

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**Avifauna como Instrumento de Análise de Conectividade da Paisagem Urbana na Zona  
Sul da Cidade de São Paulo - SP**

**JACK WOEI JEN LAN**  
**(Autor)**

São Paulo  
2021

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**Avifauna como Instrumento de Análise de Conectividade da Paisagem Urbana na Zona  
Sul da Cidade de São Paulo - SP**

**JACK WOEI JEN LAN**  
(Autor)

Trabalho de Graduação Individual para a  
conclusão do curso de Bacharelado em  
Geografia pelo Departamento de Geografia  
da Faculdade de Filosofia, Letras e  
Ciências Humanas da Universidade de São  
Paulo

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sueli Angelo  
Furlan

**SÃO PAULO**  
**2021**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Jack Woei Jen Lan

### **Avifauna como Instrumento de Análise de Conectividade da Paisagem Urbana na Zona Sul da Cidade de São Paulo - SP**

Trabalho de Graduação Individual para a conclusão do curso de Bacharelado em Geografia pelo Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sueli Angelo Furlan

Aprovado em \_\_\_\_\_ de agosto de 2021

## BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sueli Angelo Furlan – Orientadora

---

Prof. Dr. Yuri Tavares Rocha – Titular da casa

## RESUMO

O maior desafio da conservação da biodiversidade nas paisagens urbanas têm sido a fragmentação e perda de habitat das espécies nativas. A recente urbanização das metrópoles tropicais acrescenta novos tópicos neste campo. Por meio da Ecologia da Paisagem, o conceito de corredores de conectividade aparece como uma proposta capaz de tornar a matriz urbana mais permeável aos seres vivos. O uso de métricas de paisagem na avaliação da conectividade é aplicado nos bairros residenciais situados entre dois grandes fragmentos de vegetação na zona sul do município de São Paulo. O aspecto funcional da conectividade é avaliado pelo do nicho ecológico da *Cyclarhis gujanensis*. O dossel arbóreo, como unidade da paisagem, é analisado em sua estrutura e configuração espacial, revelando relações com o ordenamento territorial urbano. A análise da paisagem com SIG permite a visualização do Índice de Proximidade (PX) espacializado no mapa de habitat, fornecendo um panorama na situação de conectividade. Os estudos de conectividade na paisagem urbana fornecem importantes subsídios para uma melhor capacidade de tomada de decisões que inclui a biodiversidade local.

**Palavras-chave:** Paisagem urbana, índice de proximidade, ecologia da paisagem, aves urbanas.

## ABSTRACT

The biggest challenge to biodiversity conservation in urban landscapes has been the fragmentation and loss of habitat of native species. The recent urbanization of tropical cities adds new topics in this field. Through Landscape Ecology, the concept of connectivity corridors appears as a proposal capable of making the urban matrix more permeable. The use of landscape metrics to assess connectivity is applied in residential neighborhoods located between two large fragments of vegetation in the southern zone of São Paulo. The functional aspect of connectivity is evaluated by the ecological niche of *Cyclarhis gujanensis*. The arboreal canopy, as a unit of the landscape, is analyzed in its structure and spatial configuration, revealing relationships with urban territorial ordering. Landscape analysis with GIS allows the visualization of the Proximity Index (PX) in the habitat map, providing an overview of the connectivity. Connectivity studies provide subsidies for a better decision-making capacity that includes local biodiversity.

**Key words:** Urban landscape, proximity index, landscape ecology, urban birds.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.1.** Esboço de uma definição teórica de geossistema

**Figura 1.2.** Estrutura da paisagem e seus elementos

**Figura 1.3.** Gráfico da alteração na estrutura e composição da comunidade de aves ao longo do gradiente do habitat natura-urbano

**Figura 1.4.** *Cyclarhis Gujanensis ochrocephala*

**Figura 1.5.** Área de ocorrência da *Cyclarhis gujanensis*

**Figura 3.1** Polígono da área de estudo

**Figura 3.2.** Esquema da classificação do dossel arbóreo

**Figura 3.3.** Vetorização do dossel arbóreo

**Figura 3.4.** Equação do Índice de Proximidade (PX)

## LISTA DE MAPAS

**Mapa da Estrutura do dossel no bairro Jardim Luzitânia**

**Mapa da Estrutura do dossel no bairro Planalto Paulista**

**Mapa da Estrutura do dossel no bairro Vila Monte Alegre**

**Mapa da Estrutura do dossel no bairro Vila Água Funda**

**Mapa Binário**

**Mapa Índice de Proximidade (PX = 50m)**

## SUMÁRIO

### Parte I - EMBASAMENTO TEÓRICO METODOLÓGICO

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introdução ao conceito de paisagem na ciência geográfica                 | 7  |
| 1.1. Fauna e paisagem: ferramenta de análise geográfica da paisagem         | 8  |
| 2. Ecologia da Paisagem                                                     |    |
| 2.1. Origem e desenvolvimento                                               | 12 |
| 2.2. Aplicação no campo da biogeografia                                     | 13 |
| 2.3. Estrutura da paisagem                                                  | 14 |
| 2.3.1. Conceito mancha-corredor-matriz                                      | 15 |
| 2.3.2. Conectividade funcional ou estrutural                                | 16 |
| 3. Biogeografia nas metrópoles tropicais                                    |    |
| 3.1. Avifauna urbana                                                        | 18 |
| 3.2. <i>Cyclarhis gujanensis</i> : indicador de interconexão com a paisagem | 20 |

### Parte II - ÁREAS VERDES URBANAS

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Áreas Verdes Urbanas na cidade de São Paulo: Um Breve Panorama | 23 |
| 2. Grandes Fragmentos – Município de São Paulo                    |    |
| 2.1. Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI) – Jardim Botânico  | 24 |
| 2.2. Parque Ibirapuera (PI)                                       | 25 |

### Parte III – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 1. Delimitação da Área de Estudo               | 26 |
| 2. Vetorização do dossel arbóreo               | 27 |
| 3. Análise da paisagem: aplicação das métricas | 30 |

### Parte IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Parte V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## INTRODUÇÃO

Esta pesquisa é resultado final da disciplina Trabalho de Graduação Individual (TGI), requisito para a conclusão do curso de Bacharel em Geografia, no Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da Universidade de São Paulo (USP).

A questão motriz desta pesquisa é baseada na biogeografia urbana, abordando a importância da cobertura vegetal na manutenção de funções ecológicas na paisagem urbana. Tendo em vista a problemática da conservação da biodiversidade nas cidades, optou-se pela experimentação de uma ave silvícola generalista (*Cyclarhis gujanensis*) como espécie indicadora da unidade de paisagem: dossel arbóreo. Considerada como vegetação de porte maior e, conseqüentemente, mais estável diante da dinâmica do processo de urbanização, a implementação de arborização urbana também é uma das medidas mais viáveis de criar habitats numa metrópole.

Dada a importância de aproximar o tema da conservação de biodiversidade para a paisagem urbana, a ciência geográfica permite a inserção da questão espacial e a análise de padrões, uma importante contribuição para os levantamentos de fauna e flora já existentes nos remanescentes de Mata Atlântica da região. Assim, o foco da investigação espacial situa-se entre duas áreas verdes: Parque Ibirapuera e o Jardim Botânico de São Paulo, parte do Parque Estadual Fontes do Ipiranga.

No contexto de intensa fragmentação e supressão da mata atlântica montana, urge a necessidade de analisar as dinâmicas da paisagem no intuito de viabilizar redes de conectividade e permeabilidade em diversas escalas. A cidade, comumente reconhecida como “selva de pedra”, é um espaço que deve ser reivindicado como uma paisagem que contém biodiversidade, para que haja esforços direcionados em sua conservação ambiental.

## **Parte 01 - EMBASAMENTO TEÓRICO METODOLÓGICO**

### **1. Introdução ao conceito de Paisagem na ciência geográfica**

Neste tópico será abordado um breve panorama do conceito de paisagem, sua origem e introdução na ciência geográfica.

O termo paisagem transita entre a esfera do senso comum e as categorias de análise científica. Não limitando-se apenas em um campo específico do conhecimento, existem tantas abordagens quanto disciplinas que utilizam deste conceito: urbanismo, arquitetura, belas artes, ecologia, geografia, história entre outros. Consequentemente, se trata de um termo polissêmico, ou seja, contempla múltiplos sentidos.

Para compreender a introdução deste conceito nas análises geográficas, é necessário traçar a origem e usos precedentes. Segundo Metzger (2001), o primeiro registro escrito é datado por volta de 1000 A.C. no “Livro dos Salmos”, onde a paisagem adquire conotação contemplativa: “[...] a paisagem refere-se à bela vista que se tem do conjunto de Jerusalém [...] Essa noção inicial, visual e estética, foi adotada em seguida pela literatura e pelas artes em geral, principalmente pela pintura na segunda metade do século XVIII”. Desde o princípio o termo adquire um senso de distanciamento do sujeito observador em relação à paisagem.

Foi por intermédio da pintura em que o termo paisagem se difundiu no vocabulário cotidiano. Desde o século XVI, com a renovação técnica e artística do Renascimento, perspectiva central e profundidade, possibilitaram o descolamento entre os principais elementos do quadro (personagens e ações) do “resto” (paisagem natural e objetos ali presentes). Essa noção de paisagem, concebido na pintura, é exemplificada por Lang e Blaschke (2007) ao descrever “Excelente Pescaria” de Konrad Witz (aprox. 1443):

“O acontecimento bíblico no primeiro plano é emoldurado por um ordenamento modelar de campos agrícolas, sebes, alinhamentos de árvores, pequenas florestas etc. A cena está, portanto, ajustada naquilo que aparentemente é entendido como paisagem” (Lang, Blaschke. 2007, p.85).

A passagem da concepção mítica e hostil à natureza para a contemplativa permitiu consolidar a objetificação da paisagem. Tal processo histórico ocorreu concomitantemente à emergência da ciência moderna, no contexto de exploração de recursos naturais e territorial do século XIX. Conforme Salgueiro:

“Efectivamente, o aparecimento da paisagem foi acompanhado de uma revolução científica e técnica que libertou a natureza do concurso divino tornando-a objecto de conhecimento e abrindo caminho à sua manipulação e transformação com diversos fins.” (SALGUEIRO. 2001, p.39)

No início do século XIX, o geobotânico alemão, Alexander von Humboldt, foi pioneiro em trazer a paisagem para a ciência como um conceito integrador e global “caráter total de uma região da Terra” (LANG; BLASCHKE, 2007). Desde então o conceito tem sido apropriado por distintas abordagens e escolas de pensamento, ocasionando o distanciamento da visão holística inicialmente proposta por Humboldt. Nos séculos seguintes o conceito de paisagem foi abordado por diversas vertentes, concebendo inúmeras formas de interpretação que oscilam entre as descrições físicas da superfície terrestre e o estudo das transformações antrópicas (SALGUEIRO, 2001). Segundo Schier:

“Paisagens são, em quase todas as abordagens dos séculos XIX e XX, entidades espaciais que dependem da história econômica, cultural e ideológica de cada grupo regional e de cada sociedade e, se compreendidas como portadores de funções sociais, não são produtos, mas processos de conferir ao espaço significados ideológicos ou finalidades sociais com base nos padrões econômicos, políticos e culturais vigentes.” (SCHIER. 2003, p.82)

Um importante detalhe acerca do surgimento de inúmeras escolas de pensamento é a ambiguidade do termo *landschaft* (SALGUEIRO, 2001; LANG; BLASCHKE, 2007) cujo sentido era de uso da terra em língua alemã e que, posteriormente, resultaria numa divisão dos estudos da paisagem como objeto percebido pelo observador ou como o estudo das unidades de paisagem: *landscape*.

### **1.1 Fauna e paisagem: ferramenta de análise geográfica da paisagem**

Ao longo dos séculos XIX e XX a ciência geográfica desenvolveu duas principais formas de apreensão da paisagem, derivada da possibilidade de dupla interpretação do termo alemão *landschaft*. Uma abordagem denotativa, alicerçada ao estudo das unidades de paisagem, com ênfase na paisagem natural, influenciado pelas correntes de pensamento positivistas e funcionalistas. Outra interpretação, também intrínseca ao *landschaft*, é fundada na perspectiva interpretativa, cuja ênfase está na relação subjetiva do observador com a paisagem (SCHIER, 2003).

