

# MÉTRICAS DE PAISAGEM EM FRAGMENTOS FLORESTAIS URBANOS – ESTUDO DE CASO EM CURITIBA, PARANÁ.

## LANDSCAPE METRICS IN URBAN FOREST FRAGMENTS – CASE OF STUDY IN CURITIBA, PARANÁ

Fábio Henrique Massalli<sup>1</sup>, Daniela Biondi<sup>2</sup>, Iran Jorge Corrêa Lopes<sup>3</sup>

### RESUMO

As áreas verdes urbanas, em especial os Fragmentos Florestais Urbanos (FFU), desempenham um papel importante na manutenção dos ecossistemas urbanos, contribuindo para a regulação microclimática, a conservação da biodiversidade e o bem-estar da população. Um dos métodos para avaliar a estrutura dos FFU consiste na aplicação dos princípios da ecologia da paisagem, cujos componentes fundamentais incluem as áreas verdes. O objetivo foi avaliar a ecologia da paisagem dos FFU em Curitiba, Paraná, por meio de métricas de paisagem. Foram selecionados 118 FFU correspondentes a: 2 Estação Ecológica, 30 Parque Natural Municipal, 1 Parque Linear, 16 Bosque Municipal, 10 Bosque de Conservação da Biodiversidade Urbana, 1 Refúgio da Vida Silvestre (RVS), 57 Reserva Particular do Patrimônio Natural Municipal (RPPNM) e 1 Jardim Botânico. As imagens foram obtidas da constelação de satélites Planet e o processamento das imagens foi realizado no software QGIS® 3.28.1, com a técnica de classificação semiautomática. As métricas de paisagem analisadas foram área, forma e conectividade entre fragmentos, calculadas em ambiente R versão 4.3.3. O fragmento com a maior área foi encontrado no RVS do Bugio (373,79 ha). A forma mais regular foi vista na RPPNM Cascatinha (1,04) e a mais irregular no RVS do Bugio (14,17). Quanto à conectividade, o fragmento na RPPNM Moraz foi o mais isolado (10263 m). Constatou-se ainda que os valores da área dos fragmentos apresentaram maior variação do que a forma dos fragmentos.

**Palavras-chave:** Análise da Paisagem; Áreas verdes; Conectividade; Ecologia da Paisagem; Estrutura da paisagem.

### ABSTRACT

Urban green areas, especially Urban Forest Fragments (UFF), play an important role in maintaining urban ecosystems, contributing to microclimate regulation, biodiversity conservation and population well-being. One of the methods to assess the structure of UFFs consists of applying the principles of landscape ecology, whose fundamental components include green areas. The objective was to evaluate the landscape ecology of UFFs in Curitiba, Paraná, through landscape metrics. A total of 118 UFFs were selected, corresponding to: 2 Ecological Stations, 30 Municipal Natural Parks, 1 Linear Park, 16 Municipal Forests, 10 Urban Biodiversity Conservation Forests, 1 Wildlife Refuge (RVS), 57 Private Municipal Natural Heritage Reserves (RPPNM) and 1 Botanical Garden. The images were obtained from the Planet satellite constellation and the image processing was performed in the QGIS® 3.28.1 software, with the semi-automatic classification technique. The landscape metrics analyzed were area, shape and connectivity between fragments, calculated in R version 4.3.3. The fragment with the largest area was found in the Bugio RVS (373.79 ha). The most regular shape was seen in the Cascatinha RPPNM (1.04) and the most irregular in the Bugio RVS (14.17). Regarding connectivity, the fragment in the Moraz RPPNM was the most isolated (10,263 m). It was also found that the values of the area of the fragments showed greater variation than the shape of the fragments.

**Keywords:** Landscape ecology; Landscape analysis; Green Areas; Connectivity; Landscape structure.

Recebido em 07.05.2025 e aceito em 29.07.2025

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná. Email: fabinhomassalli94@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheira Florestal. Doutora. Professora – Universidade Federal do Paraná. Email: dbiondi@ufpr.br

<sup>3</sup> Engenheiro Florestal. Doutorando. Universidade Federal do Paraná. Email: irancorrealopes@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Em 2020, 56,2% da população mundial reside em áreas urbanas, com projeções indicando que este percentual atingirá 60,4% até 2030 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU), 2020). Este crescimento é acompanhado por uma expansão territorial das cidades que supera, em proporção, o aumento populacional (ONU, 2020). Nesse cenário, a preocupação com a sustentabilidade urbana tem ganhado destaque, sendo formalmente reconhecida por meio do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11, estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2020). Esse objetivo visa promover cidades e comunidades sustentáveis, assegurando que o desenvolvimento urbano ocorra de forma inclusiva, resiliente e ambientalmente responsável.

Nas décadas passadas, houve um crescimento sem precedentes das cidades em todo o mundo. Este crescimento ocorreu de forma desenfreada, resultando em problemas causados pela falta de planejamento, estrutura e gestão para suportar a demanda por espaço e recursos, levando à deterioração da qualidade ambiental, do solo, água e ar (GRISE, 2015). Este desenvolvimento descontrolado resultou em um aumento das desigualdades nas cidades, expondo comunidades mais carentes a uma maior ameaça frente a eventos climáticos extremos (ONU, 2020).

Ao se priorizar um desenvolvimento sustentável das cidades, vários benefícios podem ser alcançados, como a proteção contra enchentes, segurança alimentar e hídrica, além do aumento de áreas recreacionais (ONU, 2020). Várias pesquisas apontam outros benefícios fornecidos pelas florestas urbanas, como a melhoria no bem estar da população; diminuição de problemas psicológicos, e cardíacos; melhoria no microclima, tanto no entorno quanto nos próprios fragmentos; melhoria na qualidade do ar; e proteção contra erosão (RIBEIRO et al., 2019; RAYMUNDO et al., 2020; REYES-RIVEROS et al., 2021; SILVA; PEREIRA; PERES, 2021; KONG et al, 2022; CHENG et al., 2024; MERLON et al., 2024).

