialização dos fragmentos em relação ao percentual de ocupação das regiões administrativas. A RPA 03, que possui área de 7890,26 ha, o que corresponde a aproximadamente 35,36% da área total do município, detém 5123,49 hectares de Fragmentos Florestais, ou seja, 58,02% da área total dos fragmentos do município e 65% da área da RPA coberta por Fragmentos Florestais (Figura 04). Nessa RPA se encontra também o maior fragmento do município com 4382,50 hectares. Oliveira (2013) sugere que esse estado de preservação advém da ausência de vias principalmente na área mais norte da RPA.

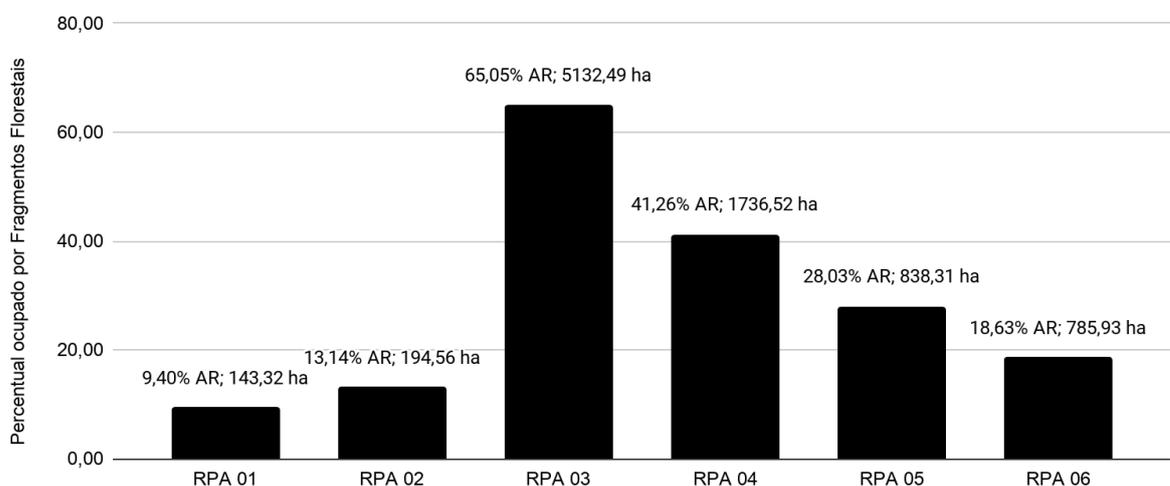


Figura 04 - Área dos fragmentos florestais por região político-administrativa do Recife

Fonte: Autora; % AR: Porcentagem do RPA ocupada por fragmentos;

As RPA 04 e 05 possuem ocupação de 41,26% e 28,03% respectivamente, já as RPA 01, 02 e 06 não apresentam nem 20% de ocupação por fragmentos florestais (Figura 04), além de distribuição muito heterogênea (Figura 05);

A ocupação do município do Recife tem registros de sua expansão no século XVII,

conduzida a partir dos bairros do Recife, Santo Antônio, São José, Boa Vista e Soledade (SERAFIM, 2012), todos integrantes da RPA 01, onde o índice de ocupação pelos fragmentos é de apenas 9,40%. Outra influência forte na RPA 01 é a grande presença de corpos hídricos, que impede o estabelecimento de árvores. No século XIX, a cidade guiou sua expansão para áreas ao redor da RPA 01 por meio de bondes a vapor (SERAFIM, 2012), regiões onde há menor incidência de fragmentos florestais (Figura 03).

A RPA 06 possui distribuição heterogênea, com diversos tamanhos de fragmento em sua composição, como por exemplo um fragmento >100 ha (Figura 05). Porém, apresenta lacuna na parte litorânea, o que pesa muito na diminuição de seu percentual de ocupação por fragmentos florestais, resultando em apenas 18,63% de ocupação. Localizada na área sul do município, essa RPA possui área litorânea, que sofreu grande especulação imobiliária por camadas de alta renda por volta de 1960, compondo sua estrutura essencialmente por prédios (SERAFIM, 2012), o que contextualiza sua lacuna.

Ecologicamente, segundo Rigueira e Mariano-Neto (2015), para a Mata Atlântica, a proporção de cobertura que apresenta limiar de extinção para as famílias Myrtaceae e Sapotaceae, por exemplo, varia entre 30 a 40%, considerando-se áreas rurais e áreas antropizadas, e é considerado o limiar crítico para a manutenção da diversidade do bioma. Isso indica que, em relação à área total do município, Recife está dentro desse limiar, ou seja, com manutenção possível, mas no limite; mas, individualmente, as RPA 01, 02, 05 e 06 estão abaixo, indicando potencial redução de biodiversidade em suas áreas.