Para Bertrand (2004) o cerne desta categoria de análise geográfica está nas dinâmicas e processos dos elementos naturais e antrópicos. Compreendendo a paisagem como a resultante “[...] da combinação dinâmica, portanto instável, dos elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução” (BERTRAND, 2004, p.141). Deste modo sugerindo uma igual importância dos elementos antrópicos e naturais no processo de evolução da paisagem, no âmbito do geossistema, como esquematizado na figura 1.1:

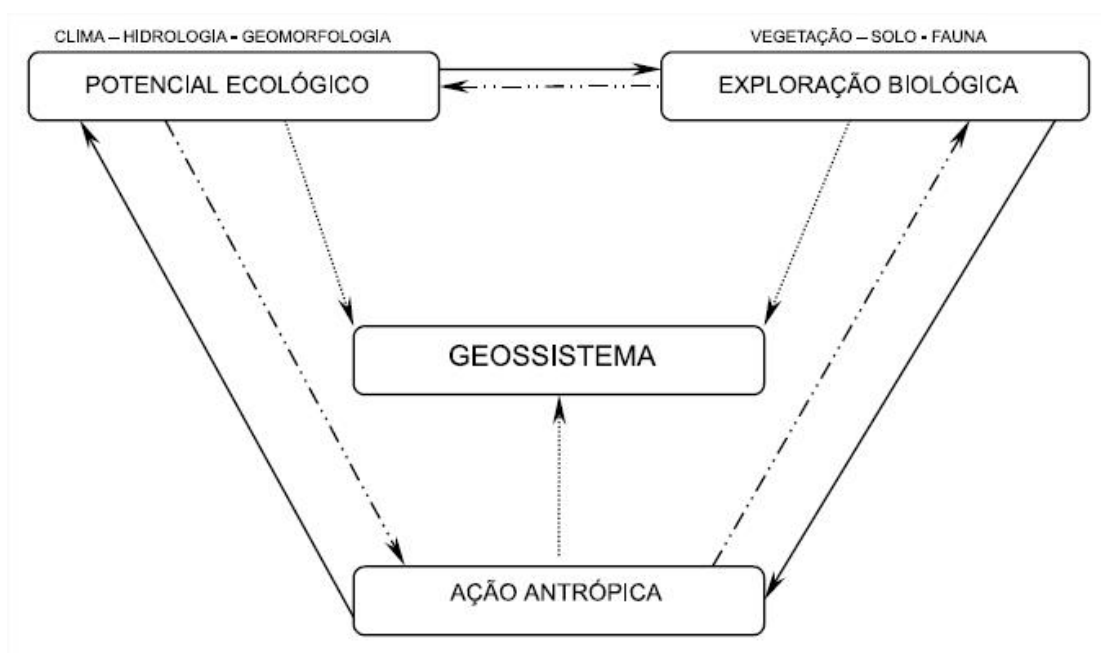


Figura 1.1: Esboço de uma definição teórica de geossistema. Fonte: Bertrand (2004).

Apesar da proposta taxonômica das unidades de paisagem por Bertrand (2004), foi considerada mais apropriada a abordagem apresentada por Monteiro (1995), a qual permite maior flexibilidade na delimitação espacial do objeto de estudo, evitando enviesar a escala da paisagem pelas classes preconcebidas. Segundo Rocha e Cavalheiro (2000), para Monteiro, a paisagem é:

“[...] uma entidade espacial delimitada de acordo com o nível de resolução adotado pelo pesquisador a partir dos objetivos centrais da análise; é sempre resultante da integração dinâmica dos elementos de suporte e cobertura (físico, biológicos e antrópicos) e expressa em partes delimitáveis, porém individualizadas segundo as

relações entre esses elementos que organizam um sistema, um verdadeiro conjunto em constante evolução”. (Monteiro, 1995, apud Rocha e Cavalheiro, 2000, p.93).

Para ambos os autores, a biota representa um conjunto de elementos que atuam ativa e passivamente nos processos de evolução/transformação da paisagem. Apesar da predominância dos estudos de cobertura vegetal, muito considerado pela relação de escala com o geossistema, o componente da fauna é uma possibilidade nos estudos geográficos.

Em uma pesquisa realizada na Serra de Paranapiacaba, o uso de uma espécie indicadora (*Carpornis melanocephala*) para identificação de unidades de paisagem e, portanto, da complexidade geográfica daquela área de estudo, realizado por Bueno e Furlan (2012) concluiu que “O estudo da fauna pode servir como instrumento para o melhor entendimento da complexidade geográfica de ambientes naturais, quanto à relação de unidades espaciais dadas em escalas distintas.” (BUENO; FURLAN, 2012).

O presente estudo tem como objetivo analisar a paisagem urbana do município de São Paulo sob a ótica da avifauna. A proposta é fundamentada na compreensão da estrutura da paisagem sob uma espécie indicadora Pitiguari (*Cyclarhis gujanensis*) através do seu nicho ecológico na paisagem, a vegetação arbórea instalada em bairros residenciais de São Paulo. Portanto, dadas as especificidades desta problemática, a ecologia da paisagem parece melhor cumprir o leque de questões relacionados à biodiversidade urbana, a qual compreende a complexidade geográfica e ecológica (METZGER, 2001).

É importante frisar que a abordagem determinada no atual estudo representa somente uma das possibilidades de apreensão do conceito de paisagem. Por sua natureza polissêmica e desenvolvimento através de inúmeras escolas de pensamento, existem “n-paisagens” na ciência geográfica, cada qual fruto da fragmentação e especialização das disciplinas. (VITTE, 2007). Por fim, a ressalva da necessidade de limitar a amplitude dessa categoria de análise, Lang e Blaschke (2007) corroboram tal seletividade:

“Uma consideração científica desta “imensa variedade do paisagístico” somente é possível por meio da “rigorosa redução a conteúdos que pareçam essenciais”. A diferenciação entre a “realidade integral e própria do objeto [paisagem] [...] e a respectiva limitação da observação científica do objeto” (Hard, 1970, p.214) precisa ser feita pelo cientista, e ele consegue fazer isso por meio da respectiva visão específica, uns “óculos”. Por meio de hipóteses, a “paisagem” transforma-se de um conceito ou de uma ideia numa “entidade fundamental”.” (LANG, BLASCHKE. 2007, p.89)

Assim, os próximos tópicos serão dedicados em abordar a origem e o desenvolvimento da ecologia da paisagem, bem como seu emprego na análise de questões biogeográficas no

contexto urbano. Pois fornece um arcabouço teórico e metodológico necessário para a análise da paisagem. Os conceitos da ecologia da paisagem (estrutura, mosaico, conectividade, métricas, por exemplo) são fundamentais para a formulação de hipóteses acerca da dinâmica espacial que envolve a conectividade entre fragmentos.

## 2. Ecologia da Paisagem

A ecologia da paisagem representa um campo do conhecimento relativamente jovem quando comparado com as ciências que lhe fornecem seus alicerces teóricos (Geografia e Biologia, por exemplo). Devido ao caráter interdisciplinar, tem sido capaz de eclipsar questões e problemáticas socioambientais, cada vez mais evidentes e relevantes do século XXI, tais como os desenhos da conservação de habitats. Apesar do reconhecimento de Golley (1987) já no fim do século passado: "*The task of correcting biospheric disorder is a universal activity, requiring information and insight from all. We intend that Landscape Ecology have this broad objective and that it be relevant to the problems that face mankind at the end of the twentieth century*" (GOLLEY, 1987. *apud*. WU, 2007, p.1433).

### 2.1 Origem e Desenvolvimento

O termo ecologia da paisagem, cunhado por Troll (1939), visava criar um campo do conhecimento capaz de unir as visões horizontal da Geografia (referente às relações dos fenômenos espaciais) e vertical da Ecologia (referente às interações funcionais de um ecótopo) (WU, 2007; NUCCI, 2007) em torno do conceito da paisagem.

A nova disciplina, concebida a partir dos estudos de fotografias aéreas para interpretação da paisagem, logo se difundiu na Europa, sobretudo na Alemanha e nos Países Baixos. Foi desenvolvido uma ecologia da paisagem “geográfica” (METZGER, 2001), cujo enfoque é direcionado para as paisagens modificadas pela sociedade (também denominado como “paisagem cultural”), ocupando questões relacionadas ao planejamento e ordenamento territorial.

Na década de 1980 a ecologia de paisagem ressurgiu nas obras de biogeógrafos e ecólogos americanos, adquirindo ênfase às paisagens naturais e aos métodos de conservação e manejo da biodiversidade e dos recursos naturais. É um resultado direto da influência da teoria da biogeografia de ilhas (TBI), desenvolvida por MacArthur e Wilson na década de 1960, a qual foi adaptada à ecologia da paisagem. Grandes avanços têm sido notados nesse campo em virtude do desenvolvimento e acesso às tecnologias: sensoriamento remoto, processamento de imagens, análise e modelagem espacial etc. (RITTER, MORO, 2012; METZGER, 2001).

Contrariando as intenções de Troll, a especialização natural das vertentes da ecologia da paisagem, como tende a ocorrer no processo de expansão de uma disciplina, tem sido

deslocada para as ciências biológicas, muitas vezes considerada uma subárea do conhecimento biológico (NUCCI, 2007).

Tal demarcação, entre uma ecologia da paisagem mais geográfica e outra mais ecológica, têm levantado a necessidade de repensar o potencial multidisciplinar diante de questões socioambientais. Contrariamente à simplificação das modificações antrópicas enquanto exclusivamente deletérias, abordagem mais comum nos estudos ecológicos, perspectivas contemporâneas têm dado importância da integração e capacidade de síntese.

Conforme preconiza Metzger diante da dualidade geográfica e ecológica: “[...] ao lidar com a paisagem como um todo, considerando as interações espaciais entre unidades culturais e naturais, incluindo assim o homem no seu sistema de análise, a ecologia de paisagens adota uma perspectiva correta para propor soluções aos problemas ambientais.” (METZGER, 2001).

Por fim, dentre muitas aproximações possíveis em direção à totalidade, os estudos de caso voltados para o planejamento oferecem condições favoráveis ao trabalho o enfoque interdisciplinar (ROCHA, 2008). O contexto da complexidade das paisagens urbanas também é reivindicado, justamente por condensar no espaço as problemáticas de ordem ecológica, social, política e econômica. Nucci (2007) faz uma ressalva ao potencial aglutinador das pesquisas neste campo, devendo ocupar maior protagonismo no planejamento, especialmente no planejamento urbano, não devendo se restringir aos estudos de unidades naturais (KLINK, 1981. apud. NUCCI, 2007, p.93).

## **2.2 Aplicação no campo da biogeografia**

O presente estudo se debruça sobre a questão do arranjo espacial da biodiversidade. Conceitualmente, adotamos a definição de Biogeografia como:

“Biogeografia é a ciência que se preocupa em documentar e compreender modelos espaciais de biodiversidade. É o estudo da distribuição dos organismos, tanto no passado quanto no presente, e dos padrões de variação ocorridos na Terra, relacionados à quantidade e aos tipos de seres vivos” (BROWN; LOMOLINO, 2007, p.3)

A Biogeografia fornece muitas das bases teóricas e conceituais presentes na Ecologia da Paisagem, uma vez que a espacialização dos fenômenos bióticos são parte importante do objeto de estudo da ecologia da paisagem. Desenvolvida por MacArthur e Wilson, a teoria do

equilíbrio da biogeografia de ilhas (MACARTHUR; WILSON, 1967) introduziu o paradigma trazido pelo conceito de equilíbrio dinâmico.

De modo sucinto, a teoria descreve a dinâmica populacional por meio do equilíbrio entre fluxos de colonização, imigração e extinção dentro de uma mancha (*patch*). Segundo Gustafson e Parker (1994), o modelo foi difundido para pesquisas de ambientes terrestres:

"Much of the study of conservation reserve design is based on the equilibrium theory of island biogeography (MacArthur and Wilson, 1967) which includes the idea that, all other things being equal, species richness is likely to be higher on a large island closer to a source of immigrants than on a smaller, more isolated island. This concept has routinely been extended to terrestrial habitat islands, although few objective measures of the spatial context of habitat patches are in use in the ecological study of fragmented landscapes" (Gustafson e Parker, p. 118, 1994).

Apesar do destaque significativo para os habitats ilhados, como encaves naturais (topos de montanha, clareiras e ilhas, por exemplo): "*The theory posits richness on each island as a dynamic equilibrium maintained by continuing immigration of all species, balanced by ongoing extinctions on the island*" (HANSKI; SIMBERLOFF, 1997 apud LANG e BLASCHKE, 2007, p. 197), são as dinâmicas e processos, que descrevem a biodiversidade através da estrutura da paisagem, por meio de índices e métricas, que se baseia grande parte do paradigma da ecologia da paisagem em sua vertente ecológica.

### 2.3 Estrutura da Paisagem

Estrutura da paisagem é um conceito que define o estudo do mosaico da paisagem, o *arrangement* (padrão, ordenamento) espacial das unidades da paisagem. A estrutura, entendida enquanto manifestação espacial dos processos e, simultaneamente, força motriz. Portanto, processo e estrutura se alternam entre causa e efeito (LANG; BLASCHKE, 2007).