A ecologia da paisagem é uma ciência que estuda a paisagem e seus padrões, as interações dos fragmentos de uma paisagem dentro de uma matriz e suas modificações ao longo do tempo. A matriz é o elemento dominante de uma paisagem, enquanto os fragmentos são porções destoantes da matriz (McGARIAL; MARKS, 1994; GRISE; BIONDI; ARAKI, 2016b). Por meio dessa abordagem, é possível avaliar aspectos como a conectividade, a fragmentação e a funcionalidade das áreas verdes, contribuindo para o planejamento e a gestão sustentável das cidades (BARBOSA; FARIA; CARDOSO-LEITE, 2024).

Considerando os benefícios, anteriormente citados, que as florestas urbanas proporcionam, a mensuração de suas características estruturais torna-se essencial para compreender e otimizar seu papel no ambiente urbano. Para analisar a paisagem de forma sistemática, é importante mensurá-la, através de métricas específicas, chamadas de métricas da paisagem (McGARIAL; MARKS, 1994; GRISE; BIONDI; ARAKI, 2016b).

Estas métricas são: métricas de área, que avaliam o tamanho e a extensão dos fragmentos, sendo preferível fragmentos com áreas maiores; métricas de vizinho mais próximo, que examinam a proximidade e a distribuição espacial dos elementos da paisagem, desejando-se a proximidade entre os fragmentos, portanto, um possuindo um menor valor; métricas de forma, que analisam a configuração geométrica dos fragmentos (FORMAN; GODRON, 1986). Essas métricas, em conjunto, fornecem uma base quantitativa robusta para a compreensão da estrutura e dinâmica da paisagem, contribuindo para o planejamento e a gestão sustentável de ecossistemas urbanos e naturais, tendo aplicações já efetivadas para o município de Curitiba (REIS et al., 2020; REIS et al., 2021; GRISE; BIONDI; ARAKI, 2016b).

Dado o conjunto de benefícios que a floresta urbana, e em especial os FFU e buscando conhecer melhor a ecologia da paisagem dos FFU de Curitiba, além de considerar o incremento do número de áreas verdes em relação às pesquisas anteriores (GRISE, 2015; LOPES, 2022), faz-se necessário atualizar estas pesquisas, para averiguando a mudança na dinâmica da paisagem. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a ecologia da paisagem, nos fragmentos florestais urbanos na cidade de Curitiba, Paraná, por meio de métricas de paisagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná. O marco-zero de Curitiba está localizado nas coordenadas 25°25'48" Sul e 49°16'15" Oeste. Possui uma área de 434,892 km<sup>2</sup> e uma área urbanizada de 336,51 km<sup>2</sup> (77,31%), com uma população de 1.773.718 habitantes, e uma renda *per capita* de R\$ 49.907,02 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2025; CURITIBA, 2024).

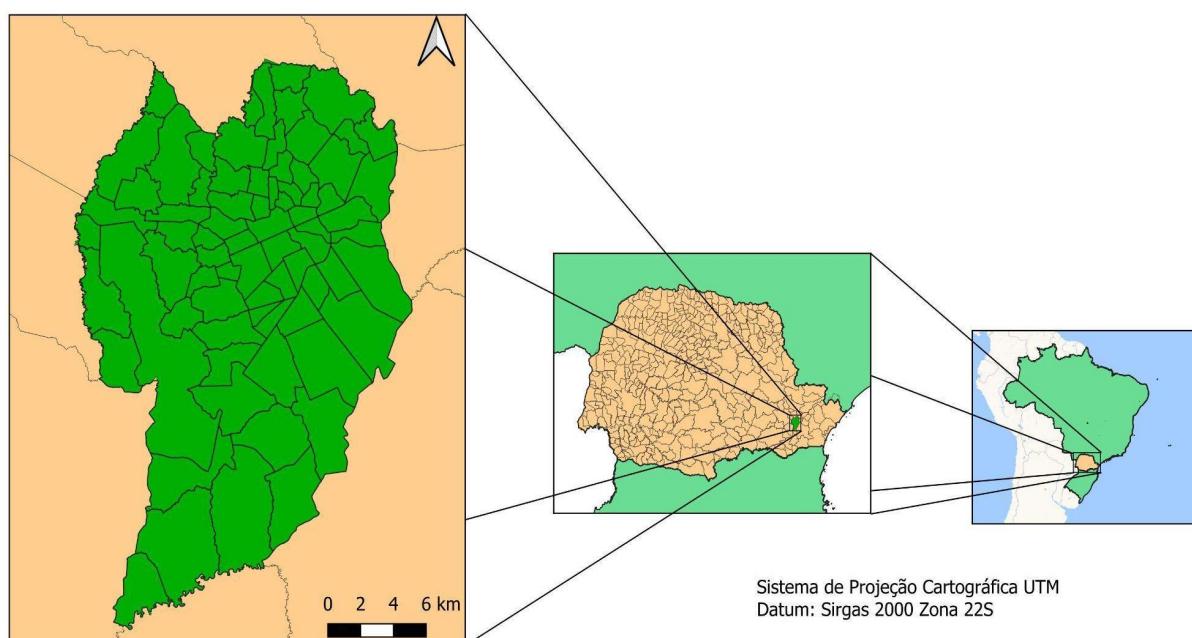
O município de Curitiba está situado a uma altitude média de 934,6 m acima do nível do mar, dentro do Primeiro Planalto Paranaense. O clima da região é classificado como Cfb, segundo a classificação de Köppen-Geiger, com médias pluviométricas de 1.550 mm e temperaturas variando de 21,1 °C a 35°C nos meses mais quentes e de 12,4°C a -2°C nos meses mais frios (WREGE et al., 2012).