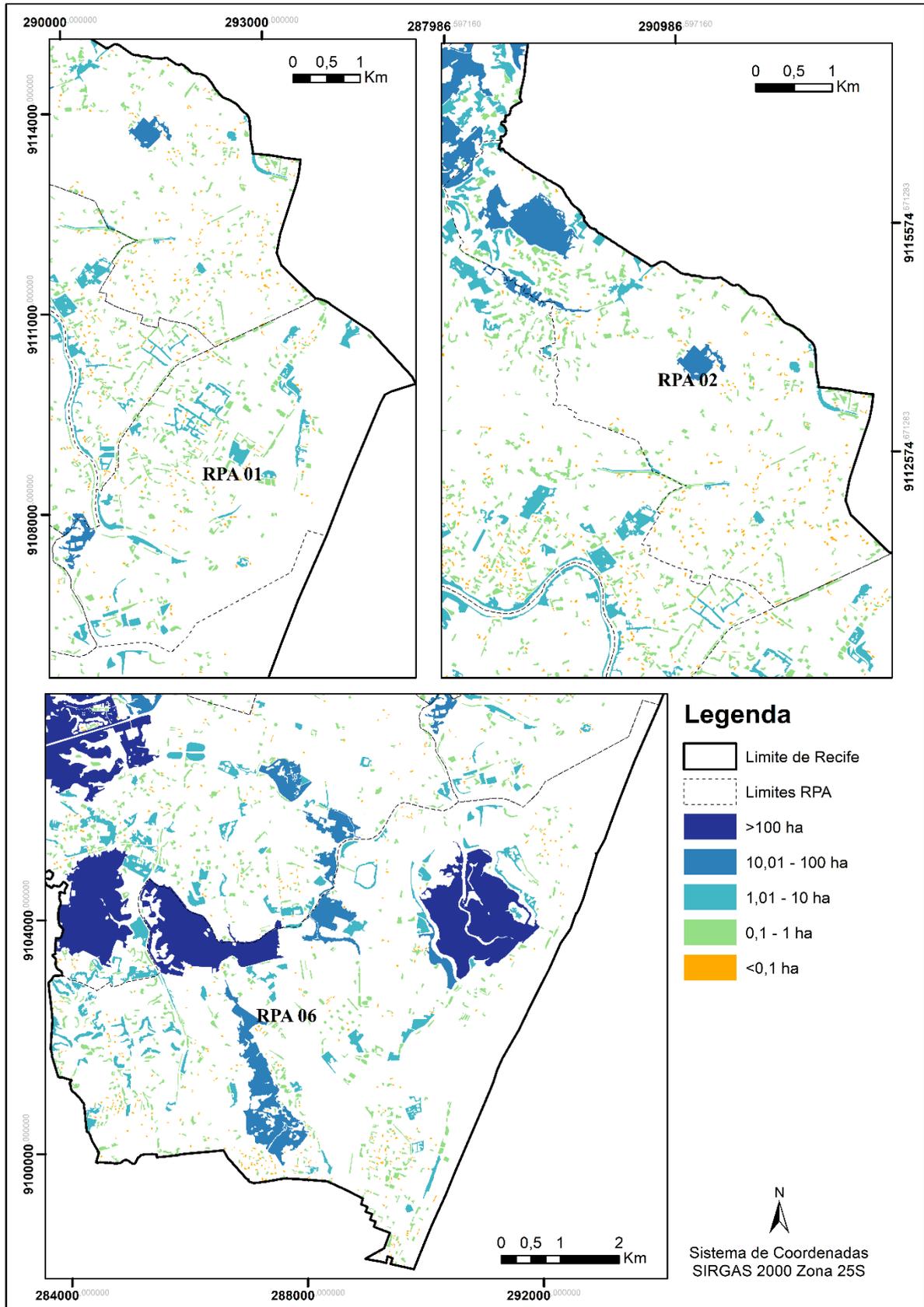


Figura 05 - RPA com menores índices de cobertura florestal do município do Recife

Fonte: Autora

Em relação ao efeito de borda sofrido nas áreas de cada classe, observa-se que a classe <0,1 ha é completamente afetada já no primeiro efeito de borda avaliado, 20 metros (Tabela 05), indicando que todos os fragmentos desta classe possuem lateral máxima de 40 m, pois as áreas de borda se encostam, deixando o fragmento totalmente influenciado pelo meio exterior. No total (Tabela 05), aproximadamente 30% dos fragmentos do município já se encontram completamente afetados pelo efeito de borda a 20m. Segundo Blumenfeld et al. (2013), esses fragmentos <0,1 ha são diretamente influenciados por temperatura, umidade e radiação do seu entorno. Por isso, apesar de contribuírem com as conexões entre fragmentos (LEPCZYK et al., 2017), podem possuir crescimento de tronco e diversidade afetada (BLUMENFELD et al., 2013).

Os fragmentos de 0,1 a 1 ha são completamente afetados apenas a partir do efeito de borda de 40m e todas as outras classes se mantêm até o efeito de borda de 100 metros; porém, a classe de 1,01 a 10 ha é bastante reduzida (abaixo de 1 ha), a partir de 90 metros de efeito de borda (Tabela 05).

Aproximadamente 32,97% dos fragmentos florestais do município se encontram isentos de efeito de borda a 100m. Alves Jr. et al. (2006), em estudo da vegetação arbórea em um fragmento do município do Recife, identificou que, após 100 m de borda, há uma minimização significativa do impacto do efeito na vegetação arbórea.

Efeito de borda (m)	<0,1 ha	0,1 - 1 ha	1,01 -10 ha	10,01 -100 ha	>100 ha	Área total (ha)	Remanescente (%)
0 (zero)	81,84	573,83	748,75	858,77	6568,01	8831,21	100,00
20	0,00	16,57	199,08	488,01	5489,84	6193,50	70,13
30	0,00	1,60	98,07	363,91	5033,41	5496,99	62,25
40	0,00	0,01	48,42	270,40	4625,68	4944,52	55,99
50	0,00	0,00	23,24	199,25	4259,45	4481,94	50,75
60	0,00	0,00	10,13	145,46	3928,08	4083,67	46,24
70	0,00	0,00	4,25	105,69	3626,99	3736,93	42,32
80	0,00	0,00	1,43	76,08	3352,54	3430,05	38,84
90	0,00	0,00	0,58	54,23	3102,08	3156,88	35,75
100	0,00	0,00	0,23	38,47	2872,90	2911,59	32,97

Tabela 05 - Área nuclear efetiva remanescente dos fragmentos florestais do município do Recife, sob diferentes efeitos de borda

Fonte: Autora

Em relação ao percentual remanescente por classe de tamanho de fragmento (Tabela 06), foi possível identificar que o efeito de borda a 20m acontece de forma abrupta nas classes < 0,1ha, de 0,1 a 1ha e de 1,01 a 10ha, pois afeta mais de 70% das áreas de cada classe. Zhou (2018) aponta que as maiores mudanças (ganhos ou perdas) nos espaços verdes urbanos acontecem nas pequenas manchas ao longo do tempo, por esta razão, é de especial relevância entender a influência do efeito de borda sobre os fragmentos do município.

A classe >100 ha apresentou diminuição gradual, indicando que não existem muitas interferências no interior, ou reentrâncias nas bordas de seus fragmentos que as deixem muito expostas e propícias à influência do efeito de borda. Por isso, 43,54% de suas áreas não estão susceptíveis ao efeito de borda a 100m. Ou seja, essas áreas são de especial relevância à conservação e desenvolvimento de florestas maduras do município do Recife.