É no contexto dessa dinâmica, relacionada ao padrão espacial e aos processos ecológicos, que se situa a problemática da conectividade funcional da paisagem. A ecologia da paisagem está fundamentada em três aspectos: estrutura, função e mudança. Conforme a definição de Forman e Godron (1986): "o estudo da estrutura, da função e das mudanças numa área terrestre heterogênea composta por ecossistemas que interagem" (FORMAN; GODRON, 1986 apud LANG; BLASCHKE, 2007, p. 107).

Assim, a estrutura da paisagem, caracterizada pela interação dos elementos do mosaico, é analisada e compreendida através de um conjunto de métodos denominados métricas de paisagem. Estes podem ser divididos em três categorias: fragmento, análise de apenas uma mancha (um parque, uma clareira, por exemplo); classes, todas as feições de uma categoria (toda área vegetada de um bairro, por exemplo); paisagem, como um todo. Segundo Locatelli (2018), para as categorias de classe e paisagem, as métricas podem ser agrupadas em métricas de composição (quantificação dos elementos paisagísticos) e métricas de configuração (características espaciais).

### **2.3.1 Conceito de Mancha-Corredor-Matriz**

Manchas, corredores e matriz são elementos estruturais que descrevem a heterogeneidade no nível da paisagem: *“The arrangement or structural pattern of patches, corridors, and a matrix that constitute a landscape is a major determinant of functional flows and movements through the landscape, and of changes in its pattern and process over time”* (FORMAN, 1995, p.135).

As manchas são os menores elementos homogêneos de uma paisagem delimitada não linearmente, e sua aparência é distinta em relação ao seu entorno (FORMAN, GODRON, 1986; LANG, BLASCHKE, 2007). Em contraste, a matriz é o elemento dominante da paisagem, ou seja, é determinante de fluxos e processos, incluindo todas as demais categorias. Corredores são considerados não-manchas e não-matriz, representam formas lineares que apresentam o potencial de conectividade entre manchas isoladas na matriz (LANG; BLASCHKE, 2007). A figura 1.2 ilustra os conceitos de mancha-corredor-matriz na escala de paisagem.

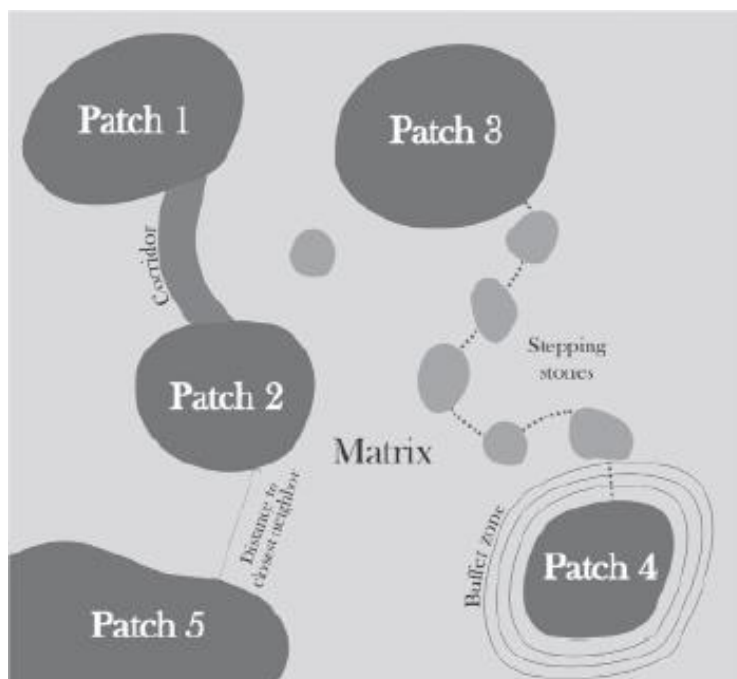


Figura 1.2: Estrutura da paisagem e seus elementos. Fonte: De La Peña-Domene e Minor (2014).

O intuito do paradigma mancha-corredor-matriz como os elementos da paisagem é simplificar conceitos, visando adequação rápida nos meios em que são realizadas as tomadas de decisões (LANG; BLASCHKE, 2007). Também é o principal modelo para os problemas da ecologia da paisagem ecológica, ocupada em questões de perda (subtração de área) e fragmentação (modificações na configuração das manchas resultantes da divisão) de habitat, muito influenciado pela TBI.

### 2.3.2 Conectividade Funcional ou Estrutural

Conectividade de uma paisagem pode ser entendida como o grau em que as características da paisagem potencializam ou restringem o movimento dos organismos entre os fragmentos, podendo desempenhar papel fundamental na dispersão, área de vida da espécie e a extinção da biota (FERNÁNDEZ-JURICIC, 2000) e: “[...] o inverso da fragmentação, é considerada um elemento vital da paisagem já que é crítica para a sobrevivência da população e para a dinâmica populacional” (FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2007, p. 494).

Existem duas formas de abordar a conectividade de uma paisagem, a conectividade estrutural e a conectividade funcional. A primeira baseia-se nos aspectos da composição dos

elementos da paisagem. A conectividade funcional leva em consideração os aspectos etológicos das espécies consideradas num estudo, sendo o principal delas, a capacidade de mobilidade através das barreiras, ou seja, a permeabilidade da paisagem. Portanto de uma escala dependente do “ponto de vista” de uma espécie.

Sendo que “diferentes organismos respondem à heterogeneidade ambiental em diferentes escalas e em diferentes formas (JOHNSON *et al.* 1992), uma paisagem não é inerentemente fragmentada ou conectada. A conectividade só pode ser determinada no contexto da capacidade do organismo de se mover entre fragmentos” (FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2007, p. 496). Assim, é crucial considerar a conectividade funcional no âmbito da conservação, segundo De La Peña-Domene e Minor (2014, p.4): “*Where habitat fragmentation is prevalent, restoring functional connectivity in the landscape can broaden species distributions, rescue genetically isolated populations, and assist in the conservation of animal and plant species.*”

Um dos elementos de conectividade mais importantes na paisagem são os corredores, justamente por conectar fragmentos outrora isolados, responsáveis por realçar os fluxos de energia e matéria (como o movimento e interação de espécies, logo, o fluxo gênico). Assim, o dossel arbóreo (dos jardins e que acompanham a rede viária, sobretudo árvores das calçadas e praças) são as principais estruturas lineares que conectam fragmentos maiores dentro de uma matriz urbana.

Conforme Metzger (METZGER, 2003 apud. LOCATELLI, 2018, p.11) “[...] para reconectar fragmentos isolados há basicamente duas opções: estabelecer corredores ou melhorar os corredores existentes; ou aumentar a permeabilidade da matriz da paisagem, seja alterando as características da matriz, tornando-as menos resistentes aos fluxos, seja aumentando os *stepping stones*.”. Essa afirmação é particularmente válida para o contexto das metrópoles tropicais, de rápida expansão urbana em sítios de grande biodiversidade, que será abordado no próximo tópico.

### 3. Biogeografia nas Metrôpoles Tropicais

#### 3.1 Avifauna Urbana

A expansão das cidades suscita desafios em relação aos possíveis impactos na conservação da avifauna nas regiões subdesenvolvidas e emergentes, especialmente em nações de baixa e média renda, cuja urbanização e as desigualdades socioespaciais avançam mais rapidamente (AMAYA-ESPINEL; HOSTETLER, 2019). Os centros urbanos latino-americanos são, conseqüentemente, centrais para ampliar as pesquisas em torno da importância de pequenos fragmentos florestais na matriz urbana.

A avifauna urbana foi, até o fim do século XX, um objeto de estudo considerado apenas em regiões dos Estados Unidos, Canadá e na Europa ocidental. A crescente população mundial, já predominantemente urbana, tem evidenciado um descompasso em relação aos estudos de avifauna urbana e as projeções de crescimento dos novos centros urbanos do século XXI, majoritariamente localizados nos países subdesenvolvidos e emergentes (ORTEGA-ÁLVAREZ; MACGREGOR-FORS, 2011).

As cidades não implicam necessariamente na destruição total de habitats, elas representam um novo conjunto de ecossistemas fragmentados pelo tecido urbano, que impõe diferentes pressões evolutivas para o sustento de comunidades bióticas ricas em biodiversidade (SHOCHAT et al. 2010; CHANG, LEE, 2015). Tal contexto tem evidenciado dois fenômenos em escala global: (1) Crescimento da densidade populacional, tem sido atribuído pela abundância na oferta de recursos alimentares e ausência dos predadores naturais; (2) Diminuição da diversidade de espécies em comparação com os habitats não perturbados.

Os segundo fenômeno citado têm sido associado às pressões ambientais urbanas: poluição sonora, maior vulnerabilidade dos ninhos, predação por outras espécies sinantrópicas (especialmente de gatos domésticos) etc (SHOCHAT et al. 2010). A constatação é de que espécies generalistas tendem a ocupar as cidades de modo mais predominante em relação a espécies cujo nicho ecológico é mais específico. Uma importante observação a qual deve ser feita sobre as espécies generalistas, é a diferenciação com as espécies cosmopolitas (como o pombo doméstico ou os pardais, presentes em todas as cidades).

Conforme ilustra o gráfico da figura 1.3, o gradiente natural-rural-urbano revela resposta das comunidades de aves às condições ecológicas dos diferentes habitats. Fazendo-se notar que as cidades possuem a tendência de abrigar uma grande quantidade populacional de poucas espécies capazes. Enquanto as espécies nativas, oriundas de habitats menos alterados,

possuem menor aptidão, seja por escassez de recursos ou grau de perturbação que inviabilize sua reprodução. Um exemplo de caso são as aves que utilizam frequências mais baixas para comunicação interespecífica, geralmente abaixo de 2000 Hz (SHOCHAT et al. 2010).

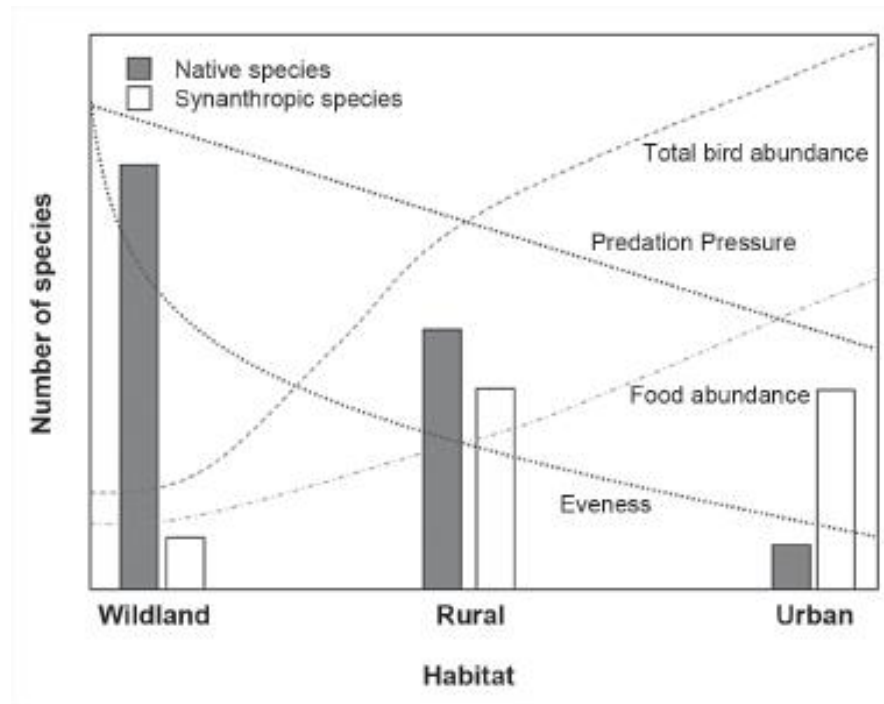


Figura 1.3: Gráfico da alteração na estrutura e composição da comunidade de aves ao longo do gradiente do habitat natura-urbano. Fonte: Shochat et al. (2010).

O paradigma da Teoria da Biogeografia de Ilhas é ainda predominante, embora já apresente sinais de que, no caso específico da avifauna urbana, apresenta limites quanto à interpretação literal do princípio binário habitat e não-habitat. Mesmo espécies florestais não apresentam um limite de movimentação totalmente de acordo com a borda de mata, chegando a fazer travessias em campos abertos e empoleirando em estruturas urbanas (SHIMAZAKI *et al.* 2016).

Assim, os estudos têm se focado em parques urbanos (manchas fontes) e outros fragmentos (arborização viária, por exemplo) no estudo da avifauna urbana, já que são estruturas verdes com capacidade de fornecer/prover abrigo e alimentação. Isto sugere que a matriz urbana pode ser mais permeável do que ilustra/demonstra os modelos espaciais.