A cidade de Curitiba é subdividida em 10 regionais administrativas: Santa Felicidade, Matriz, Boa Vista, Cajuru, CIC, Portão, Pinheirinho, Boqueirão, Bairro Novo e Tatuquara, na qual se distribuem 75 bairros (Figura 1).

A vegetação da cidade é composta por estepes Gramíneo-Lenhosas (Campos) e Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), no bioma Mata Atlântica (MAACK, 2017). No município, existem cinco tipos diferentes de solos, sendo eles: Argissolo, Cambissolo, Gleissolo, Latossolo e Organossolo (ZONTA, 2012).

Com relação às áreas verdes de Curitiba, estas são classificadas como de proteção integral e de uso sustentável. As de proteção integral, que são subdivididas em Estação Ecológica (EE); Parque Natural Municipal (PNM); Reserva Biológica (RB); Parque Linear (PL);

Área Verde de Lazer (AVL); Bosque Municipal (BM); Bosque de Conservação da Biodiversidade Urbana (BCBU); Refúgio da Vida Silvestre (RVS); Reserva Particular do Patrimônio Natural Municipal (RPPNM); e Específicas (CURITIBA, 2020).



Fonte: OS AUTORES, (2025) adaptado de IBGE (2025), IAT (2025) e IPPUC (2025).

Figura 1. Localização da cidade de Curitiba.

Figure 1. Location map of Curitiba.

As Estações Ecológicas (EE) visam à preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas, sendo de propriedade pública, com proibição à visitação, exceto com objetivo educacional (CURITIBA, 2020).

Os Parques Naturais Municipais (PNM) têm como objetivo a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, sendo permitida a realização de pesquisas científicas, o desenvolvimento de atividades de educação, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (CURITIBA, 2020).

Os Parques Lineares (PL) objetivam a preservação dos fundos de vale ao longo dos cursos de água, sendo áreas públicas e podendo conter outras unidades de conservação (CURITIBA, 2020).

As áreas verdes de lazer buscam preservar os elementos que compõem o espaço urbano. Estas áreas são criadas também como necessidade higiênica, de recreação e de defesa do meio ambiente. Suas denominações variam conforme suas características físicas, podendo ser Praça, Jardinete, Largo, Eixo de Animação, Jardim Ambiental e Núcleo Ambiental (CURITIBA, 2020).

O Bosque Municipal (BM) pretende preservar os maciços vegetais de mata nativa representantes da flora municipal (CURITIBA, 2020).

Os Bosques de Conservação da Biodiversidade Urbana (BCBU) têm como objetivo a conservação e recuperação da biodiversidade local. Estas áreas devem ter, no mínimo, 70% de

sua área ocupada por Floresta com Araucária, podendo conter equipamentos de uso público, lazer e atividades recreativas (CURITIBA, 2020)

O Refúgio da Vida Silvestre (RVS) tem como objetivo a proteção de ambientes naturais, abrangendo áreas do município e áreas particulares, desde que seja possível a compatibilização dos objetivos da unidade de conservação com a utilização da terra e dos recursos naturais do local pelos proprietários (CURITIBA, 2020).

As Reservas Particulares do Patrimônio Natural Municipal (RPPNM) são reservas privadas, de caráter perpétuo, com o objetivo de conservar a biodiversidade. Sua criação deve partir de iniciativa do proprietário do imóvel. (CURITIBA, 2020).

As áreas verdes específicas são criadas com um fim e objetivo específico, tais como Jardim Zoológico, Pomar Público e Jardim Botânico, com visitação e pesquisa sujeitas às normas estabelecidas por cada unidade de conservação (CURITIBA, 2020).

As Unidades de Uso Sustentável são classificadas em Área de Proteção Integral (APA) e Área de Relevante Interesse Ecológico. A APA tem como objetivo proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade dos recursos naturais. Estas áreas podem ser públicas ou privadas, com um certo grau de ocupação humana e com atributos que são especialmente importantes para a qualidade de vida e bem-estar das populações humanas. Podem ser estabelecidos limites e restrições para a utilização de propriedades privadas no interior de uma APA. A visitação e pesquisa nas áreas de domínio público são estabelecidas pela administração e nas áreas particulares pelos proprietários (CURITIBA, 2020).

As Áreas de Relevante Interesse Ecológico possuem características naturais extraordinárias ou abrigam exemplares raros da biota regional, sendo em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana. Estes podem ser públicos ou privados e podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de propriedades privadas que na Área de Relevante Interesse Ecológico existirem (CURITIBA, 2020).

Em 2023 havia em Curitiba 10 BCBUs, 16 BMs, 2 EEs, 1 Jardim Botânico, 30 PNMs, 3 PLs, 57 RPPNMs, 1 Refúgio da Vida Silvestre e 1169 áreas verdes de lazer (IPPUC, 2023).

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização desta pesquisa, foram obtidas cinco imagens da constelação de satélites Planet, datadas de agosto de 2023, com resolução espacial de 5 m. Estas imagens foram unidas e processadas no software QGIS® 3.28.10.

Para o processamento da imagem, recortou-se a área limítrofe do município de Curitiba, com o uso de *shapefiles* disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC), no ano de 2023.

