

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA, TURISMO E HUMANIDADES  
GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

MAYARA DE OLIVEIRA CARRION

**ANÁLISE DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA A  
SELEÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA  
CONSERVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE INDAIATUBA-SP**

SOROCABA  
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA, TURISMO E HUMANIDADES  
GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

MAYARA DE OLIVEIRA CARRION

**ANÁLISE DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA A  
SELEÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA  
CONSERVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE INDAIATUBA-SP**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de  
Graduação de Licenciatura em  
Geografia da Universidade Federal  
de São Carlos *campus* Sorocaba.

Orientação: Prof. Dr. Marcos  
Roberto Martines

SOROCABA  
2022

Oliveira Carrion, Mayara de

Análise dos fragmentos florestais para a seleção de áreas prioritárias para conservação no município de Indaiatuba - SP / Mayara de Oliveira Carrion -- 2022.  
35f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba  
Orientador (a): Marcos Roberto Martines  
Banca Examinadora: Marcos Roberto Martines, Rogério Hartung Toppa, Mariana Victorino Nicolosi Arena  
Bibliografia

1. Ecologia da Paisagem . 2. Fragmentação Florestal . 3. Geoprocessamento. I. Oliveira Carrion, Mayara de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -  
CRB/8 6979

MAYARA DE OLIVEIRA CARRION

ANÁLISE DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA A SELEÇÃO DE ÁREAS  
PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE INDAIATUBA – SP

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada  
ao Curso de Graduação em Geografia, para  
obtenção do título de Licenciatura em  
Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Roberto Martines

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

Orientador

---

Prof. Dr. Marcos Roberto Martines  
Universidade Federal de São Carlos,  
*campus* Sorocaba

Examinador

---

Prof. Dr. Rogério Hartung Toppa  
Universidade Federal de São Carlos,  
*campus* Sorocaba

Examinadora

---

Profa. MSc. Mariana Victorino Nicolosi Arena  
Universidade Estadual de São Paulo



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA - CCGeoL-So/CCHB**

Rod. João Leme dos Santos km 110 - SP-264, s/n - Bairro Itinga, Sorocaba/SP, CEP 18052-780

Telefone: (15) 32295996 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-CAD nº 6/2022/CCGeoL-So/CCHB

**Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso**  
**Critérios de Avaliação da Defesa (GDP-TCC-CAD)**

<b>Data da Defesa:</b>	29 de abril de 2022
<b>Local da Defesa:</b>	
<b>Nome Completo do Estudante:</b>	Mayara de Oliveira Carrion
<b>Nome Completo do Orientador:</b>	Prof. Dr. Marcos Roberto Martines
<b>Título do TCC:</b>	"Análise estrutural dos fragmentos florestais para a seleção de áreas prioritárias à conservação no município de Indaiatuba-SP"

<b>1. Título adequado ao conteúdo do TCC?</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Comentários:		
<b>2. Introdução adequada e coerente ao assunto do TCC?</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Comentários:		
<b>3. Revisão da literatura adequada?</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Comentários:		
<b>4. Revisão da literatura abrangente?</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Comentários:		
<b>5. Revisão da literatura atualizada dos últimos 3 anos?</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Comentários:		
<b>6. Objetivos estão claramente definidos?</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Comentários:		
<b>7. Descrição da metodologia adequada?</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Comentários:		
<b>8. Princípios éticos respeitados?</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Comentários:		
<b>9. O TCC apresenta contribuições importantes para a área em questão (opcional)?</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Comentários:		

**PARECER DO MEMBRO DA BANCA**

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Aprovado sem modificações</b>	<input type="checkbox"/> <b>Aprovado com modificações</b>	<input type="checkbox"/> <b>Reprovado</b>
<b>Nota Final:</b>	10.0	

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Maria e Fernando, que se esforçaram muito ao longo dos anos para dar as melhores condições que podiam para que eu chegasse até aqui. À minha avó Cida, que é também a minha segunda mãe, e sempre me incentivou a continuar.