### 3.2 *Cyclarhis gujanensis*: Interconexão com a paisagem

Diante das considerações anteriores, a espécie de ave designada para este estudo foi *Cyclarhis gujanensis* (GMELIN, 1789), cujo nome popular é pitiguari<sup>1</sup> (Figura 1.2). Podendo apresentar nomes regionais para a mesma espécie ou subespécie dentro do Brasil, como: “gente-de-fora-vem”; “tem-cachaça-aí”; “*we don’t believe it*”, “*do you wash every week*”, estes dois últimos para América Central (SICK, 1988). Tendo em vista a grande extensão da área de ocorrência da espécie, do sul do México até o norte da Argentina, a subespécie encontrada na região sudeste do Brasil (Figura 1.4) é o *Cyclarhis gujanensis ochrocephala*.



**Figura 1.4:** *Cyclarhis Gujanensis ochrocephala*. Autor: Hudson – BirdsRio, 2016.



**Figura 1.5:** Área de ocorrência da *Cyclarhis gujanensis*. Adaptado de Birdlife International 2018.

O conceito de nicho ecológico, entende-se como:

“A amplitude geográfica de uma espécie pode ser vista como um reflexo espacial de seu nicho: a espécie ocorre onde as condições ambientais são adequadas e fora de áreas onde um ou mais recursos essenciais ou condições necessárias não estão presentes. Os limites da amplitude e o padrão de abundância dentro desses limites constantemente mudam à medida que as populações locais crescem, declinam, colonizam e se extinguem em resposta à alteração das condições ambientais” (BROWN; LOMOLINO, 2007, p.68).

<sup>1</sup> [pitiguari \(Cyclarhis gujanensis\) | WikiAves - A Enciclopédia das Aves do Brasil](#)

Considerada uma ave silvícola generalista, habita locais cuja vegetação é menos densa: “Fica escondido na densa folhagem em altura média ou também no alto, onde facilmente escapa à observação, tanto mais que evita voar. Vive à beira da mata, capoeira, capões na caatinga, parques e quintais bem arborizados.” (SICK, 1988. p 643). Permanecendo grande parte do tempo no dossel arbóreo, forrageia uma dieta onívora, baseada em insetos, larvas, lagartos e frutas (GHIZONI JR. et.al. 2000).

Tal espécie representa, pelo nicho ecológico que ocupa na paisagem urbana, uma espécie chave para compreender o potencial de conectividade funcional proporcionada pelo dossel arbóreo. Tendo o registro da espécie nos dois fragmentos fontes: Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI) e Parque Ibirapuera (PI), a *Cyclarhis gujanensis* estabelece a escala, a perspectiva de espaço da estrutura da paisagem, conforme Turner (1989, p. 173): “Somos incapazes de discernir os elementos importantes da estrutura ou dinâmica de manchas, a não ser que adotemos uma visão centrada no organismo”.

O registro do pitiguari nos bairros residenciais situados entre os dois parques já foi constatado por Argel-de-Oliveira (1995) em um estudo da avifauna no bairro de Planalto Paulista. Outros registros recentes também se notam pelas plataformas de ciência-cidadã (sites como: Ebird<sup>2</sup>, Xeno Canto<sup>3</sup>). Possui comportamento que facilita sua identificação, segundo Sick (1988):

“Canta durante uma hora ou mais, variando os intervalos; depois fica calado por algum tempo; torna-se extremamente ativo quando um rival ameaça seu território, os dois então duelam cantando; passa de vez em quando para outra melodia. É fácil atrair ambos os sexos, também fora da época de procriação, imitando seus assobios; é um dos vozeirões mais intensos em qualquer região.” (SICK. 1988, p.643)

Embora sua ocorrência seja considerada como ocasional por Argel-de-Oliveira (1995), é possível que o dossel arbóreo tenha se expandido ao longo dos anos, propiciando maior abundância de recursos para a avifauna que ali transita.

---

<sup>2</sup> [eBird - Descubra um novo mundo na observação de aves...](#)

<sup>3</sup> [Xeno-canto - Bird sounds from around the world \(gbif.org\)](#)

## Parte II – ÁREAS VERDES URBANAS

O conceito de área verde urbana está presente em diversas esferas (governamental, científico, educacional etc.). A utilização do termo enquanto um “guarda-chuva” dificulta as ações de planejamento urbano e de pesquisa. A proposta de Nucci e Cavalheiro (1999) para a definição dos conceitos de área verde e cobertura vegetal são adotados para as necessidades do presente estudo do dossel arbóreo, presente nos bairros residenciais da cidade.

Áreas verdes constituem-se de espaços livres, cuja composição majoritária é a vegetação (70%, somando a área permeável e vegetação). São espaços públicos que atendem funções de lazer, estéticos e ecológicos. Assim, pequenos jardins, canteiros, arborização viária e de rotatórias não podem ser considerados áreas verdes, mas como parte da cobertura vegetal, especificamente “verde de acompanhamento viário”, não deixando de cumprir importantes serviços ecossistêmicos:

“[...] estabilização de determinadas superfícies, obstáculo contra o vento, proteção da qualidade da água, filtração do ar, equilíbrio do índice de umidade, diminuição da poeira em suspensão, redução dos ruídos, interação entre as atividades humanas e o meio ambiente, fornecimento de alimentos, proteção de nascentes e mananciais, organização e composição de espaços no desenvolvimento das atividades humanas [...]”. (NUCCI; CAVALHEIRO, 1999, p. 30).

Logo, a cobertura vegetal, vista como importante faceta do planejamento urbano, implica em uma necessidade de sistematização e classificação apontada no sentido de fornecer subsídios visando sua quantificação. Os próximos tópicos serão dedicados em apresentar uma breve contextualização das coberturas vegetais agregadas neste estudo.

## 1. Áreas Verdes Urbanas na cidade de São Paulo: um Breve Panorama

A cidade de São Paulo (localizada nas coordenadas 23°32.0' S, 46°37,0 W) possui uma extensão de 1.521 km<sup>2</sup> e 11.253.503<sup>4</sup> habitantes (IBGE, 2010). O clima predominante é o tropical de altitude, com estações secas e úmidas bem definidas, tendo a média de temperatura anual em 18°C (SÃO PAULO, 2017). A cobertura vegetal do município é constituída por vegetação nativa secundária (floresta ombrófila densa montana e fragmentos de cerrados, campos naturais e floresta paludosa). Os fragmentos FODM mais significativos estão situados nas zonas periféricas, em cabeceiras de drenagem e em áreas de proteção de mananciais e nos locais de topografia mais dissecada, como é o caso dos fragmentos situados próximos da Serra do Mar (São Paulo, 2017). Segundo o relatório do Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica do Município de São Paulo (PMMA):

“Na cidade de São Paulo, com exceção das grandes extensões de matas presentes nas Unidades de Conservação (UCs) e de fragmentos mais íntegros dispersos principalmente em suas áreas periurbanas, a vegetação urbana apresenta diferentes graus de alteração fisionômica e estrutural em relação à Mata Atlântica original, caracterizada pela elevada presença de espécies exóticas, retirada de material lenhoso e ornamental, ocorrência frequente de incêndios, pisoteio e degradação do solo, entre outros fatores de natureza antrópica que sujeitam essas florestas a níveis variados de perturbação.” (SÃO PAULO, 2017, p.27).

A paisagem urbana de São Paulo sofreu intensa intervenção ao longo dos períodos econômicos, de entreposto de mercadorias do século XIX, passando para a metrópole do café e posteriormente ao processo de industrialização a partir da década de 1940. A expansão do tecido urbano acompanhou, desde os primórdios, ocupação e usos abusivos do solo, posteriormente viria a resultar em problemas ambientais típicos de uma cidade de rápido crescimento, intensa especulação imobiliária e pouco planejamento (ROCHA, 2008).

Resultante dos processos citados, a vegetação originária: florestas atlânticas, campos de altitude, cerrados e várzeas, encontram-se severamente fragmentadas e ou completamente desconfiguradas. Segundo Rocha (2008), predominam fragmentos da vegetação natural secundária que ainda persistem a expansão urbana, excluindo os remanescentes mais significativos (Serra da Cantareira, APAs do Carmo e Iguatemi, por exemplo) restam apenas parques urbanos, praças e escassa arborização viária. Novamente, conforme o relatório do PMMA:

---

<sup>4</sup> A estimativa do IBGE para 2020 foi de 12,33 milhões

Na área mais urbanizada, com distribuição desigual, são encontrados pequenos fragmentos de cobertura vegetal arbórea nativa e implantada, além de exemplares arbóreos nativos e exóticos presentes na arborização urbana (viário) e intralotes públicos e particulares. (SÃO PAULO, 2017, p.36)

A partir deste panorama, é possível concluir um alto grau de degradação das áreas verdes urbanas, tornando os escassos remanescentes importantes na manutenção da biodiversidade dentro da mancha urbana consolidada. As principais manchas fontes (BROWN; LOMOLINO, 2007) são os parques com significativa massa vegetacional e a arborização urbana os *stepping stones* distribuídos na matriz urbana. É com base na perspectiva da ecologia da paisagem que serão abordados tais elementos da paisagem estudada.

## **2. Grandes Fragmentos**

### **2.1 Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI) – Jardim Botânico de São Paulo**

Antes de ser oficialmente criado no ano de 1969, a área do atual PEFI foi propriedade de fazendeiros e agricultores, tendo sido desapropriada pelo Estado em 1917. Logo, é caracterizada por remanescentes de vegetação secundária de Mata Atlântica em processo de regeneração natural há mais de cem anos, representando um dos maiores fragmentos da cidade (TANUS et al. 2012). O jardim botânico de São Paulo é uma das instituições abrigadas pela unidade de conservação, junto ao Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo (CIENtec-USP), Parque Zoológico de São Paulo e o Observatório de São Paulo, cada qual administrada por diferentes instituições.

É a reserva biológica de 116 ha administrada pelo Instituto de Botânica (IBot), onde abrigam nascentes e mananciais do rio Ipiranga, que faz a interface entre o fragmento florestal e a matriz urbana. Classificada como mata ombrófila densa-montana pelo PMMA e, apesar da interferência negativa de indústrias e proximidade da rede viária (rodovia do Imigrantes), representa uma floresta pluvial atlântica *in situ* (ROCHA e CAVALHEIRO, 2000).

## 2.2 Parque Ibirapuera (PI)

O parque Ibirapuera, com uma área de 1.312.034, 39 m<sup>2</sup>, é o maior parque urbano da cidade, agregando múltiplas funções culturais e contemplativas (SÃO PAULO, 2018). Entre os equipamentos culturais, estão importantes espaços como o Museu de Arte Contemporânea (MAC); Museu de Arte Moderna (MAM); Museu Afro-Brasil; Pavilhão Governador Lucas Nogueira Garcez (Oca); auditório do Ibirapuera e o prédio da Bienal.

A inauguração do parque ocorreu em decorrência das comemorações do IV centenário da cidade de São Paulo, em 1954. O sítio, originalmente constituído pela planície de inundação dos córregos Caaguaçu e Sapateiro, foi drenada com o plantio de eucaliptos no início da década de 1930 (ROCHA, 2008). O “parque-monumento” carrega, desde sua gênese, o simbolismo da modernidade e progresso da sociedade industrial da cidade de São Paulo do século XX, manifestada pelo complexo arquitetônico e paisagístico (CURY, 2018). Em 1992, foi tombado pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (Condephaat).