Foi realizada uma classificação semiautomática assistida, utilizando-se o *plugin* SPC (CONGEDO, 2021). A partir deste *plugin*, foi gerado um mapa com a classificação de uso do solo do município em quatro classes: Floresta; Água; Infraestrutura Urbana; e Gramado.

Classificadas as imagens, verificou-se sua acurácia estatística, utilizando-se para isto o Índice Kappa, realizado no software QGIS.

Desta classificação, foi novamente realizado um recorte na área da imagem, desta vez somente com as áreas verdes públicas, juntamente com as RPPNMs, da cidade de Curitiba. Estes dados foram obtidos da base de dados do IPPUC (IPPUC, 2023), em diferentes arquivos *shapefiles* e unificados, agrupando dados de Estações Ecológicas, Parques Naturais Municipais, Parques Lineares, Bosques Municipais, Bosques da Conservação da Biodiversidade Urbana, Refúgio da Vida Silvestre, Jardim Botânico e Reservas Particulares do Patrimônio Natural Municipal. Estes *shapefiles* foram obtidos no mês de agosto e se referem a dados entre fevereiro de 2019 e janeiro de 2023.

Para a análise da paisagem, foram utilizadas as métricas de área, forma, e conectividade entre fragmentos, para a escala de fragmento. As métricas de forma e conectividade entre fragmentos foram calculadas em ambiente R, versão 4.3.3. As métricas são obtidas a partir das equações:

Equação 1 – Área do Fragmento (McGARIGAL; MARKS, 1995).

$$\text{Área} = a_{ij} \times (1/10000) \quad (1)$$

Onde:  $a_{ij}$  = área ( $m^2$ ) do fragmento  $ij$ , dividido por 10.000 (para converter para hectares)

Equação 2 – Forma do Fragmento (McGARIGAL; MARKS, 1995).

$$\text{Forma} = 0,25p_{ij} / \sqrt{a_{ij}} \quad (2)$$

Onde:

$p_{ij}$  = perímetro (m) do fragmento  $ij$ ;

$a_{ij}$  = área ( $m^2$ ) do fragmento  $ij$ .

A Equação 3 – Conectividade do Fragmento (McGARIGAL; MARKS, 1995).

$$enn = h_{ij} \quad (3)$$

Onde:  $h_{ij}$  = distância (m) do fragmento  $ij$  até o fragmento vizinho mais próximo do mesmo tipo (classe), baseado na distância de borda-a-borda.

Na sequência, foi realizada uma análise estatística para as métricas de área e forma dos fragmentos, por meio do coeficiente de variação, em ambiente R 4.3.3. Para a conectividade não foi possível realizar esta análise. O cálculo do coeficiente de variação é dado pela Equação 4.

Equação 4 – Coeficiente de variação (SPIEGEL, 1972).

$$cv = s/X \quad (4)$$

Onde:

$s$ =Desvio padrão

$X$ =Média aritmética.

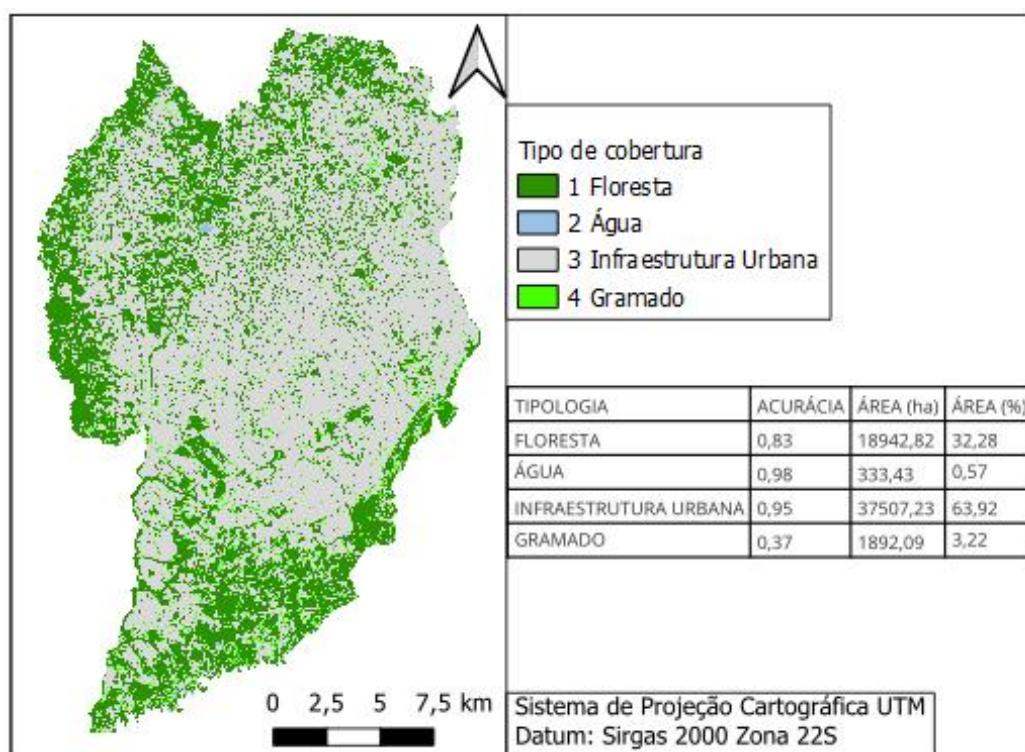
Os FFU foram classificados segundo critérios recomendados por Forman e Godron (1986), com adaptação de Grise (2015), a partir dos resultados dos cálculos das métricas de paisagem. A classificação considerou:

- a) Fragmentos remanescentes - correspondem às ilhas de vegetação que resistiram a distúrbios nas áreas ao seu redor, mas preservam características da biota nativa, sendo áreas verdes com mais de 100.000 m<sup>2</sup> (GRISE, 2015; LOPES, 2022);
- b) Fragmentos de perturbação - são originários de áreas de vegetação que sofreram distúrbio e foram descaracterizadas, com área de 7.500 a 100.00 m<sup>2</sup> (GRISE, 2015; LOPES 2022), podendo servir como corredores em faixas de vegetação;
- c) Fragmentos introduzidos - são áreas com vegetação de 2.500 a 7.500 m<sup>2</sup> (GRISE, 2015; LOPES, 2022), podendo servir como corredores em quadras;
- d) *Urban stepping stones* ou trampolins ecológicos urbanos - são caracterizados pela cobertura de vegetação entre 1000 e 2500 m<sup>2</sup> (GRISE, 2015; LOPES 2022).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor do coeficiente Kappa para a classificação da imagem de satélite foi de 0,8797 de acurácia, considerado um valor excelente, por ser superior a 0,8, conforme Diotto e Fuzzo (2021). Para as diferentes tipologias de áreas verdes, o Kappa foi de 0,8331; 0,9836; 0,9477; e 0,3689 para fragmentos florestais, água, infraestrutura urbana e gramado, respectivamente. Ainda segundo Diotto e Fuzzo (2021), todas as classificações são consideradas excelentes, com exceção da tipologia gramado, que é considerada razoável, devido à sua semelhança espectral com a classe fragmentos florestais.

Os resultados do processamento estão apresentados na Figura 2. Os fragmentos florestais ocuparam 70,34%, a água 3,08%, a infraestrutura urbana 20,64% e o gramado 5,94% da área total (Figura 2). Lopes (2022), ao analisar a cidade de Curitiba, encontrou resultados divergentes. Em relação à cobertura da infraestrutura urbana, obteve 42,5%, à cobertura vegetal (19,6%) e gramados (14%), além de ter considerado como classe o solo exposto (19,3%). O valor para água foi semelhante, com (4,6%). Estas diferenças são explicadas, principalmente, pelo fato deste trabalho ter focado exclusivamente nas áreas verdes, diferentemente de Lopes (2022), que analisou a totalidade da área da cidade de Curitiba. Grise, Biondi e Araki (2016a), por outro lado, analisou a cobertura de vegetação nas áreas verdes de Curitiba, encontrando também resultados semelhantes. Neste levantamento, o conjunto das áreas verdes analisadas apresentaram, em média, 73,68% com cobertura vegetal. As variações observadas nesta pesquisa em relação aos autores citados são devidas ao número de classes do tipo de cobertura, à metodologia de classificação utilizada e à dinâmica da paisagem entre os períodos de observação.



Fonte: OS AUTORES, (2025)

Figura 2. Classificação das classes de uso do solo de Curitiba.

Figure 2. Classification of land use classes in Curitiba.

Considerando as proporções das tipologias de áreas verdes de Curitiba, os resultados podem ser visualizados na Tabela 1. Destaca-se a baixa cobertura dos fragmentos florestais nos Parques Lineares, com 30,73%, além da infraestrutura urbana, que ocupa 42,09%. Outros valores que chamam a atenção são a cobertura florestal dos Parques Naturais Municipais e do Jardim Botânico, ambos abaixo de 70%. O Parque Linear também se destaca com a maior cobertura de água, com 18%. Também se destaca a percentagem de fragmentos florestais nas RPPNM, chegando a 98,70% da cobertura.

Vale ressaltar que comumente as áreas verdes em Curitiba são criadas com o intuito de preservar os recursos hídricos. Os Parques Lineares, em especial, desempenham esta função por sua característica de acompanhar cursos d'água e assim apresentam uma grande porcentagem de sua área como água e uma baixa porcentagem de cobertura florestal.

Estes resultados correspondem com os resultados obtidos por Grise, Biondi e Araki (2016a), ao analisar as áreas verdes em Curitiba, com PNM representando 74,85% e BM 86,83% das áreas verdes mapeadas. A proximidade dos valores referentes aos BM era esperada, uma vez que não houve a criação de novos BM no período de 2016 a 2023, já que o último BM criado foi o BM do Trabalhador, em 2011. Por outro lado, a variação observada na proporção dos Parques também era previsível, considerando a implementação de 11 novos Parques no período, incluindo 10 PNM e 1 PL. Esse aumento reflete a contínua expansão e diversificação das áreas verdes na cidade, destacando a importância de estudos atualizados para o monitoramento e planejamento desses espaços.

Tabela 1. Proporções de cada classificação por tipologia.

Table 1. Proportions of each classification by typology.

Tipologia	Classificação	Proporção (%)
BCBU	Fragmento Florestal	88,95
	Água	0,09
	Infraestrutura Urbana	9,14
	Gramado	1,82
Bosque	Fragmento Florestal	88,00
	Água	0,10
	Infraestrutura Urbana	10,39
	Gramado	1,49
Estação Ecológica	Fragmento Florestal	91,70
	Água	0,28
	Infraestrutura Urbana	6,15
	Gramado	1,87
Parque Natural Municipal	Fragmento Florestal	67,49
	Água	4,14
	Infraestrutura Urbana	22,28
	Gramado	6,09
Parque Linear	Fragmento Florestal	30,73
	Água	18,00
	Infraestrutura Urbana	42,09
	Gramado	9,17
Jardim Botânico	Fragmento Florestal	65,77
	Água	4,91
	Infraestrutura Urbana	26,28
	Gramado	3,04
RPPNM	Fragmento Florestal	98,70
	Água	0,05
	Infraestrutura Urbana	1,07
	Gramado	0,18
Refúgio da Vida Silvestre	Fragmento Florestal	71,61
	Água	1,82
	Infraestrutura Urbana	20,55
	Gramado	6,02

Os principais resultados estão na Tabela 2. Estes resultados foram dos dez maiores FFU, das dez formas mais regulares, das dez formas mais irregulares e dos dez fragmentos mais isolados na malha urbana, podendo um fragmento estar em mais de uma categoria. Da Tabela 2, destaca-se o RVS do Bugio, que possui quatro dos dez maiores fragmentos florestais da cidade, além de cinco dentre os dez com a forma mais irregular. O PNM Iguacu se encontra em situação similar, apresentando dois dos maiores fragmentos, que também possuem duas das piores formas.