Ao meu querido orientador, Prof. Dr. Marcos Roberto Martines, por desde a primeira reunião me motivar e mostrar os melhores caminhos, além da sua paciência e disposição para ensinar e tirar todas as dúvidas.

A todos familiares que nunca me negaram suporte e que, durante os três anos de aula presencial, muitas vezes fizeram o percurso entre Indaiatuba e Sorocaba tarde da noite para que eu pudesse matar um pouco a saudade de casa.

À melhor irmã de quarto, Júlia, pela parceria de todas as horas, pelos puxões de orelha e pelo amadurecimento em conjunto. À Carol, que por um curto – porém inesquecível – período de tempo dividiu essa experiência com a gente.

Às amigas Dahra e Alessandra pelo companheirismo, pelos momentos de descontração e pela parceria de sucesso nos trabalhos. À Luísa, por dividir muita coisa comigo, inclusive a sala de aula no meu primeiro contato com a docência, durante as aulas de Geografia do CEC UFSCar Sorocaba.

Ao Gilson, por ouvir e estar presente, o meu abraço mais apertado.

À Patrícia, pela irmandade de longa data e pela inspiração que representa.

Às amigas indaiatubanas, nascidas e de alma, Ana, Mariana, Mayara e Gaby pelas doses de alívio que me deram, sobretudo nos últimos meses.

Ao Daniel, pelo apoio ao longo dos anos e por ter feito parte do momento da escolha do curso.

Aos professores do curso de Licenciatura em Geografia da UFSCar Sorocaba, que deram as bases necessárias ao meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

A todos aqueles que, embora não tenham sido citados, estão no meu coração e contribuíram direta ou indiretamente nessa caminhada.

# **Análise dos fragmentos florestais para a seleção de áreas prioritárias para conservação no município de Indaiatuba – SP**

Mayara de Oliveira Carrion

## **RESUMO**

A fragmentação da Mata Atlântica representa uma ameaça à biodiversidade característica desse bioma. A Ecologia da Paisagem, com auxílio dos Sistemas de Informação Geográfica e do Sensoriamento Remoto, utiliza dados espaciais para caracterizar as condições atuais dos fragmentos florestais através de medidas que quantificam e avaliam a paisagem. O presente trabalho teve como objetivo a análise dos remanescentes do município de Indaiatuba-SP utilizando as métricas de área, área núcleo e distância ao vizinho mais próximo, para a geração de um indicador de prioridade para conservação como forma de subsidiar o processo de tomada de decisão referente ao planejamento e adoção de medidas conservacionistas efetivas. O mapeamento dos fragmentos se deu por meio da fotointerpretação de imagens orbitais de alta resolução, seguida da vetorização manual em escala de 1:3.000. Foram mapeados 887 fragmentos totalizando 3.288,69 ha, o que corresponde a 10,56% do território estudado. As métricas expuseram que 85,46% dos fragmentos possuem até 5 ha, além da ausência de área núcleo em 51,41% dos remanescentes, enquanto que 72,83% estão até 39 metros de outra mancha. A análise do indicador de prioridade apontou apenas três fragmentos de muito alta relevância para conservação, em razão de seus expressivos tamanhos de área e área núcleo, bem como da proximidade que apresentam em relação a outra mancha. Os resultados obtidos evidenciam um alto nível de fragmentação e uma baixa cobertura florestal na maioria das sub-bacias do município, reforçando a necessidade de que o conjunto dos remanescentes seja alvo de ações de planejamento ambiental.

Palavras-chave: Ecologia da Paisagem. Fragmentação Florestal. Geoprocessamento.