A área verde do parque, composto por bosques heterogêneos, é utilizada pela população para fins de recreação e contemplação da ideia de natureza. Embora não represente uma remanescente da Mata Atlântica:

“No Parque Ibirapuera não existe remanescente de Mata Atlântica propriamente dito, porém o parque é recoberto principalmente por bosques heterogêneos, sendo que alguns destes foram enriquecidos com espécies nativas e exóticas. Da mesma forma, externo às dependências do Parque, no raio considerado de dois quilômetros, observa-se a presença de bosques heterogêneos no Instituto Biológico, circunscrito pelas avenidas Dante Pazzanese, Ibirapuera e Conselheiro Rodrigues Alves.” (São Paulo, Plano Diretor Parque Ibirapuera, p.38, 2019)

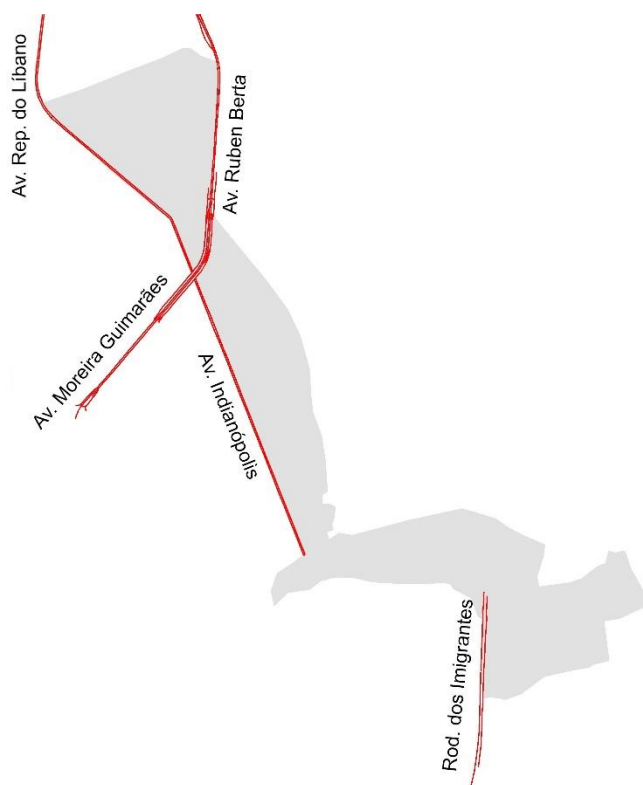
Apesar do alto grau de alteração da paisagem do parque, principalmente composto por vegetação de várzea e abundantes cursos d’água, comporta considerável biodiversidade de fauna e flora. Tendo sido registrado a consistente presença de aves “principalmente durante o inverno, aves migratórias como irerês, biguás, garças-brancas-grandes, socós-dorminhocos e martins-pescadores” (SÃO PAULO, 2008, apud. ROCHA, 2008).

## Parte 03 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 1. Delimitação da Área de Estudo

A delimitação da área de estudo foi baseada no recorte da matriz urbana situada entre os dois fragmentos fontes (PI e PEFI, Jardim Botânico de São Paulo). Todavia, diverge do polígono ideal (uma faixa entre os fragmentos, cujos limites seriam a coincidência das tangentes traçadas na amplitude de cada mancha) em razão do limitado tempo de trabalho nesta pesquisa e da existência de barreiras constituídas pelos sistemas viários e um alinhamento aos limites político-administrativos dos bairros. Assim, o recorte da área de estudo, embora limitado daquilo que se considera ideal, concentra-se na parcela considerada “mais verde”. Ou seja, a partir da leitura visual de imagens foi possível delimitar uma área com arborização para estudo do corredor.

A área de análise compreende os bairros residenciais situados entre os fragmentos fonte: Jardim Luzitânia, Planalto Paulista, Vila Monte Alegre, Vila Água Funda.



*Figura 3.1:* Polígono da área de estudo e as barreiras viárias que determinaram partes do recorte. Perímetro de aproximadamente 18,5 quilômetros. Elaboração: Lan, Jack (2021)

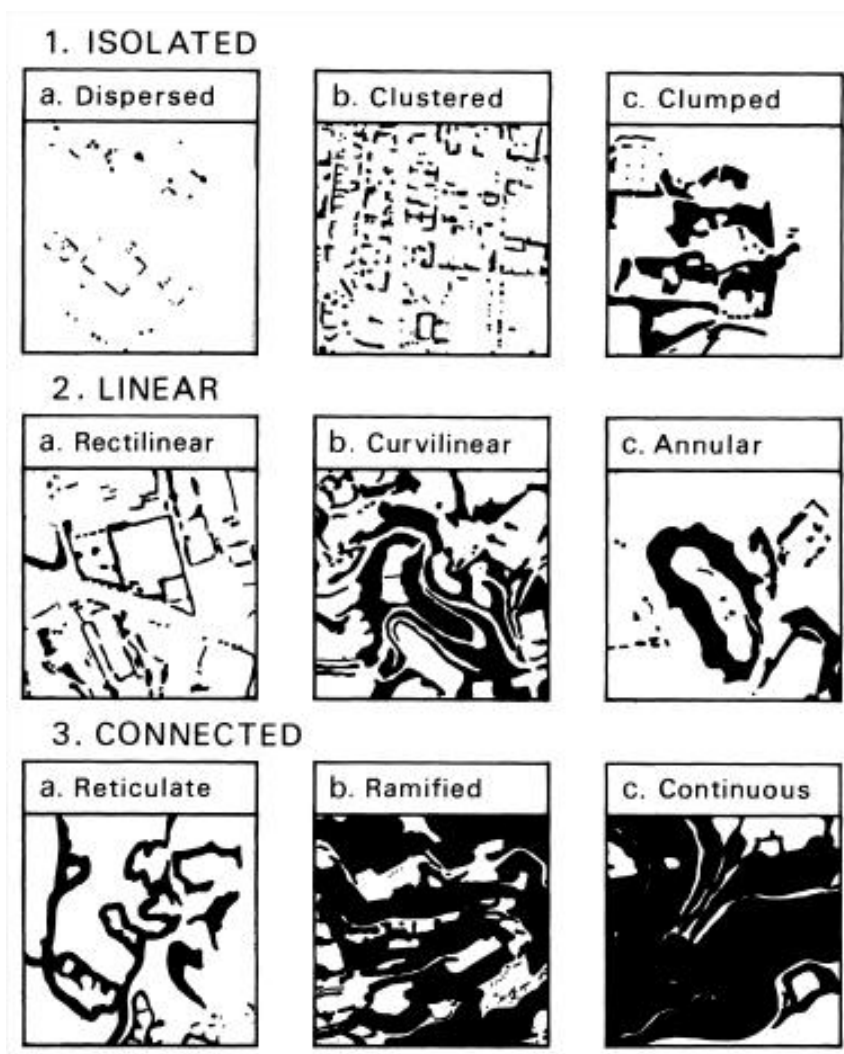
## 2. Vetorização do Dossel Arbóreo

A quantificação e caracterização da arborização urbana proposta por Jim (1989), conforme ilustra a figura 3.2, trouxe importante contribuição ao abordar o tema sob um viés geográfico. O estudo traçou uma relação entre o histórico do uso do solo de Hong Kong no pós-guerra (processo) com a atual configuração estrutural da arborização urbana (forma). Abrindo, consequentemente, as possibilidades para futuras pesquisas no campo da biogeografia urbana e do planejamento do verde urbano.

A metodologia proposta consiste no mapeamento do dossel arbóreo mais evidente, conforme a escala trabalhada (1:8.000), a partir de uma fonte de dado obtido por sensoriamento remoto (fotografias aéreas ou imagens de satélite), seguido por uma verificação posterior em campo. Finalmente a arborização urbana é analisada sob uma classificação qualitativa conforme o grau de conectividade observado.

Jim (1989) propôs uma classificação baseada na geometria e disposição do dossel, identificando três grupos hierárquicos (isolado, linear e conectado), cada qual com uma subdivisão em três variantes, totalizando nove categorias, como indicado na figura 3.2. O autor também destaca a importância na correlação dos diversos padrões aos processos antrópicos, principalmente ações da competência do planejamento urbano:

“Land use is an overriding determinant of urban tree characteristics, including distribution, coverage, canopy configuration and composition. The land use pattern reflects the interplay between natural factors, and more importantly human decisions [...]” (JIM. 1989, p.65)

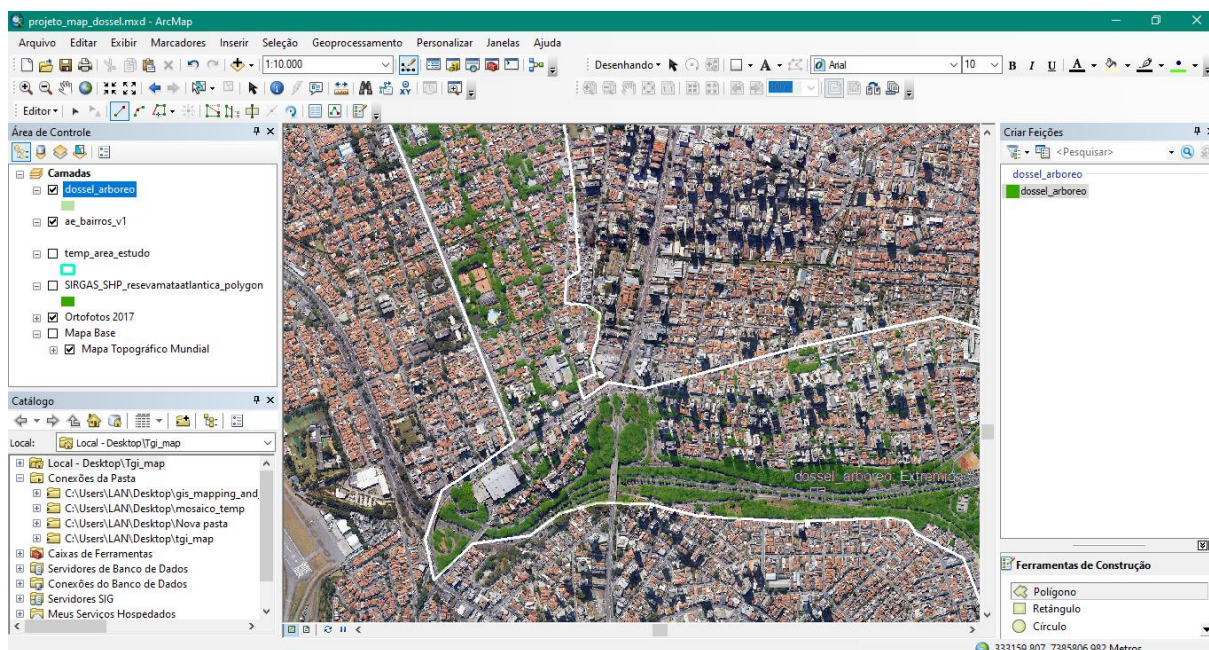


**Figura 3.2:** Esquema da classificação do dossel arbóreo. Fonte: Jim (1989)

O grupo “isolado” e suas variantes têm ocorrência em uma matriz dominada por materiais não permeáveis (construções, rede viária, coberturas artificiais do solo). Representam principalmente árvores dispersas, individuais ou em pequenos grupos, totalmente imersas na matriz. Com um grau maior de conectividade, o grupo “linear” é representado por justaposições de árvores em geometrias alongadas, normalmente seguindo algum padrão da infraestrutura urbana (quadras, ruas, avenidas, locais restritos para construções). O grupo “conectado” representa maior nível de contiguidade, associado às zonas de expansão urbana e periféricas.

O mapeamento do presente estudo foi realizado com base nas ortofotos da prefeitura municipal de São Paulo, de 2017 e disponibilizado a partir de 2020, fornecidos no portal de acesso de dados espaciais Geosampa ([.: Sistema de Consulta do Mapa Digital da Cidade de São](#)

[Paulo .: \(prefeitura.sp.gov.br\)](http://paulo.sp.gov.br). O processo de criação de um novo *layer* para o dossel arbóreo da área de estudo foi feito manualmente: a criação de um arquivo *shapefile* no banco de dados espaciais (*Geodatabase* criado utilizando o *ArcCatalog*), atribuição do *datum* correspondente à área de estudo, e ao procedimento de vetorização efetuado no *ArcMap* 9.5, como demonstrado na figura 3.3:



**Figura 3.3:** Vetorização do dossel arbóreo sobre as ortofotos em verde. A linha de cor branca representa a delimitação da área de estudo. Elaboração: Lan, Jack (2021).

A opção pela vetorização utilizando a distinção de contraste pelo olho humano, em detrimento dos demais processos automatizados (*Normalized Difference Vegetation Index*, NDVI ou algoritmos de classificação supervisionada inclusos nos softwares especializados em GIS, por exemplo) se dá em função de uma maior precisão no processo de aquisição do dado. Segundo a ressalva de Cruz (2013, p.51): “Embora exista um enorme ganho em tempo no uso deste procedimento, as tentativas realizadas demonstram certa dificuldade em diferenciar gramados de dosséis arbóreos, o que não ocorreria com o olho humano.”.

O resultado obtido foi um *layer* do dossel arbóreo com 2200 feições ou fragmentos, posteriormente utilizados para os cálculos de métrica de paisagem e do mapa binário.

### 3. Análise da Paisagem: Aplicação das Métricas

Em decorrência da impossibilidade da realização de levantamentos em campo<sup>5</sup>, o presente estudo baseia-se unicamente nas ferramentas de análise voltadas para a estrutura da paisagem. Assim é esperado, por meio da análise da conectividade estrutural, avaliar o potencial da conectividade funcional.

Os dados acerca da distância de dispersão de aves são considerados escassos na literatura, apresentando uma variação entre 54 a 650 metros (LOCATELLI, 2018). Com base nessa amplitude, foi determinado o menor valor para o raio de busca, considerando as pressões ambientais urbanas na fisiologia das aves e do comportamento silvícola da *Cyclarhis gujanensis*, resultando numa distância de 50 metros para o cálculo do índice de proximidade (PX).