Ainda se destacaram as RPPNM Cascatinha e Vila Clara, e outro fragmento no RVS do Bugio, com valores de forma que se aproximam de 1. Valores de forma próximos de 1 indicam uma semelhança do fragmento com um círculo, o que diminui os impactos que o fragmento sofre do exterior (efeito de borda) (VIDOLIM, et al, 2011; HESSELBARTH, 2024).

Outro destaque foi ao que se refere à conectividade das RPPNM Cascatinha e Beppe Nichele, além de um BCBU sem nome localizado no bairro Sítio Cercado, que apresentaram elevados valores de conectividade, o que indica seu isolamento na malha urbana em relação à outra área verde de mesma tipologia.

Tabela 2. Métricas de paisagem dos principais fragmentos

Table 2. Landscape metrics of the main fragments

Tipologia	Área (ha)	Forma	Coneectividade (m)	Nome
RVS	393,79	14,17	10	RVS do Bugio
PNM	310,43	11,48	10	PNM Iguaçu
RVS	118,27	7,23	10	RVS do Bugio
RVS	73,11	4,77	10	RVS do Bugio
PNM	69,14	4,82	11	Parque Náutico
RVS	63,27	7,71	10	RVS do Bugio
PNM	47,83	3,06	10	PNM do Barigui
RPPNM	35,25	2,01	31	RPPNMs Tingui I; II; III; V; VI; VII; VIII; IX; X; XI; XII; XIII; XIV; XV; XVI; XVII; XIX; XX; XXI
EE	31,39	2,57	11	EE Campos Naturais de Curitiba – Tereza Urban
PNM	29,79	9,05	10	PNM Iguaçu
PNM	15,48	7,35	11	Parque Municipal do Passaúna
PNM	14,99	7,21	10	PNM Olímpico do Cajuru
PNM	11,34	6,67	14	Parque Municipal do Passaúna
RVS	21,42	6,46	10	RVS do Bugio
RVS	11,56	5,60	11	RVS do Bugio
RPPNM	1,00	1,04	1233	RPPNM Cascatinha
RPPNM	0,60	1,14	71	RPPNM Vila Clara
RVS	0,27	1,15	24	RVS do Bugio
RVS	0,20	1,19	11	RVS do Bugio
RPPNM	0,45	1,20	1495	RPPNM Barigui
RPPNM	5,94	1,23	1323	RPPNMs Taboa; Canela; Cedro-Rosa; Erva-mate; Guabiroba; Jerivá
RVS	0,19	1,25	17	RVS do Bugio
RPPNM	2,31	1,26	10263	RPPNM Moraz
BOSQUE	5,08	1,27	2557	Bosque Capão da Imbuia
BCBU	1,36	1,27	14	BCBU Vitória Régia
BCBU	1,04	1,45	8198	BCBU Sem nome, localizado no Sítio Cercado.
RPPNM	1,68	1,31	5627	RPPNM Beppe Nichele
EE	25,08	3,58	4928	EE Cambuí
Bosque	10,82	1,52	4407	Bosque Reinhard Maack
Bosque	1,00	2,43	3476	Parque Gomm
RPPNM	0,62	2,42	3108	RPPNM Bacacheri
Bosque	1,43	1,66	2706	Bosque Municipal Doutor Martim Lutero - Boa Vista
PNM	17,32	2,41	2502	Parque Pinhal do Santana

Nota: EE = Estação ecológica; PNM = Parque Natural Municipal; RPPNM = Reserva do Patrimônio Natural Municipal; RVS = Refúgio da Vida Silvestre.

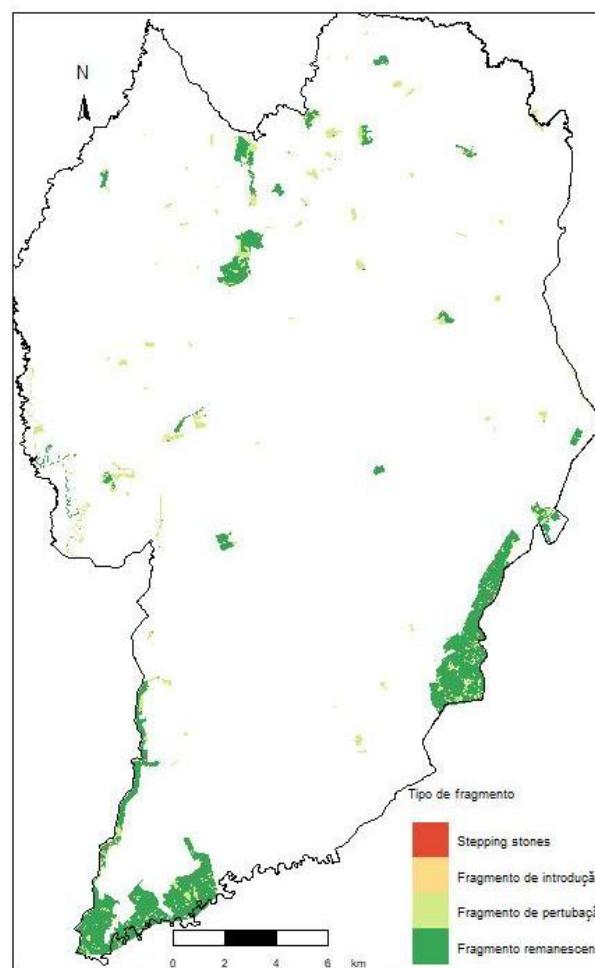
Os valores do Coeficiente de Variação (CV) foram de 5,63 para a área e 0,60 para a forma. Isto indica que os valores da área têm uma maior variação do que a forma dos fragmentos, equivalente a 563%. Ao se analisar os fragmentos de Curitiba, Grise (2015) encontrou uma variação, para a área dos fragmentos da paisagem, de 4919,21%, superior ao encontrado nesta pesquisa.