## **ABSTRACT**

The fragmentation of the Atlantic Forest represents a threat to the biodiversity characteristic of this biome. Landscape Ecology, with the help of Geographic Information Systems and Remote Sensing, uses spatial data to characterize the current conditions of forest fragments through measures that quantify and evaluate the landscape. The present work aimed to analyze the remnants of the municipality of Indaiatuba-SP using the metrics of area, core area and distance to the nearest neighbor, in order to generate a priority indicator for conservation as a way of subsidizing the process of decision-making concerning the planning and adoption of effective conservation measures. The mapping of the fragments was carried out by means of photointerpretation of high resolution orbital images, followed by manual vectorization at a scale of 1:3,000. A total of 887 fragments were mapped, totalizing

3,288.69 ha, which corresponds to 10.56% of the territory studied. The metrics showed that 85.46% of the fragments have up to five ha, in addition to the absence of a core area in 51.41% of the remnants, while 72.83% are within 39 meters of another patch. The analysis of the priority indicator showed only three fragments of very high relevance for conservation, due to their expressive size of area and core area, as well as their proximity to another patch. The results obtained show a high level of fragmentation and low forest cover in most of the municipality's sub-basins, reinforcing the need for the set of remnants to be the target of environmental planning actions.

Keywords: Landscape Ecology. Forest Fragmentation. Atlantic Forest. Geoprocessing.

## 1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é considerada um dos biomas mais importantes do mundo (VARJABEDIAN, 2010). Por se estender atualmente por boa parte do litoral do Brasil, avançando para o sul da América do Sul onde abrange ainda regiões do Paraguai e da Argentina, caracteriza-se pelos seus amplos gradientes latitudinal, altitudinal e longitudinal, que a conferem uma significativa variedade de fitofisionomias, bem como uma elevada riqueza de espécies e alto grau de endemismo (MUYLAERT et al., 2018). Desta forma, pelo o que representa em termos de biodiversidade e também pelos impactos sucessivos decorrentes das ações antrópicas sobre o meio, a Mata Atlântica foi apontada como um dos *hotspots* mundiais, o que a coloca como uma das prioridades para a conservação de biodiversidade em todo o mundo (PINTO, et al., 2006).

Tendo o interesse econômico pelos seus recursos iniciado logo no período da colonização, a Mata Atlântica passou por diferentes ciclos de exploração que culminaram na devastação da maior parte de sua área original, estimada em 1.350.000 km<sup>2</sup> de extensão, hoje restando apenas 12,4% desse total, segundo dados do Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (período 2018-2019). As causas apontadas atualmente como responsáveis por esta devastação são o desmatamento para fins de agropecuária e a concentração da população e dos maiores núcleos urbanos e industriais nesse bioma, que chega a abrigar cerca 60% da população brasileira sobre o seu domínio (PINTO et al., 2006).

Uma das principais consequências dessa destruição que tem se acelerado nas últimas três décadas diz respeito a fragmentação de habitats ou formação de

“ilhas”, o que consiste na divisão de uma área grande e contínua de habitat em dois ou mais fragmentos isolados (PRIMACK e RODRIGUES, 2001). A Mata Atlântica se encontra, portanto, reduzida a um mosaico de pequenos fragmentos florestais, chegando a apresentar até mesmo em extensas redes de áreas protegidas a predominância de remanescentes com menos de 100 hectares (PINTO et al., 2006). Um estudo realizado por Ribeiro et al. (2009) com o intuito de analisar os padrões de fragmentação dos remanescentes florestais do bioma e sua distribuição espacial aponta ainda que 80% de seus fragmentos florestais possuem áreas menores que 50 hectares.

Pela possibilidade de impacto na quantidade e na qualidade do habitat disponível e na sobrevivência de espécies (PINTO et al., 2006), a fragmentação florestal tem sido estudada no âmbito da Ecologia da Paisagem, que, com o auxílio das Geotecnologias como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o Sensoriamento Remoto, utiliza dados espaciais para compreender e caracterizar as condições atuais, o desenvolvimento e a mudança temporal dos fragmentos florestais (SANTOS et al., 2017), o que se configura em uma importante estratégia para o manejo, conservação e planejamento da paisagem.