Efeito de borda (m)	< 0,1 ha	0,1 - 1 ha	1,01 - 10 ha	10,01 - 100 ha	>100 ha
20	0,00	2,89	26,59	56,83	83,58
30	0,00	0,28	13,10	42,38	76,64
40	0,00	0,00	6,47	31,49	70,43
50	0,00	0,00	3,10	23,20	64,85
60	0,00	0,00	1,35	16,94	59,81
70	0,00	0,00	0,57	12,31	55,22
80	0,00	0,00	0,19	8,86	51,04
90	0,00	0,00	0,08	6,31	47,23
100	0,00	0,00	0,03	4,48	43,74

Tabela 06 - Área nuclear percentual remanescente dos fragmentos florestais do município do Recife, sob diferentes efeitos de borda

Fonte: Autora

5.3 Configuração das classes de tamanho dos fragmentos florestais

O índice de proximidade para as diversas distâncias estudadas apresentou pequena diferenciação na média, por classe, para as diversas distâncias avaliadas (Tabela 07).

Classe (ha)	100m	200m	300m	400m	500m
< 0,1	7944,09	7955,17	7957,61	7960,62	7962,38
0,1 - 1	8974,25	8996,77	9002,61	9005,65	9007,01
1,01- 10	42684,79	42699,69	42702,06	42703,89	42705,82
10,01 - 100	33811,67	33856,16	33890,66	33904,37	33905,04
> 100	63969,45	63983,50	63985,48	63986,16	63986,58

Tabela 07 - Índice de proximidade médio de cada classe de tamanho de fragmento florestal para diferentes distâncias no município do Recife

Fonte: Autora

Aplicado às classes de Gustafson e Parker (1994), criadores do índice, podem-se observar a aproximação e o isolamento entre os fragmentos florestais do Recife (Figura 06). Observa-se que a maior parte dos fragmentos florestais se encontra com proximidade alta, de forma que a parte central do município é a mais afetada pela diminuição da proximidade, comportamento similar à distribuição das classes de tamanho. Todos os grandes fragmentos apresentaram alta proximidade, indicando que eles, além de possuírem as áreas nucleares mais significativas do município, conseguem aumentar a riqueza ao aumentar a taxa de imigração ou recolonização de espécies (METZGER, 1999 *apud* DE PAULA E RODRIGUES, 2002). Apesar de haver locais com o índice baixo, a vegetação do Recife, no geral, encontra-se conectada, com apenas 182 fragmentos em isolamento total para a análise a 100m, de um total de 3682 fragmentos identificados.

Os pequenos fragmentos e as margens do Rio Capibaribe, localizada entre as RPA 3 e 4, demonstraram grande importância na integração da paisagem; pois, apesar de não ocuparem grandes áreas, interligam-se às existentes, principalmente da parte central e nos RPA 01, 02 e 06, onde os grandes fragmentos são mais escassos (Figura 06).

O índice de proximidade se mostra útil, como um indicador de densidade de habitat do fragmento e acessibilidade através de uma paisagem fragmentada para as populações de organismos que funcionam como metapopulações (GUSTAFSON E PARKER, 1994). Outra aplicação desta métrica é para indicação dos fragmentos menos isolados com o objetivo de

estabelecer corredores e conectividade funcional e estrutural entre fragmentos florestais (SOUZA, 2018).

Gustafson e Parker (1994) enfatizaram, porém, que, apesar de o índice indicar essa alteração, ele não considera o meio de movimentação, então qualquer não *habitat* tem potencial de impermeabilizar a movimentação de populações.