Esta variação ocorre devido ao recorte e a escala realizado nesta pesquisa, demonstrando que, mesmo considerando somente as áreas verdes na análise, ainda existe

uma elevada variação nas áreas dos fragmentos. Essas duas métricas são importantes para a análise da ecologia da paisagem e ao possuir esta significativa variação, tem-se um indicativo de que a qualidade e resiliência dos fragmentos no ambiente urbano podem ser negativamente afetados à longo prazo, além de evidenciarem a diversidade dos componentes estruturais da paisagem.

Na Figura 3 pode-se observar uma carência de FFU com grandes dimensões na região central da cidade, com concentração de FFU nas regiões norte e sul da cidade, além da presença de um grande fragmento isolado na região leste. Ressalta-se que os fragmentos localizados na região sul da cidade concentram-se especificamente no RVS do Bugio, que é a maior área verde de Curitiba.

Localização dos Fragmentos



Fonte: OS AUTORES, (2025)

Figura 3. Mapa com a localização dos fragmentos florestais, segundo sua classificação.  
Figure 3. Map showing the locations of forest fragments, according to their classification.

Grise, Biondi e Araki (2016a) constatou uma elevada quantidade de parques e bosques concentrados na região norte da cidade. Esta concentração permaneceu em 2023, tendo inclusive se acentuado. A autora ainda encontrou que 61,80% da área vegetada de Curitiba estava nos parques e bosques. Contudo, em 2023 este cenário teve alteração, sendo que naquele ano 48,24% dos fragmentos florestais ainda se concentravam nos parques, porém a RVS do Bugio passou a ocupar 37,57% dos fragmentos florestais.

Na tabela 3, é possível visualizar a distribuição dos fragmentos nas tipologias. Destaca-se os PNM, que possuem a maior quantidade de fragmentos florestais na cidade. Outro ponto que chama a atenção é o fato de que nas áreas verdes existem uma maior quantidade de fragmentos de perturbação.

Tabela 3. Distribuição dos fragmentos florestais por diferentes tipologias.

Table 3. Distribution of forest fragments by different types.

Tipo de fragmento	BM	BCBU	EE	JB	RPPNM	PL	PNM	RVS	TOTAL
Fragmento remanescente	3	0	2	1	1	0	20	6	33
Fragmento de perturbação	12	9	0	0	19	1	55	10	106
Fragmento de introdução	2	2	0	3	9	6	26	19	67
Stepping stones	0	0	0	0	1	3	47	23	74
Total	17	11	2	4	30	10	148	58	280

Analisando-se as áreas destes fragmentos, percebe-se a concentração de 81,41% da área nos fragmentos remanescentes, apesar de possuírem apenas 11,78% das áreas verdes.

## CONCLUSÕES

Os fragmentos florestais urbanos na cidade de Curitiba se apresentam de forma heterogênea, com formas, tamanhos e valores de conectividade distintos. Esta variação possui potencial para afetar negativamente a qualidade ambiental dos fragmentos florestais a longo prazo. Foi possível visualizar uma carência de áreas verdes nas regiões central e sudeste de Curitiba. Também se torna evidente a falta de conectividade entre muitos dos fragmentos.

Em relação às métricas de paisagem, constatou-se que os fragmentos com a maior área foram encontrados nos PNMs e na RVS do Bugio. A forma mais regular foi vista na RPPNM Cascatinha e a mais irregular no RVS do Bugio. Quanto à conectividade, o fragmento na RPPNM Moraz foi o mais isolado. Constatou-se ainda que os valores da área dos fragmentos apresentaram maior variação do que a forma dos fragmentos.

Os maiores fragmentos se encontram espalhados nos PNMs e no RVS do Bugio. Além disso, apenas 11,78% dos fragmentos florestais urbanos possuem uma área superior a 10 ha, apesar disto, concentram 81,41% da área total dos fragmentos. Por fim, percebeu-se a predominância de fragmentos de perturbação nas áreas verdes de Curitiba, e a maioria dos fragmentos estão concentrados nos PNMs.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Iniciação Científica concedida durante o período da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, V. L. M.; FARIA, L. C; CARDOSO-LEITE, E. Composite-indicators for urban ecosystem services at site-level: a systematic literature review. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 19, e1903, p. 1 - 15, 2024

CHENG, Y; BROWNING, M. H. E. M; ZHAO, B; QIU, B; WANG, H; ZHANG, J. How can urban green space be planned for a ‘happy city’? Evidence from overhead- to eye-level green exposure metrics. **Landscape and Urban Greening**, v. 249, 105131, p. 1 - 10, 2024.

CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. **Journal of Open Source Software**, v. 6, 3172, p. 1 - 6, 2021.

CURITIBA. Lei nº 15.744, de 27 de dezembro de 2020. Dispõe sobre a revisão do Sistema Municipal de Unidades de Conservação de Curitiba e estabelece critérios e procedimentos para implantação e gestão das unidades de conservação. **Diário Oficial do Município**. Curitiba, PR. 2020.