Dentro dos estudos da Ecologia da Paisagem, a aplicação e interpretação de medidas que funcionam como parâmetros e que permitem quantificar e avaliar a estrutura da paisagem a partir de critérios como tamanho, forma, área-núcleo, conectividade, etc., denominadas métricas (LANG e BLASCHKE, 2009), mostram-se como uma abordagem que auxilia no processo de tomada de decisão no que se refere ao planejamento e adoção de medidas conservacionistas efetivas, contribuindo, por exemplo, para a identificação de áreas prioritárias à conservação (SANTOS et al., 2017; PEREIRA et al., 2019) bem como àquelas apropriadas para a implementação de corredores ecológicos (TEIXEIRA et al., 2018), entre outras aplicações.

Nesse sentido, estudos sobre a estrutura da paisagem têm mostrado que, assim como em todo o território brasileiro, no Estado de São Paulo, que concentra 32,09% dos remanescentes do bioma Mata Atlântica de acordo com dados do Inventário Florestal do Estado de São Paulo (2020), são encontrados municípios de paisagem bastante fragmentada, como é o caso de Indaiatuba, localizado na Região

Metropolitana de Campinas (RMC). Segundo o Plano Municipal de Conservação e Restauração da Mata Atlântica de Indaiatuba (INDAIATUBA, 2018), realizado para o Programa Município VerdeAzul (PMVA), o município contava, no período de 2015 a 2016, com apenas 5% de sua área total recoberta por remanescentes de Mata Atlântica, chegando a um total de 1.557,7 ha divididos em 50 fragmentos florestais.

Os resultados obtidos pelo plano municipal que, além de mapear e quantificar os fragmentos florestais, também indicou a área da APA do Rio Jundiáí como prioritária para conservação no município devido à proximidade de seus fragmentos, teve como principal referência a interpretação visual de imagens orbitais do sensor Landsat 8/OLI, de resolução espacial de 30 m. Embora dentre as imagens de resolução moderada esta demonstre capacidade de identificação de grande parte dos fragmentos de pequeno porte, destaca-se um melhor resultado a partir da utilização de imagens de sensores de maior escala em relação ao Landsat 8/OLI para as análises em estudos da paisagem, devido a maior qualidade e precisão que possibilitam na observação das fisionomias (DA SILVA et al., 2018).

Compreendendo, portanto, a predominância de fragmentos de Mata Atlântica de pequeno porte em Indaiatuba e a importância da precisão em estudos sobre a estrutura da paisagem para a avaliação da situação dos remanescentes no que diz respeito ao fornecimento de subsídios ao processo de tomada de decisão, o presente trabalho buscou avaliar a fragmentação florestal no município por meio do mapeamento e da caracterização dos remanescentes através de indicadores métricos da paisagem, como forma de subsidiar planos e ações futuras para o estabelecimento de estratégias conservacionistas a partir da seleção de áreas prioritárias de interesse ao planejamento ambiental.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Tipificar os fragmentos florestais para a seleção de área prioritárias de interesse para a conservação do município de Indaiatuba, no interior do estado de São Paulo.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Delimitar as sub-bacias hidrográficas do município de Indaiatuba – SP como unidades espaciais de análise;
- ❖ Mapear os fragmentos florestais;
- ❖ Estimar indicadores de métricas da paisagem;
- ❖ Elaborar um indicador de prioridade do fragmento a partir da soma das métricas.