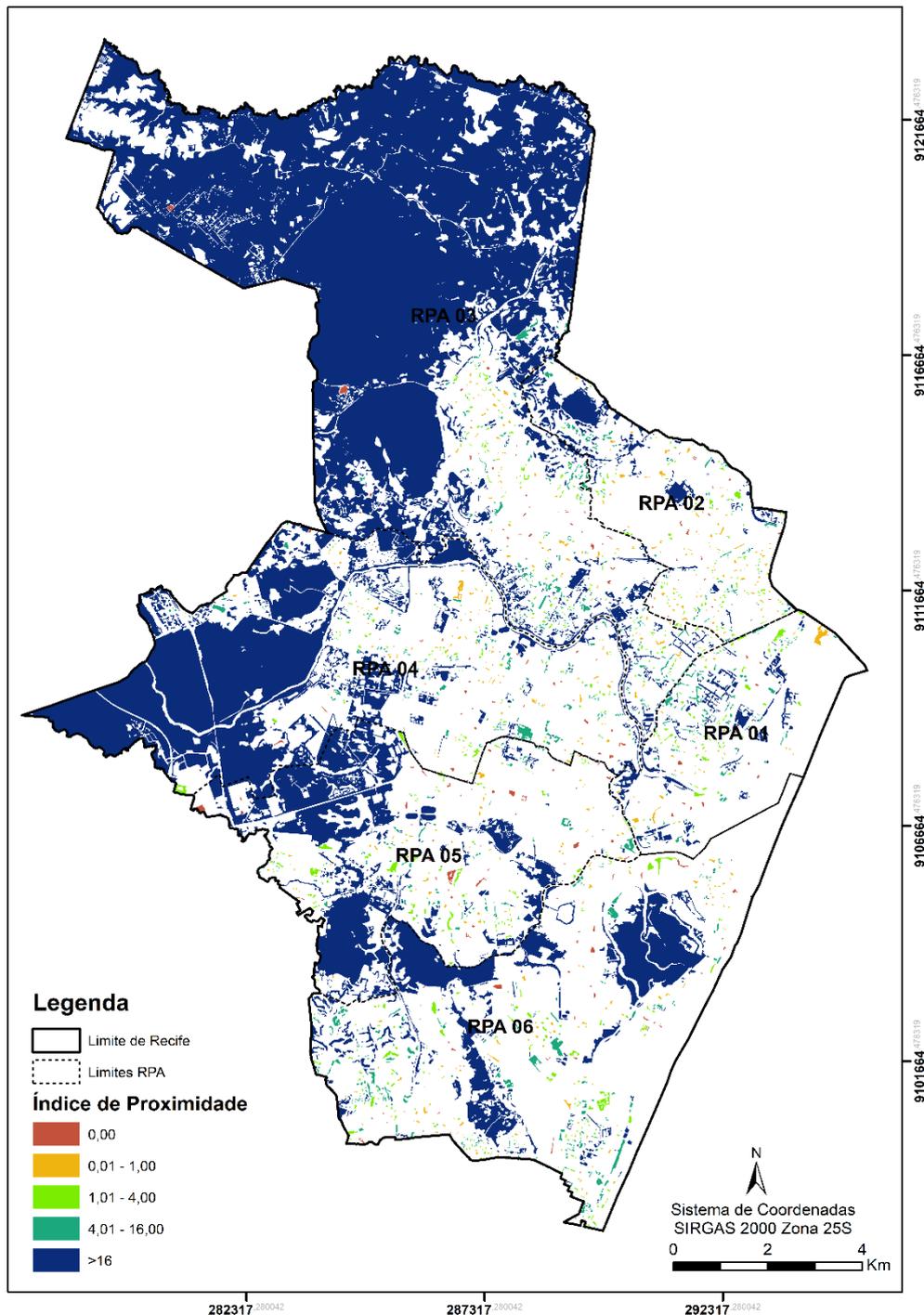


Figura 06 - Classificação dos fragmentos florestais do Recife pelo seu índice de proximidade

Fonte: Autora

5.4 Proteção e domínio de propriedade dos fragmentos florestais

Os fragmentos das classes <0,1 ha e entre 0,1 e 1 hectare obtiveram as maiores distâncias às Unidades de Conservação (UC) e menores incidências (Tabela 08). A primeira (<0,1ha), em relação ao total da classe, possui apenas 8,50% de incidência em UC, ou seja, 8,50% da quantidade total de fragmentos possui área incidente total ou parcialmente em Unidades de Conservação, com distância média de 789,93 metros e máxima de 3291,90 metros. A segunda (de 0,1ha a 1ha) foi muito similar, apresentando 8,67% de incidência em UC, 692,70 metros de distância média e 3193,94 de distância máxima (Tabela 08).

As distâncias (média e máxima) e as incidências (%) são decrescentes conforme as classes aumentam o tamanho (Tabela 08); de forma que, a partir de classe de 10,01 a 100 hectares a maior parte dos fragmentos (58,06%) está incidindo em UC, com apenas 13 de 31 fragmentos fora das áreas de UC.

Todos os fragmentos maiores que 100ha estão total ou parcialmente dentro de uma ou mais Unidades de Conservação. Para melhor visualização e compreensão, foi realizado recorte dos fragmentos e identificação das Unidades de Conservação que os gerenciam (Figura 08).

Portanto, pode-se observar que o estabelecimento de Unidades de Conservação no município do Recife tem sido determinante na conservação da cobertura florestal, visto que estes compõem 74,37% das áreas florestais do município. Para Ribeiro et al. (2009), deve-se dar atenção aos grandes fragmentos, pois apenas eles têm a capacidade de manter grandes populações.

Podem ser observados também que quanto maior o fragmento, mais próximo a uma unidade de conservação ele está. Isso pode indicar influência das UC em seus arredores, que pode advir cultural ou ecologicamente.

Classe (ha)	Fragmentos em UC (nº)	Fragmentos fora de UC (nº)	Incidência em UC (%)	Distância média (m)	Distância máxima (m)
<0,1	114	1227	8,50	789,93	3291,90
0,1 - 1	174	1833	8,67	692,70	3193,94
1,01 - 10	84	207	28,87	434,82	2547,00
10,01 - 100	18	13	58,06	195,45	1800,73
>100	12	0	100,00	0,00	0,00

Tabela 08 - Relação entre fragmentos florestais e Unidades de Conservação no Recife

Fonte: Autora

Em Recife, todos os fragmentos > 100 ha possuem área de ocupação dos fragmentos

similar ao limite da UC, indicando certa efetividade e importância da limitação, e também maior atenção por meio de Plano de Gestão específico para a Unidade, exceto na UC Beberibe (Figura 8F), onde o fragmento (o maior do município) ultrapassa seu limite à direita.

Além dessa área relativa ao fragmento >100 ha (Figura 8F), foram identificadas três grandes áreas compostas por fragmentos entre 10 e 100 ha que não estão com incidência de Unidades de Conservação, portanto, sem Plano de Manejo específico para a área (Figura 09).

Apesar disso, no município do Recife não são apenas os grandes fragmentos florestais que devem ser valorizados. As pequenas áreas não apresentaram grande influência na composição em área total, porém indicaram grande importância no estabelecimento do fluxo entre esses grandes fragmentos e, por tenderem a mudanças mais rápidas (ZHOU et al., 2018), devem ser observados com atenção pela gestão pública, inclusive devido à influência que geram nos grandes fragmentos.

Ribeiro et al. (2009) enfatizaram a necessidade de grandes fragmentos em Pernambuco, pois o estado se encontra em situação crítica em relação à Mata Atlântica, desta forma, recomenda-se maior atenção às áreas identificadas na Figura 09, assim como manutenção das UC para que seja mantido seu índice de cobertura florestal.