CURITIBA. Prefeitura Municipal. **Perfil da cidade de Curitiba**. Disponível em: <<https://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/perfil-da-cidade-de-curitiba/174>>. Acesso em: 01 mar. 2024.

DIOTTO,M. G;FUZZO, D. F. S. CONTRIBUIÇÕES PARA O MAPEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE USO DA TERRA ATRAVÉS DO MÉTODO DE SEGMENTAÇÃO. **Revista Geoaraguaia**, v. 11, n. Especial Geotecnologias, p. 132 - 148, 2021.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. USA: J. Wiley, 1986.

GRISE, M. M. CARACTERIZAÇÃO DA FLORESTA URBANA DE CURITIBA-PR POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL. Curitiba, 2015, 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná.

GRISE, M. M; BIONDI, D.; ARAKI, H. Distribuição Espacial e Cobertura de Vegetação das Tipologias de Áreas Verdes de Curitiba, PR. **Floresta e Ambiente**, v. 418, n. 4, p. 498-510, 2016a.

GRISE, M. M; BIONDI, D.; ARAKI, H. A paisagem da floresta urbana de Curitiba-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 3, p. 37-55, 2016b.

HESSELBARTH, M. H. K. et al. Package ‘landscapemetrics’. Disponível em:< <https://cran.r-project.org/web/packages/landscapemetrics/landscapemetrics.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2024.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA (IAT). **Dados geoespaciais de referência**. Disponível em:<<https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-geoespaciais-de-referencia>>. Acesso em: 01 mar. 2025

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Curitiba/Panorama**. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/curitiba/panorama>> . Acesso em: 01 mar. 2025.

Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC. **Dados Geográficos**. Curitiba: IPPUC; 2023.

KONG, L; LIU, Z; PAN, X; WANG, Y; GUO, X; WU, J. How do different types and landscape attributes of urban parks affect visitors’ positive emotions? **Landscape and Urban Planning**, v. 226, 104482, p. 1 - 13, 2022.

LOPES, I. J. C. CORREDORES ECOLÓGICOS BASEADOS EM ROTAS DE MENOR CUSTO NA CIDADE DE CURITIBA - PARANÁ. Curitiba, 2022, 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 4. ed. reimpressa. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2017.

MCGARIGAL, K; MARKS, B. J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Portland: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 1995. 122 p.

MERLON, M; SIKORSKI, P; ARCHICIŃSKI, P; ŁASZKIEWICZ, E; HOPPA, A; ZANIEWSKI, P; ZANIEWSKA, A; STRUŻYŃSKI, D; SUDNIK-WÓJCIKOWSKA, B; SIKORSKA, D. Nature on our doorstep: How do residents perceive urban parks vs. biodiverse areas? **Landscape and Urban Planning**, v. 247, 105059, p. 1 - 15, 2024.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ASSENTAMENTOS HUMANOS (ONU-HABITAT). **World Cities Report – 2020**.

RAYMUNDO, E. P. B; BIONDI, D; DACÓL, F. V; LEAL, M. S; REKSIDLER, K. EFEITOS MICROCLIMÁTICOS DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA URBANA EM CURITIBA-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.15, n.3, p.18 - 27, Curitiba, 2020.

REIS, A. R. N; BIONDI, D; NESI, J; VIDOLIN, G. P; MONTEIRO, M. M. G; OLIVEIRA, J. D; KOVALSYKI, B. Influência da Paisagem sobre as Populações de *Ocotea Odorifera* (Vell.) Rohwer em Curitiba, Paraná, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 43, n. 3, p. 269 - 279, 2020.

REIS, A. R. N; BIONDI, D; VIEZZER, J; FREIMAN, F. P; FOGAÇA, L. Vulnerability to biological invasion of *Hovenia dulcis* Thunb. in green areas of Curitiba, Paraná, Brazil. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 4, p. 1768 – 1788, 2021.

REYES-RIVEIRO, R; ALTAMIRANO, A; BARRERA, F. DE LA; ROZAS-VÁSQUEZ, D; VIELI, L; MELI, P. Linking public urban green spaces and human well-being: A systematic review. **Urban Forest and Urban Greening**, v. 61, 127105, p . 1 - 15, 2021.

RIBEIRO, K. F. A; VALIM JR, M. de O; SANTOS, F. M. de M; MUSIS, C. R. de; ALMEIDA JÚNIOR, E. S; MARQUES, J. B; NOGUEIRA, M. C. de J. A. SENSAÇÃO TÉRMICA EM DIFERENTES CENÁRIOS URBANOS DE CUIABÁ-MT. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.14, n.3, p. 50 - 67, Curitiba, 2019.

SILVA, K. F; PEREIRA, C. T; PERES, R, B. VARIAÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DA ÁREA URBANA DOS PARQUES DA CIDADE DE SÃO CARLOS –SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.16, n.2, p. 20 - 37, Curitiba, 2021.

SPIEGEL, M. R. **ESTATÍSTICA**. McGRAW-HILL DO BRASIL. São Paulo, 1972.

VIDOLIN, G. P; BIONDI, D; WANDEMURCK, A. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com araucária, Paraná, Brasil. **Revista Árvore**, v.35, n. 3, p. 515 - 525, 2011.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. **Atlas climático da região sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Embrapa Florestas, 2012.

ZONTA, A. C; FIGUEREDO, S. A; DALCO, V. S. Caracterização da fragilidade ambiental de Curitiba – PR utilizando geoprocessamento. **Anais... 4º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Bonito, pg. 28 - 38, 2012.