Visando quantificar o grau de conectividade, optou-se a utilização de métricas de vizinho mais próximo, aplicados para a classe habitat (dossel arbóreo). O PX é a “soma de cada área dos fragmentos de mesma classe divididos pela distância euclidiana borda-a-borda respectiva, considerando somente os fragmentos dentro do raio de busca” (VOLOTÃO, 1998, p.18). É descrita pela fórmula da figura X. Onde  $S_i$  é a área (tamanho da mancha) do fragmento  $i$  do vizinho mais próximo da mesma classe  $z_i$ :

$$PX = \sum_{i=1}^n (S_i / z_i)$$

**Figura 3.4:** Equação do Índice de Proximidade (PX).  
Organizado por: Lan, Jack (2021).

O PX distingue entre as distribuições de pequenas manchas de habitat dos agrupamentos de grandes manchas. É considerado o índice mais apropriado para avaliações de alto-contraste, ou seja, o habitat sendo diferente da matriz. (GUSTAFSON; PARKER, 1994, p.119).

Foi utilizado o V-LATE (*Vector-based Landscape Analysis Tools Extension*), uma extensão projetada para o *software* ArcGIS 8/9, para análise quantitativa da estrutura da

<sup>5</sup> A pesquisa foi realizada durante o período da pandemia da Covid-19.

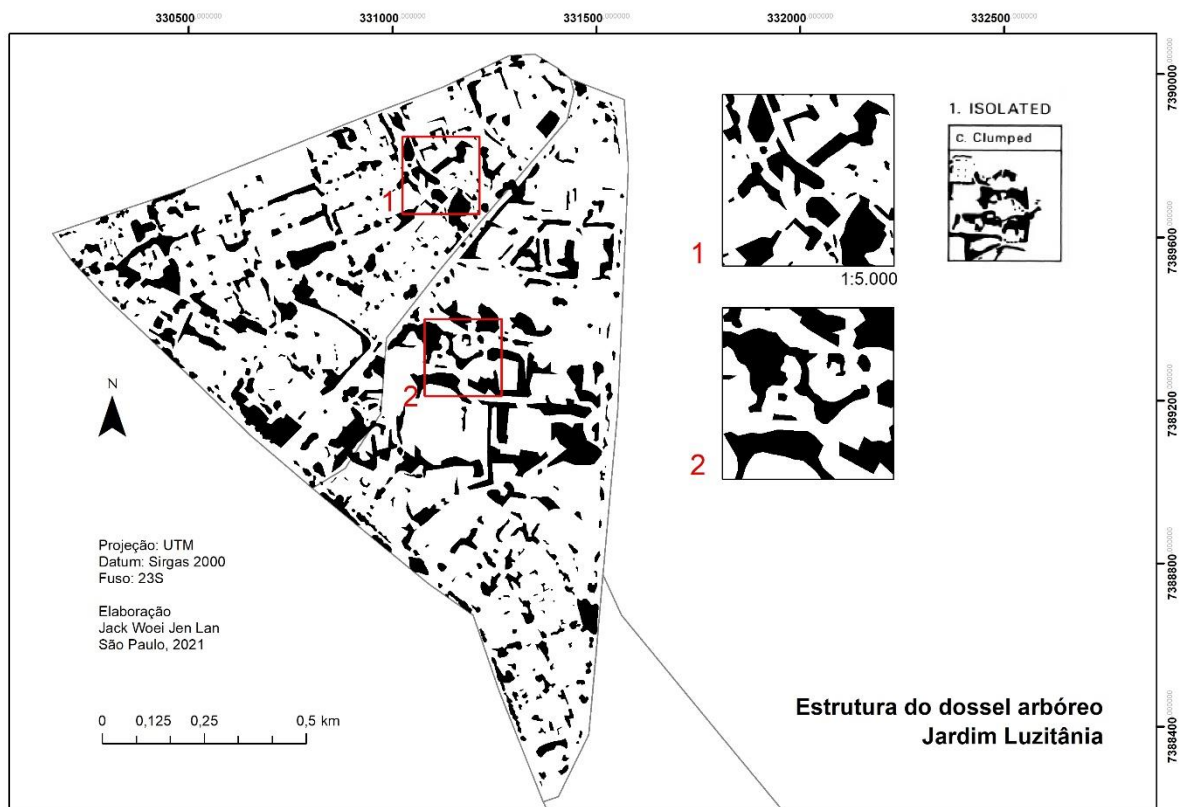
paisagem. A extensão apresenta a vantagem de compartilhar algumas métricas comuns ao FRAGSTATS, mas exigindo um *input* de dados vetoriais ao invés dos arquivos tipo *raster*. Representando maior precisão ao dispensar uma etapa de transformação dos dados (rasterização do vetor).

A base de interpretação para o resultado obtido deve considerar que “O índice de proximidade tem um alto valor quando uma mancha estiver cercada por grandes manchas e/ou manchas próximas. Ele diminui em áreas menores e em distâncias maiores” (LANG; BLASCHKE, 2007, p. 292). O resultado é um mapa da distribuição dos valores de PX entre as manchas fornecem uma visualização de como os organismos, que se movimentam em determinada escala, percebem a fragmentação da paisagem (GUSTAFSON; PARKER, 1994).

## Parte IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento do dossel arbóreo presente na área de estudo, realizado nas escalas 1:2.500 e 1:5.000, resultou no mapa binário (habitat x não habitat) e no mapa de espacialização do índice PX. A partir do levantamento, é possível realizar a interpretação da estrutura do dossel, conforme a classificação de Jim (1989). Segundo este, existem três classificações quantitativas possíveis para a percentagem de solo ocupado pelo dossel arbóreo: baixo < 5% de cobertura; médio, entre 5-20%; alto > 20% do uso do solo.

A área total do estudo, de aproximadamente 4 km<sup>2</sup> contém cerca de 16% de cobertura de dossel arbóreo, o que representa uma distribuição média. Todavia é necessário observar a relação da taxa de cada bairro, uma vez que representam diferentes formas de ocupação e organização do solo.



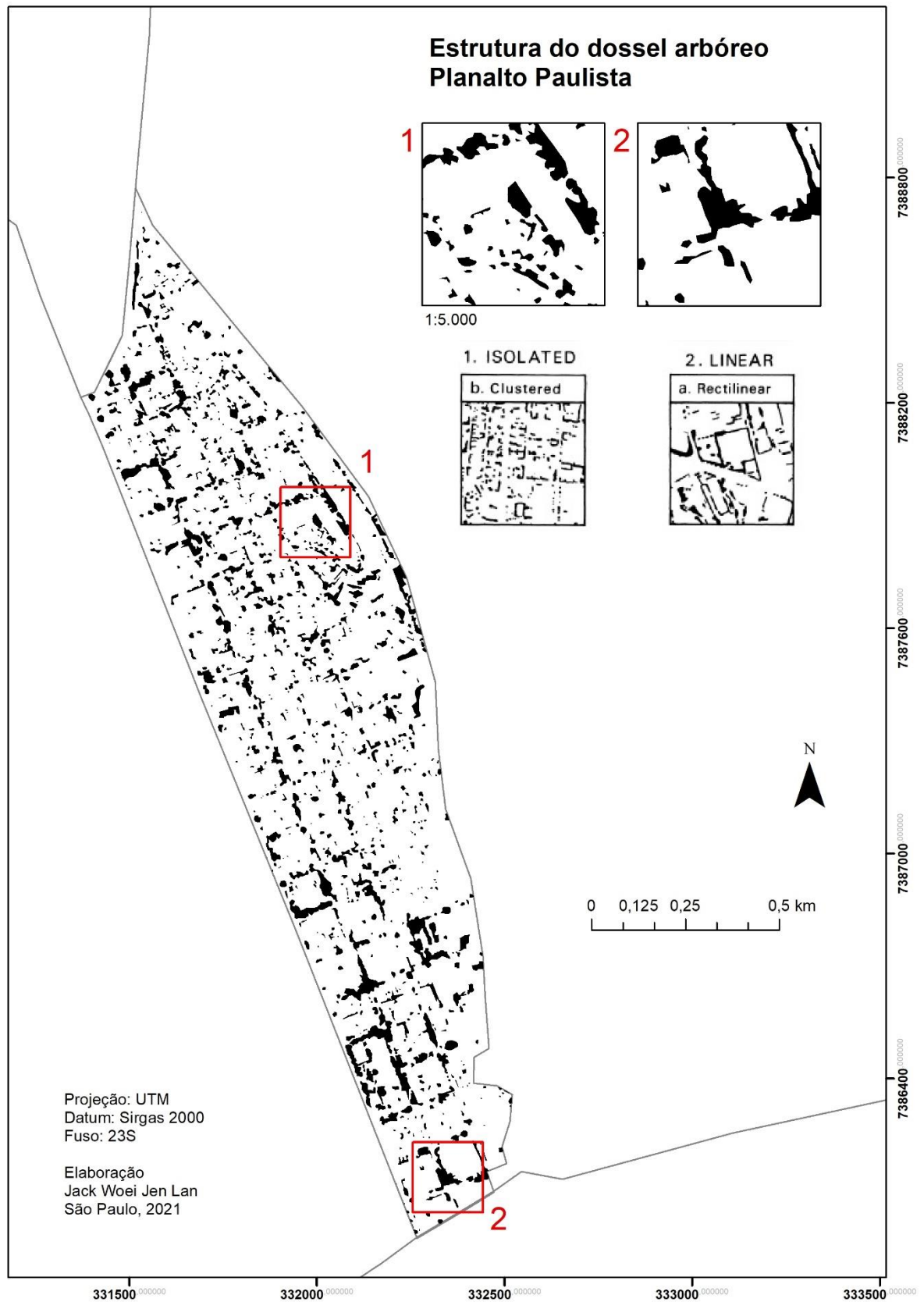
**Mapa 4.1:** Estrutura do dossel no bairro Jardim Luzitânia. Elaborado por Lan, Jack (2021).

### Jardim Luzitânia

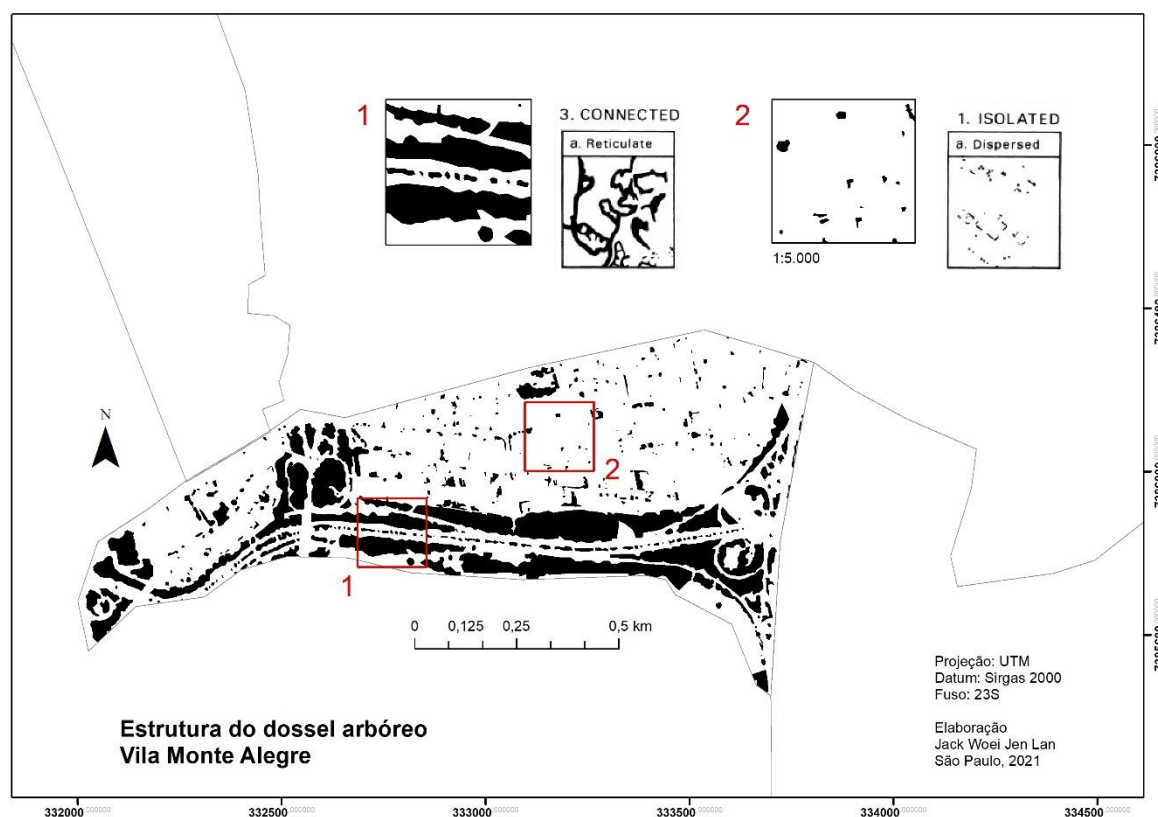
Bairro residencial de alto padrão adjacente ao limite sul do parque Ibirapuera, apresenta o padrão isolado e variante *clumped* (aglomerado), segundo a classificação de Jim (1989). Com cerca de 21,50% de sua área sendo o dossel arbóreo, destacando a praça Professor Rossini Tavares de Lima o Clube Atlético Monte Líbano, além da cobertura registrada nas calçadas e jardins do bairro. Ao sul da avenida Ibirapuera, o Centro Olímpico de Treinamento e Pesquisa Marechal Mário Ary Pires e outras edificações governamentais, representam fragmentos mais conectados e de porte maior quando comparados com o acompanhamento viário.