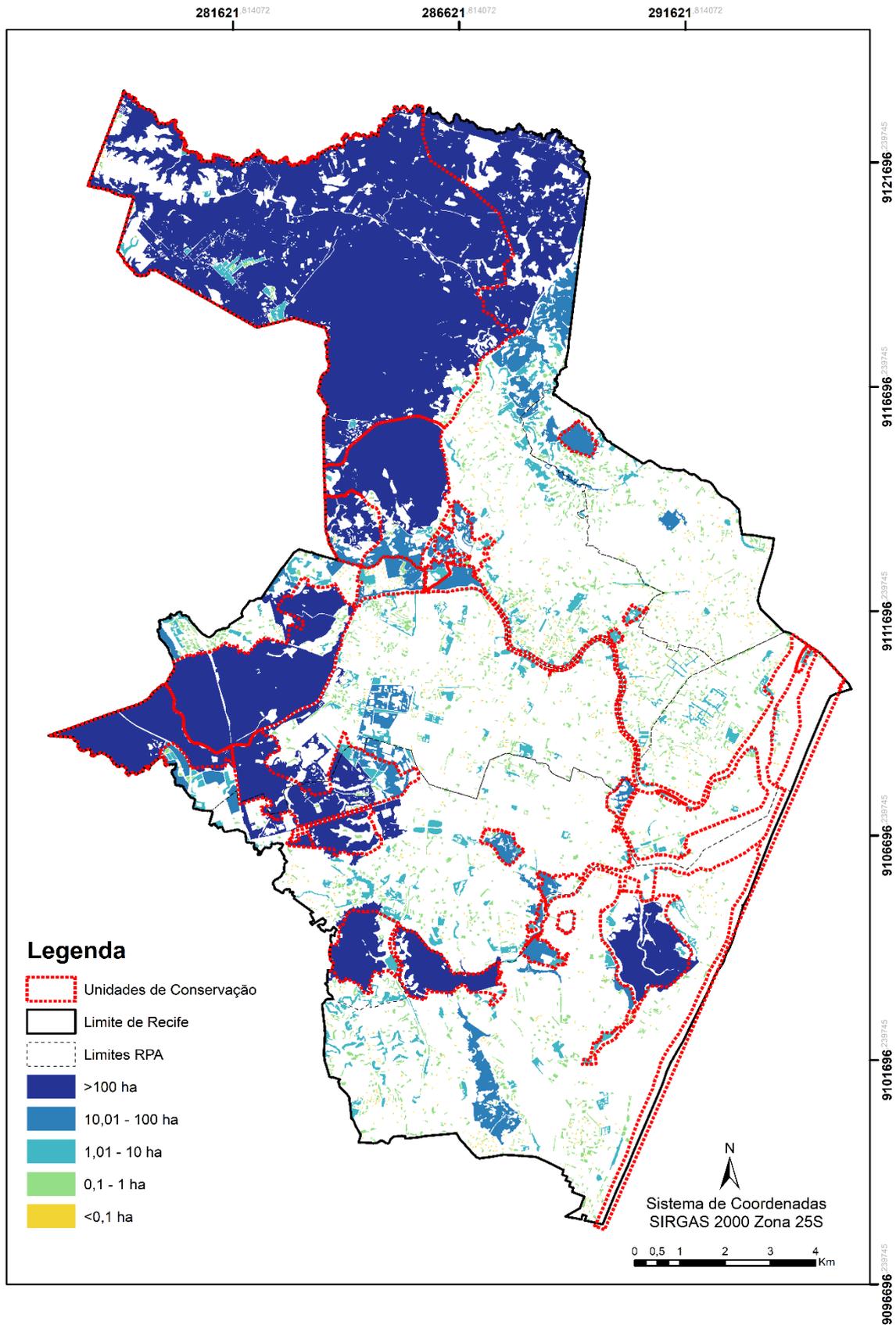


Figura 07 - Unidades de Conservação e os fragmentos florestais do Recife

Fonte: Autora

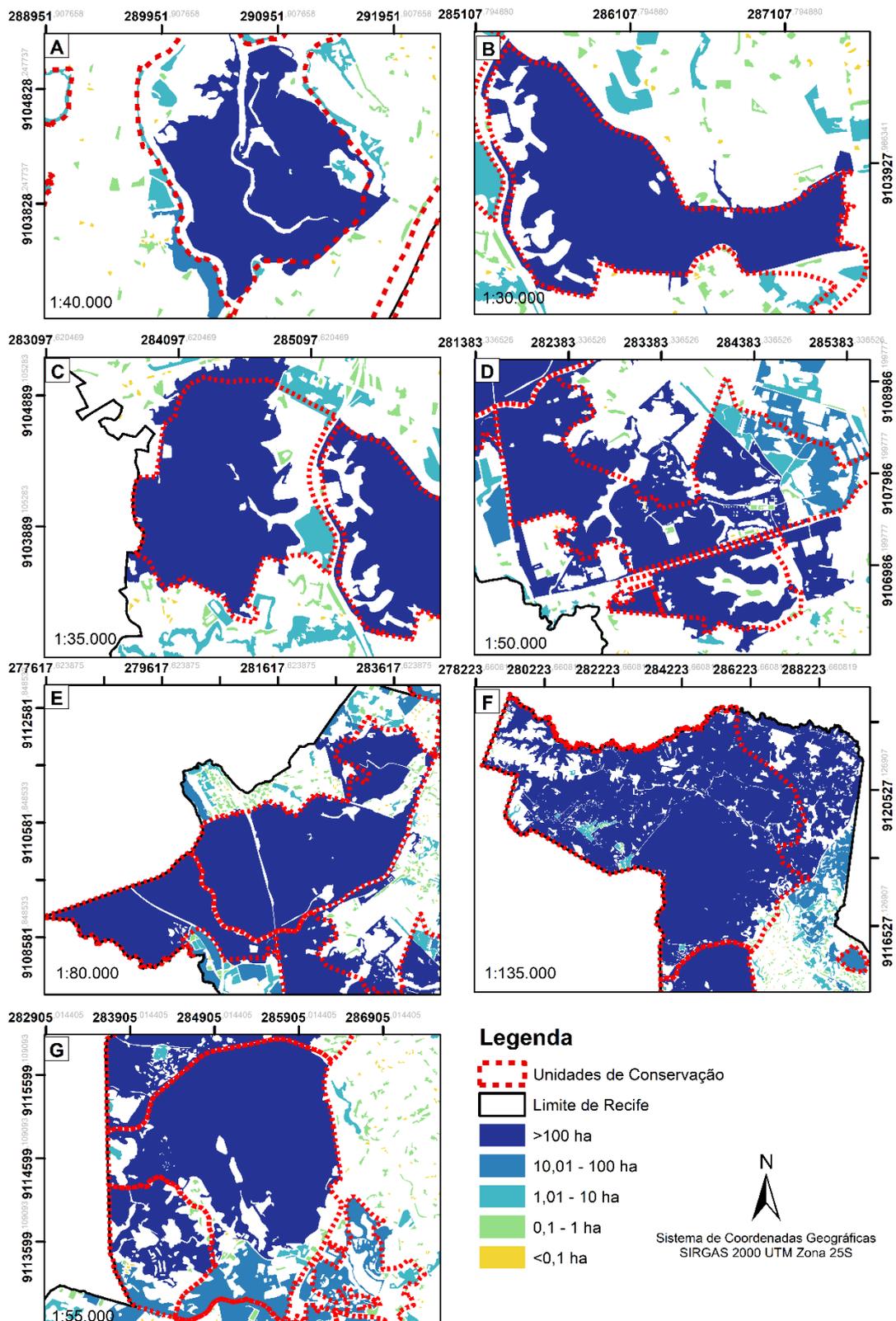


Figura 08 - Fragmentos >100 ha e Unidades de Conservação do Recife;

A - UC Parque dos Manguezais; B - UC Engenho Uchoa; C - UC Mata do Barro; D - UC Jardim Botânico, UC Curado e UC Matas do Curado; E - UC Várzea e UC Mata das Nascentes; F - UC Beberibe; G - UC Dois Irmãos e UC Sítio dos Pintos.

Fonte: Autora

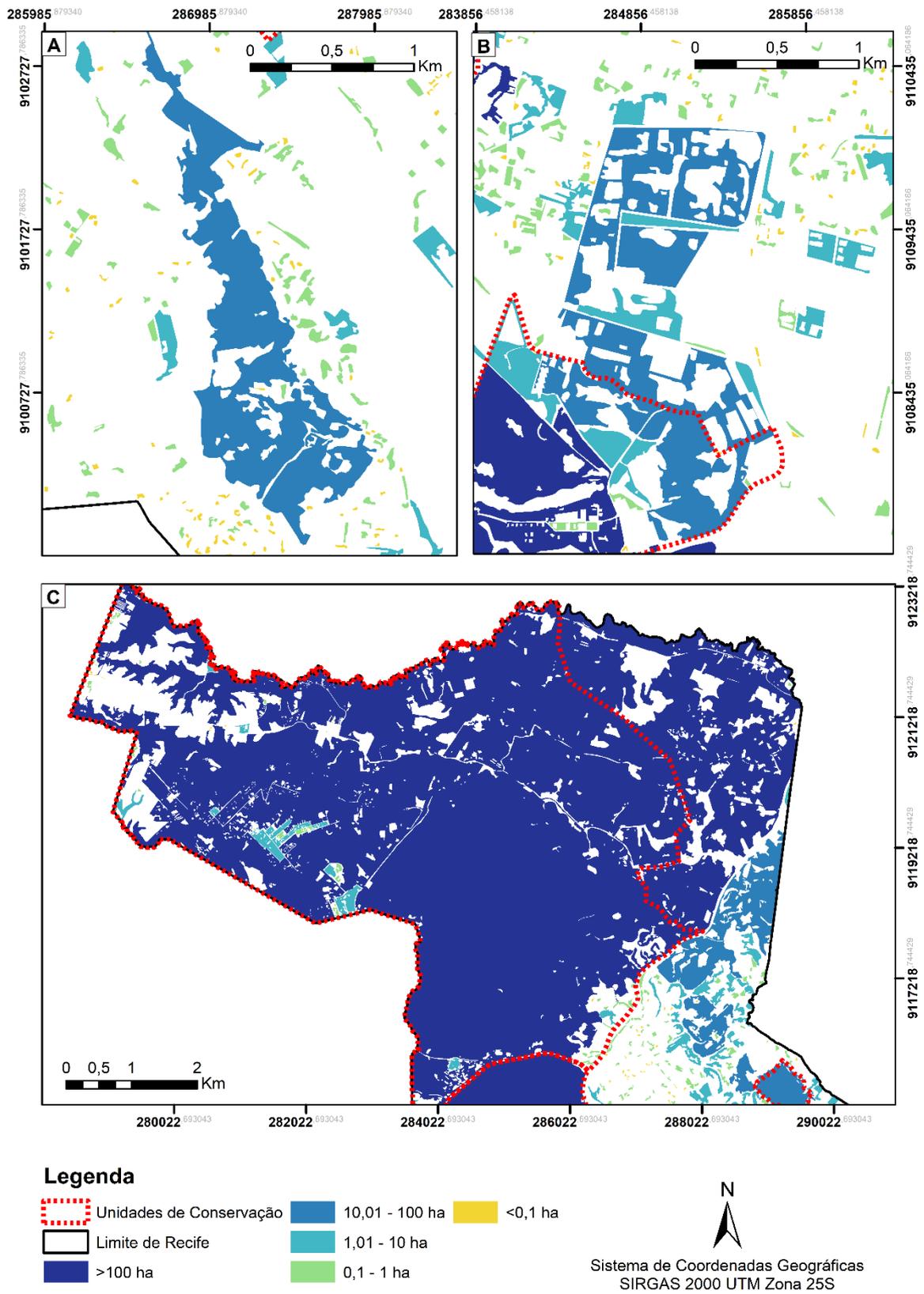


Figura 09 - Grandes Fragmentos Florestais sem incidência de Unidades de Conservação no Recife

Fonte: Autora

7 Considerações Finais

Quanto à identificação espacial dos fragmentos florestais do município do Recife, sua composição é irregular, porém a existência dos grandes fragmentos (>100 ha) é importante para a estrutura florestal do município, pois contribuem significativamente para a composição total e conseqüentemente influenciam diretamente na contribuição para a manutenção e o estabelecimento da biodiversidade. A área central do município, RPA 01 e seus arredores, especialmente às RPA 02 e 06 possuem menor incidência de fragmentos e sugere-se receber aporte de novas árvores, visto que estão sem cobertura florestal suficiente para a sustentação da biodiversidade.

Quanto à classificação dos tamanhos e efeitos de borda, Recife apresentou distribuição de área de 74,37% relativa aos fragmentos maiores que 100ha, sendo eles fortemente responsáveis pelo estabelecimento das áreas nucleares do município para efeito de borda de 100m.

Quanto à proximidade entre fragmentos, houve grande proximidade entre os grandes; os pequenos (<10 ha) favorecem a conexão entre os fragmentos do município, porém detêm índices de proximidade menores. Esses fragmentos florestais de menor índice estão localizados principalmente na área central do município, de forma que devem ser ampliados para maior conexão e estabelecimento de espécies. Apesar da alta conectividade identificada, não foram consideradas, na análise, as configurações vizinhas, de forma que se a conectividade está, então, estabelecida apenas como indicativo, pois não foi avaliada a existência de configurações, que podem impermeabilizar o sistema.