### Planalto Paulista

Apresentando áreas isoladas do tipo *clustered* (aglomerado), representados pelo dossel arbóreo de jardins, quintais e agrupamentos solitários de árvores, e áreas lineares do tipo *rectilinear* (retilíneo), representado pela arborização viária. Tendo somente 13,30% da área coberta por dossel arbóreo, indica um decréscimo na hierarquia de conectividade quando comparado com o bairro Jardim Luzitânia. É um bairro residencial de alto e médio padrão sem edificações de grande porte.



**Mapa 4.2:** Estrutura do dossel no bairro Planalto Paulista. Elaborado por Lan, Jack (2021).

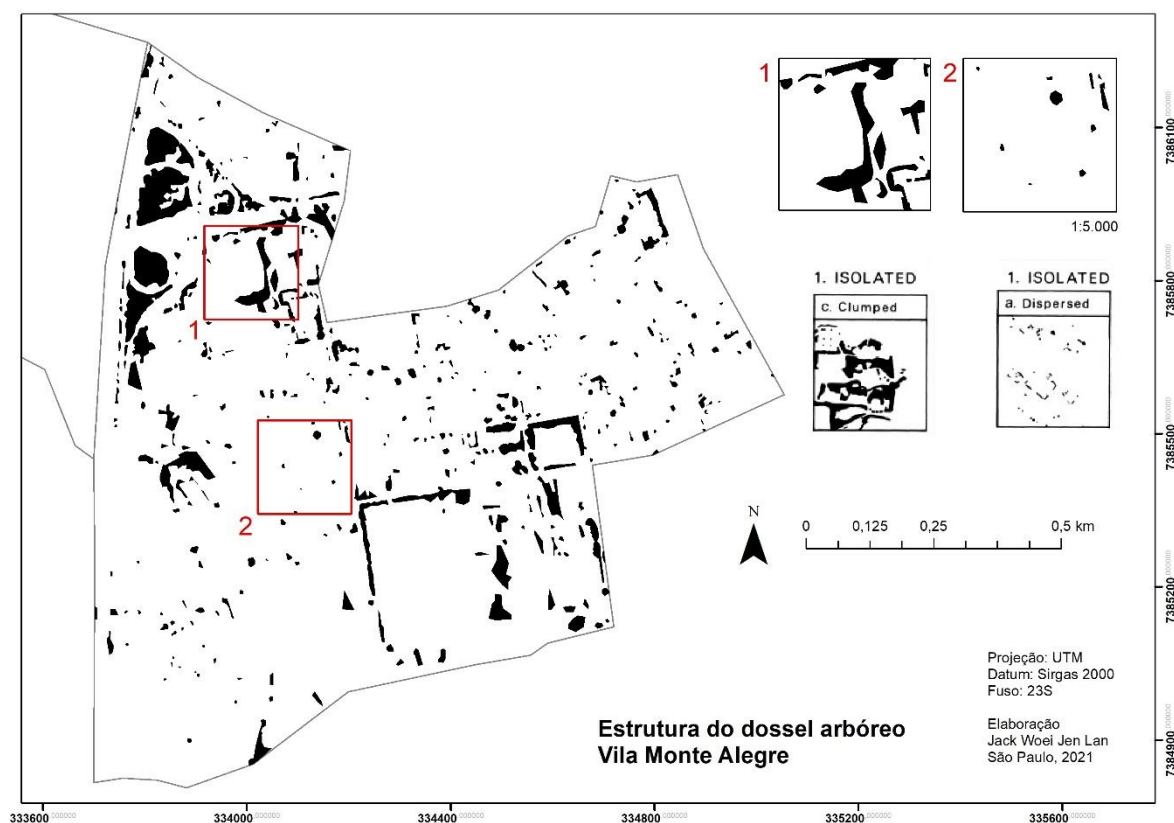


**Mapa 4.3:** Estrutura do dossel no bairro Vila Monte Alegre. Elaborado por Lan, Jack (2021).

### Vila Monte Alegre

Apresentando a maior percentagem de área ocupada por dossel arbóreo, aproximadamente 25,46%, concentrada nas praças adjacentes à avenida Afonso D'Escagnolle Taunay (praça Whitaker Penteado, Professor Orlando Gomes, Professor Mário Autuori). Devido ao tamanho do dossel e contiguidade das praças, é o único bairro da área de estudo a ser considerada conectada do tipo reticulado, embora não haja uma ligação de fato com nenhuma mancha fonte. É um bairro predominantemente residencial e comercial, com edificações de porte maior (condomínios de prédios). Excetuando as praças, a cobertura de dossel é dispersa e isolada pelo bairro.

Contém a maior mancha de cobertura vegetal contínua entre os dois fragmentos fontes (PI e PEFI), apresentando potencial como *stepping stone* importante para a *Cyclarhis gujanensis* e, provavelmente, também para espécies mais exigentes sobre as condições ambientais e disponibilidade de recursos.



**Mapa 4.4:** Estrutura do dossel no bairro Vila Água Funda. Elaborado por Lan, Jack (2021).

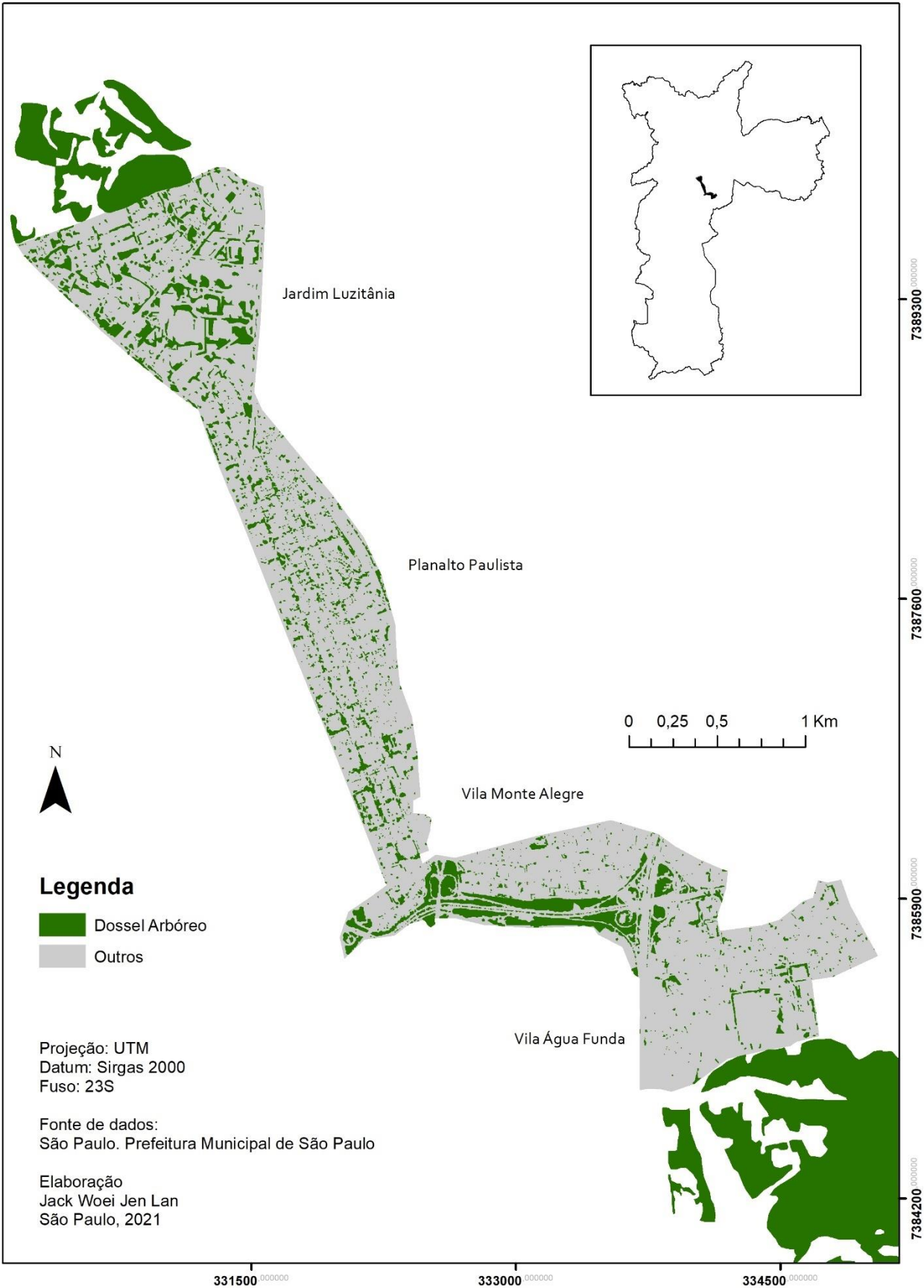
## Vila Água Funda

É o bairro que se situa adjacente ao norte do PEFI, em contato com a reserva biológica do Instituto de Botânica. Considerado bairro de médio padrão, apresenta a menor densidade em toda área de estudo, cerca de 8,14% de cobertura. Arborização é quase exclusivamente viária, excetuando terrenos de uma siderúrgica próximo ao jardim botânico. As manchas são majoritariamente isoladas do tipo dispersas, condição que pode comprometer a qualidade como *stepping stones*, uma vez considerado o alto tráfego da rodovia Imigrantes.

## Mapa Binário

O mapa binário permite a visualização da classe habitat, na cor verde, em contraste com as demais classes, de coloração cinza. É possível observar o padrão de distribuição das manchas na área de estudo e, com base na interpretação delas, traçar correlações entre o uso e ocupação do solo de cada unidade de planejamento (bairro) com a condição da cobertura vegetal arbórea.

Mapa Binário



## O mapa da espacialização do índice de PX

O mapa da espacialização do índice PX é condicionado pela escala da área de estudo e da distância de dispersão (*buffer*) utilizada no cálculo do índice. Um *buffer* relativamente pequeno resulta em uma variação maior do valor do PX entre as manchas, apresentando transições entre regiões com baixo valor de PX para altos com intervalos relativamente abruptos.