Os fragmentos florestais com tamanho >100 ha se encontram protegidos quase completamente por Unidades de Conservação, reforçando o papel municipal na proteção e gestão dos fragmentos para garantir qualidade de vida à população e aos ecossistemas. Porém, nota-se que três grandes áreas estão sem gestão direcionada a elas, de forma que se mostram vulneráveis ao crescimento do município. Por isso, sugere-se atenção pelo poder público.

Referências

- ALBERTI, M. **Advances in urban ecology: integrating humans and ecological processes in urban ecosystems**. New York: Springer, 2008.
- ALVARES, C.A.; *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 1 dez. 2013. Schweizerbart. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ALVES JR, F.T. *et al.* Efeito de borda na estrutura de espécies arbóreas em um fragmento de floresta ombrófila densa, Recife, PE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 49-56, 2006.
- BLUMENFELD, E.C. *et al.* RELAÇÕES ENTRE TIPO DE VIZINHANÇA E EFEITOS DE BORDA EM FRAGMENTO FLORESTAL. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1301-1316, out. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cflo/v26n4/0103-9954-cflo-26-04-01301.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.
- BORTOLETO, L.A.; **ANÁLISE DA DINÂMICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS: ESTUDO DE CASO DE SOROCABA-SP**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/115982/000803320.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 11 jul. 2020.
- BREUSTE, J.H.; Introduction. In: NIEMELÄ, Jari (ed.). **Urban Ecology: patterns, processes and applications**. Helsinki: Oxford University Press, 2011. p. 17-18.
- BRITO, F.A.; PINHO, B.A.T.D.; **A dinâmica do processo de urbanização no Brasil, 1940-2010**. Belo Horizonte. UFMG/CEDEPLAR, 2012. 19 p.
- CADENASSO, M. L.; PICKETT, S. T. A.; **Urban Principles for Ecological Landscape Design and Management: Scientific Fundamentals**. **Cities and the Environment**, 2008.
- COUTO, P.; Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS. **Investigação Operacional**, v. 24, n. 1, p. 109-137, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/iop/v24n1/24n1a07.pdf>. Acesso em: 02 out. 2020.

CUSHMAN, S.A.; *et al.* Parsimony in landscape metrics: strength, universality, and consistency. **Ecological Indicators**, [S.L.], v. 8, n. 5, p. 691-703, set. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.12.002>.

CUSHMAN, S. A. *et al.* Landscape Analysis for Habitat Monitoring. In: ROWLAND, M.M.; VOJTA, C.D.. **A technical guide for monitoring wildlife habitat**. Washington: United States Department Of Agriculture, 2013. p. 403. Disponível em: https://www.fs.fed.us/research/publications/gtr/gtr_wo89/gtr_wo89.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

DE PAULA, A.S.; RODRIGUES, E.; Degradação da paisagem norte paranaense: um estudo de fragmentos florestais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 23, n. 2, p. 229-238, 2002.

DRAMSTAD, W.E.; *et al.* **Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning**. Washington, DC: Harvard University, 1996.

ETTO, T.L.; *et al.* Ecologia da paisagem de remanescentes florestais na bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras - Campinas -SP. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 37, n. 6, p. 1063-1071, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622013000600008>. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/23953>. Acesso em: 11 jul. 2020.

FRANÇA, L.C.J. *et al.* ECOLOGIA DE PAISAGENS APLICADA AO ORDENAMENTO TERRITORIAL E GESTÃO FLORESTAL: procedimento metodológicos. **Nativa**, [S.L.], v. 7, n. 5, p. 613-620, 12 set. 2019. Nativa. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i5.7363>. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luciano_Franca3/publication/335798195_Ecologia_de_paisagens_aplicada_ao_ordenamento_territorial_e_gestao_florestal_procedimento_metodologicos/links/5d7bfc8aa6fdcc2f0f6dc05c/Ecologia-de-paisagens-aplicada-ao-ordenamento-territorial-e-gestao-florestal-procedimento-metodologicos.pdf. Acesso em: 30 ago. 2020.

FONSECA, B. M., *et al.* Aplicação dos conceitos e métricas de ecologia da paisagem na gestão da paisagem urbana. (2016). **Paisagem E Ambiente**, (38), 71-85. <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i38p71-85>

GUSTAFSON, E. J.; PARKER, G. R. Using an index of habitat patch proximity for landscape design. **Landscape and Urban Planning**, 1994. v. 29, n. 2-3, p. 117-130.

IBGE. **Biomass**: downloads. Downloads. 2004. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/15842-biomass.html?edicao=16060&t=downloads>. Acesso em: 09 jul. 2020.

IBGE. **Geociências**: downloads. Downloads. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 26 jul. 2020.

INMET. **NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO BRASIL**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em: 09 jul. 2020.

LAUSCH, A.; HERZOG F.; Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. **Ecological Indicators**, [S.L.], v. 2, n. 1-2, p. 3-15, nov. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1470-160x\(02\)00053-5](http://dx.doi.org/10.1016/s1470-160x(02)00053-5).

LEITÃO, A.B.; AHERN, J.; Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. **Landscape And Urban Planning**, [S.L.], v. 59, n. 2, p. 65-93, abr. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0169-2046\(02\)00005-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0169-2046(02)00005-1).

LEPCZYK, C.A.; *et al.* Biodiversity in the City: fundamental questions for understanding the ecology of urban green spaces for biodiversity conservation. **Bioscience**, [S.L.], v. 67, n. 9, p. 799-807, 9 ago. 2017. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/biosci/bix079>.

MCINTYRE, S.; HOBBS, R. A.; Framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models. **Conservation Biology**, v.13, n.6, p.1282-1292, 1999. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97509.x>

MCGARIGAL, K.; MARKS B.J; 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service General Technical Report PNW, 1994. v. 2, n. 503, p. 128. Disponível em: <http://www.umass.edu/landeco/pubs/mcgarigal.marks.1995.pdf>.

MELO, L.L.; MEUNIER, I.M.J.; EVOLUÇÃO DA ARBORIZAÇÃO DE ACOMPANHAMENTO VIÁRIO EM CINCO BAIROS DE RECIFE – PE. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife, v. 34, n. 2, p. 264-281, jan. 2017. Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/229198/23587>. Acesso em: 15 set. 2020.

METZGER, J.P.; O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, Campinas, v.1, n.1-2, p.1-9, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032001000100006&lng=pt&nrm=iso Acesso em: 13 set. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>.

MONTEIRO, M.M.G. **CARACTERIZAÇÃO DA FLORESTA URBANA DE CURITIBA-PR POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL**. 2015. 149 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/37838/R%20-%20T%20-%20MAYSSA%20MASCARENHAS%20GRISE%20MONTEIRO.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 01 out. 2020.

NASCIMENTO, M C. et al. Mapeamento dos fragmentos de vegetação florestal nativa da bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo, a partir de imagens do satélite IKONOS II. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 389-398, junho 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000300009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 02 out. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000300009>.

NIEMELÄ, J. *et al.* Introduction. In: NIEMELÄ, Jari (ed.). **Urban Ecology**: patterns, processes and applications. Helsinki: Oxford University Press, 2011. p. 1-4.

OLIVEIRA, T.H.; **Mudança espaço temporal do uso e cobertura do solo e estimativa do balanço de energia e evapotranspiração diária no município do Recife-PE**. 2012. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/10921/1/Oliveira%2cT.H.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.

OLIVEIRA, T.H. *et al.* Mensuração e distribuição do verde urbano no município do Recife – PE: bases para a gestão ambiental urbana Mensuração e distribuição do verde urbano no município do Recife – PE: bases para a gestão ambiental urbana. In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: Inpe, 2013. p. 1143-1150. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.46/doc/p0594.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2020.

PARMIGIANI, R.; SAN SOLO, D.G.; Uma análise das florestas urbanas sob a perspectiva da ecologia da paisagem: Um estudo de caso no município do Guarujá-SP. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 01, p. 296-303, 2017.

PAZ, U.F.; **GESTÃO DE ÁREAS VERDES PÚBLICAS NA CIDADE DO RECIFE, PERNAMBUCO - BRASIL**. 2016. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2016.

PREFEITURA DO RECIFE. **Área Urbana**. 2020a. Disponível em: <http://dados.recife.pe.gov.br/dataset/area-urbana>. Acesso em: 03 out. 2020.

PREFEITURA DO RECIFE. **CARACTERIZAÇÃO DO TERRITÓRIO**. 2020b. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/pagina/caracterizacao-do-territorio>. Acesso em: 10 jul. 2020.

RIBEIRO, M. C. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, 2009. v. 142, n. 6, p. 1141–1153. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>>.

RIGUEIRA, D.M.G; MARIANO-NETO, E.; **Ciência Hoje**. A perda abrupta de plantas na mata atlântica: Limiares, Rio de Janeiro, v. 54, n. 323, p. 16-19, mar. 2015.

SACCARO JÚNIOR, N. L.; COELHO, O. F. Cidades resilientes e o ambiente natural: ecologia urbana, adaptação e gestão de riscos. In: COSTA, M. A. (Org.). **O Estatuto da Cidade e a Habitat III: um balanço de quinze anos de política urbana no Brasil e a Nova Agenda Urbana**. Brasília: Ipea, 2016.

SARTORI, A.A.C. **Análise multicritérios na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais /**. 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90440/sartori_aac_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 30 set. 2020.

SCHNEIDERS, A. *et al.* Biodiversity and ecosystem services: complementary approaches for ecosystem management?. **Ecological Indicators**, [S.L.], v. 21, p. 123-133, out. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.021>.

SERAFIM, A.R.M.D.B.R; **Transformações do espaço urbano da cidade do Recife-PE como produto e condição de reprodução das intervenções urbanas: análise dos projetos de requalificação.** 2012. 264 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia Humana, Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-01032013-104957/publico/2012_AnaReginaMarinhoDantasBarbozaDaRochaSerafim_VCorr.pdf. Acesso em: 19 out. 2020.

SOUZA, J.B.; **INTEGRANDO FRAGMENTOS: UMA PROPOSTA DE CONECTIVIDADE PARA DUAS ÁREAS VERDES URBANAS DO MUNICÍPIO DE RIO BRANCO, ACRE.** 2018. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão de Áreas Protegidas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Rio Branco, 2018.

SOUZA, S.M. *et al.* ANÁLISE DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS URBANOS DA CIDADE DE VITÓRIA – ES. **Revsbau**, Piracicaba, v. 8, n. 1, p. 112-124, jan. 2013. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66348/38198>. Acesso em: 15 set. 2020.

TALLÓN-BALLESTEROS, A.J.; RIQUELME, J.C. **Data mining methods applied to a digital forensics task for supervised machine learning.** In: Computational Intelligence in Digital Forensics: Forensic Investigation and Applications. Springer, Cham, 2014. p. 413-428.

TZOULAS, K.; GREENING, K.; Urban Ecology and Human Health. In: NIEMELÄ, Jari (ed.). **Urban Ecology: patterns, processes and applications.** Helsinki: Oxford University Press, 2011. p. 263-271.

UUEMAA, E. *et al.* Landscape Metrics and Indices: an overview of their use in landscape research. **Living Reviews**, Online, v. 1, n. 3, p. 1-28, mar. 2009. Disponível em: <https://biblio.ugent.be/publication/695518/file/6820513.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2020.

VALENZUELA, G.P. *et al.* Fragmentação da Paisagem na Região Metropolitana de Aracaju-SE, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.L.], v. 71, n. 3, p. 647-678, 25 set.

2019. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia.
<http://dx.doi.org/10.14393/rbcv71n3-46623>. Disponível em:
<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/46623/26965>.
Acesso em: 19 out. 2020.

WU, J.; Urban ecology and sustainability: the state-of-the-science and future directions.
Landscape And Urban Planning, [S.L.], v. 125, p. 209-221, maio 2014. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.018>.

ZHOU, W. *et al.* The rapid but “invisible” changes in urban greenspace: A comparative study of nine Chinese cities. **Science of the Total Environment**, 2018. v. 627, p. 1572–1584. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.335>>.