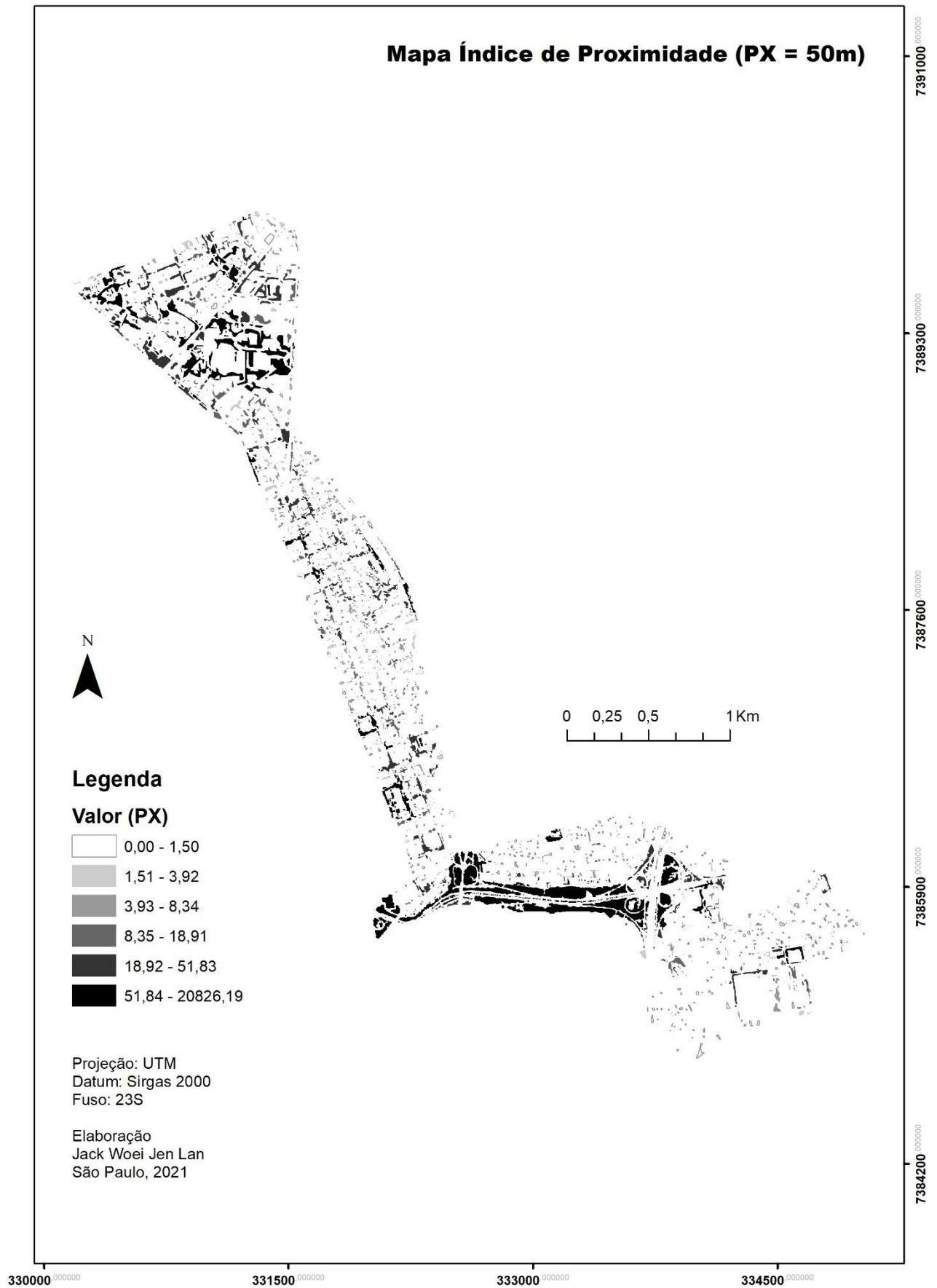
A espacialização reflete na variabilidade no acesso espacial do habitat, de modo que as manchas com valores de PX relativamente altos são associadas com configurações mais favoráveis à movimentação de organismos. Portanto implicando numa maior capacidade de sustentar populações que fazem parte de metapopulações mais estáveis (GUSTAFSON; PARKER, 1994).

Assim, é possível utilizar o mapa como um indicador da conectividade funcional, observando descontinuidades apontadas pelo índice. Tal análise complementa a classificação das estruturas de dossel elaboradas por Jim (1989), que induz menor conectividade nos bairros de Planalto Paulista e Vila Água Funda, confirmado pelas cores mais claras que representam menor valor de PX. Enquanto valores mais altos ( $PX > 8,35$ ) de tons mais escuros, estão concentrados nos bairros Jardim Luzitânia e Vila Monte Alegre, destacando a importância do tamanho do fragmento e grau de conectividade.

Percebe-se que o tipo de ocupação do solo afeta diretamente nas características da cobertura vegetal: *‘Land use is an overriding determinant of urban tree characteristics, including distribution, coverage, canopy configuration and composition. The land use pattern reflects the interplay between natural factors, and more importantly human decisions’* (JIM, 1989, p.65).

Um exemplo da influência da ocupação do solo sob o dossel arbóreo é a distinção entre o bairro Planalto Paulista, (predominantemente residencial de edificações menores, como casas e sobrados com quintais) e Vila Monte Alegre (misto entre residencial e comercial, com edificações de porte maior, como prédios e condomínios). Enquanto o primeiro apresenta uma distribuição ao longo de todo o bairro, o segundo, excetuando as praças, têm um padrão de distribuição consideravelmente mais isolado e disperso.

Assim, o mapa da espacialização do índice PX fornece uma aproximação acerca das condições de conectividade de uma paisagem, uma vez que: “PX is assumed to be an indicator of colonization dynamics predicted by island biogeography theory.” (GUSTAFSON e PARKER, 1994, p. 129).



## Parte V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os estudos apoiados pelas métricas na análise da paisagem, é imperativo frisar que tais ferramentas apresentam limitações inerentes aos modelos, cuja capacidade de representação de fenômenos ecológicos complexos é parcial. Assim, um estudo exclusivamente baseado pela análise estrutural, utilizando somente índices espaciais (como o índice PX), responde às questões de conectividade apenas sob o ponto de vista estrutural, que podem ser referências para o planejamento das infraestruturas verdes. E evidenciam importantes tendências e potencialidades na paisagem, a avaliação da conectividade estrutural necessita da complementação dos dados e informações obtidas pela análise funcional dos processos ecológicos.

A configuração e disposição do dossel na matriz é uma informação espacial relevante, todavia, é imprescindível também os dados sobre a composição florística, uma informação relevante na avaliação da conectividade dos fragmentos sob a percepção da espécie indicadora. A simplificação da ecologia da paisagem sob a abordagem da TBI, dividindo habitat x não-habitat, implica em uma falsa dualidade na interação entre organismo e paisagem.

Considerando os registros da ocorrência da *Cyclarhis gujanensis* no bairro Planalto Paulista, PIC, PEFI e o mapa de espacialização do índice PX, é plausível que a espécie utilize a arborização urbana como *stepping stone*. Restando apenas confirmação da capacidade de dispersão da espécie em levantamentos de campo nas áreas de borda dos fragmentos fonte, uma vez que as barreiras presentes na matriz urbana não puderam compor parte do estudo (impactos da rede viária, como a rodovia Imigrantes, avenida Professor Abraão de Moraes, etc.) e foram generalizados sob a categoria de não-habitat.

A problemática da conectividade recai, fundamentalmente, sobre o histórico de ocupação da cidade e as atuais ferramentas de planejamento urbano. Reconhece-se as limitações dos bairros centrais da cidade de São Paulo em ampliar, de forma significativa, as áreas verdes. Assim, a arborização de vias e praças representam uma das poucas opções viáveis de tornar a matriz urbana mais permeável para as aves urbanas.

Finalmente, é possível concluir a importância do estudo da biodiversidade na paisagem urbana. A aproximação por meio do campo interdisciplinar da ecologia da paisagem, fornece subsídios para a ciência geográfica desenvolver abordagens diversas sobre o estudo da paisagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMAYA-ESPINEL, J. D. et al. **The influence of building density on neotropical bird communities found in small urban parks**. Landscape and Urban Planning, v. 190, p. 103578, 2019.
- ARGEL-DE-OLIVEIRA, M. M. **Aves e vegetação em um bairro residencial da cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil)**. Revista Brasileira de Zoologia, vol. 12, n. 1, p. 81-92, São Paulo, 1995.
- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia global. Esboço metodológico**. Revista Ra'eGa, nº 8, p.141-152, 2004. Tradução: Olga Cruz.
- BUENO, E. S.; FURLAN, S. A. **A fauna como instrumento de análise da complexidade geográfica dos ambientes naturais. O caso de *Carponis melanocephala* no parque estadual Intervales e entorno – SP**. Revista do Departamento de Geografia – USP, v. 23, p. 152-186. 2012.
- BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. **Biogeografia**. Editora FUNPEC, ed. 2, 2006.
- CHANG, H. Y.; LEE, Y. F. **Effects of area size, heterogeneity, isolation, and disturbances on urban park avifauna in a highly populated tropical city**. Urban Ecosystems, v. 19, p. 257-274, 2016.
- CRUZ, B. M. **Procedimentos metodológicos para avaliação da arborização urbana na cidade de São Paulo**. Paisagem e Ambiente: Ensaios. Nº 31. São Paulo, 2013, p. 25-60.
- CURY, L. **O Parque Ibirapuera e a construção da imagem de um Brasil moderno**. Anais do XVIII Encontro de História da Anpuh-Rio. Rio de Janeiro, 2018, p. 1 - 13.
- DE LA PEÑA-DOMENE, M.; MINOR, E. **Landscape connectivity and ecological effects**. Landscape and Land Capacity. CRC Press, p. 39-48, 2020.
- FERREIRA, V. de O. **A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados**. GeoTextos. Vol. 6, p. 187-208, 2010.
- FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. **Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem**. O ecologia brasiliensis, v.11, n. 4, p. 493-502, 2007.
- FERNÁNDEZ-JURICIC, E. **Avifaunal use of wooded streets in a urban landscape**. Conservation Biology, v. 14, n. 2, p. 513-521, 2000.
- FORMAN, R. TT. **Interaction among landscape elements: a core of landscape ecology**. Perspectives in landscape ecology, p. 35-48, 1981.
- FORMAN, R. TT. **Some general principles of landscape and regional ecology**. Landscape Ecology, vol. 10, nº3, p. 133-142, 1995.

GHIZONI-JR, I. R. et al. **Predação de *Hyla nahdereri* (Anura: Hylidae) por *Cyclarhis gujanensis* (Aves: Vireonidae) em Santa Catarina.** *Melopsittacus*, vol. 3, n. 3, 2000.

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

JIM, C. Y. **Tree-canopy characteristics and urban development in Hong Kong.** *Geographical Review*, p. 210-225, 1989.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

METZGER, J. P. **O que é ecologia da paisagens ?.** *Biota Neotropica*, vol. 1. São Paulo, 2001.

NUCCI, J. C. **Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem.** *Revista eletrônica Geografar*, Curitiba, v.2, n. 1, p.77-99, 2007.

NUCCI, J. C.; CAVALHEIRO, F. **Cobertura vegetal em áreas urbanas: conceito e método.** *Geosp*, v. 3, n. 2, p. 29-36, 1999.

ORTEGA-ÁLVAREZ, R.; MACGREGOR-FORS, I. **Spreading the word: the ecology of urban birds outside the United States, Canada and western Europe.** *The Auk*, vol. 128, n. 2, p. 415-418, 2011.

RITTER, L. M. O.; MORO, R. S. **As bases epistemológicas da ecologia da paisagem.** *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, vol. 3, n. 3, p. 58-61, 2012.

ROCHA, Y. T.; CAVALHEIRO, F. **Unidades de paisagem do jardim botânico de São Paulo.** *Geosp*, v.7, p. 91-116, 2000.

ROCHA, Y. T. **Teoria geográfica da paisagem na análise de fragmentos de paisagens urbanas de Brasília, São Paulo e Rio de Janeiro.** *Revista Formação*, v. 1, n. 15, p.19-35, 2008.

SALGUEIRO, T. B. **Paisagem e geografia.** *Finisterra*, XXXVI, 72, p. 37-53, Portugal, 2001.

SÃO PAULO (CIDADE). **Plano municipal de conservação e recuperação da mata atlântica – PMMA.** Lei federal nº11.428, de 22 de dezembro de 2006. São Paulo: PMMA e SVMA, 2017. 533p.

SÃO PAULO (CIDADE). **Concessão para a prestação dos serviços de gestão, operação e manutenção dos parques Ibirapuera, Jacinto Alberto, Eucaliptos, Tenente Brigadeiro Faria Lima, Lajeado e Jardim Felicidade, bem como a execução de obras e serviços de engenharia.** São Paulo: SVMA, 2018. 27p.

SCHIER, R. A. **Trajetórias do conceito de paisagem na geografia.** *Revista Ra'eGa*, nº 7, p.79-85. Editora UFPR. Curitiba, 2003.

SHOCHAT, E. et al. **Birds in urban ecosystems: population dynamics, community structure, biodiversity, and conservation**. Urban ecosystem ecology, v. 55, p. 75-86, 2010.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira, uma introdução**. v.2, Brasília, UnB, 1985.

SHIMAZAKI, A. et al. **Urban permeability for birds: An approach combining mobbing-call experiments and circuit theory**. Urban forestry & urban greening, v. 19, p. 167-175, 2016.

TANUS, M. R. et al. **Estrutura e composição de um trecho da mata atlântica no parque estadual das fontes do ipiranga**. Hoehnea, v. 39, n. 1, São Paulo, p. 157-168, 2012.

TURNER, M. G. **Landscape ecology: the effect of pattern on process**. Annual review of ecology and systematics, v.20, n. 1, p. 171-197, 1989.

VITTE, A. C. **O desenvolvimento do conceito de paisagem e sua inserção na geografia física**. Mercator – Revista de Geografia da UFC, vol. 6 nº11, p.71-78, Fortaleza, 2007.

VOLOTÃO, C. **Trabalho de análise espacial métricas do fragstats**. Dissertação (Mestrado em Pesquisa Espacial) Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), São Paulo, 1998.

WU, J. **Past, present and future of landscape ecology**. Landscape Ecol, p. 1433-1435, 2007.

#### SOFTWARE:

Lang, S., Tiede, D.,(2003): vLATE Extension für ArcGIS - vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse, ESRI Anwenderkonferenz 2003 Innsbruck.

CDROM