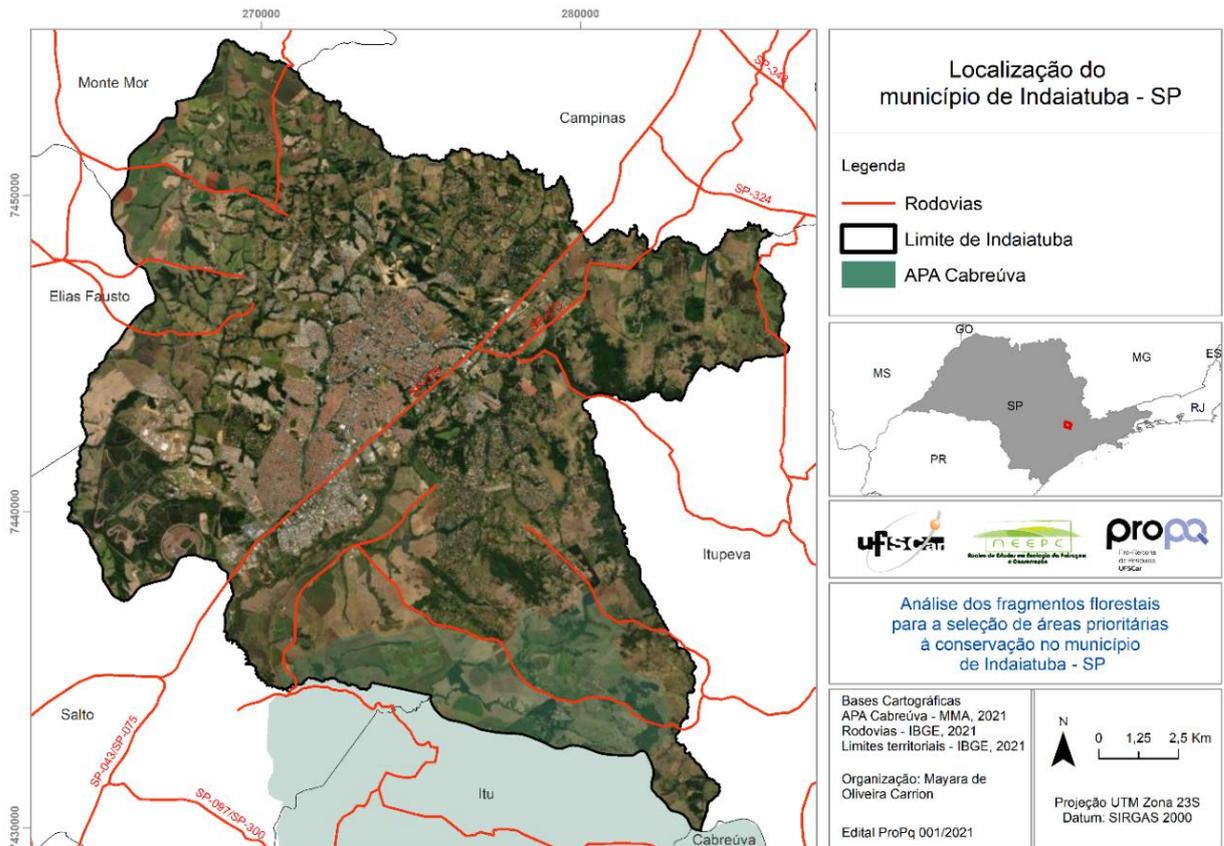
### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Área de estudo**

O município de Indaiatuba, situado nas coordenadas 23° 05' 24" S e 47° 13' 04" O, está localizado no interior do estado de São Paulo, à noroeste da capital do estado, onde integra a Região Metropolitana de Campinas (Figura 1). De acordo com o IBGE, possui uma área de 311.545 km<sup>2</sup>. Desse total, quase ¼ (24,05%) corresponde a mancha urbana, sendo ela uma das principais matrizes que caracteriza o território da área de estudo (MapBiomias, 2020).

A sobreposição com uma parte da APA Cabreúva que ocorre sobretudo ao sul e sudoeste do município é outro atributo que se mostra pertinente ao escopo da pesquisa (Figura 1). A Unidade de Conservação de Uso Sustentável (UCUS), que tem como objetivo proteger uma das últimas grandes áreas remanescentes do bioma Mata Atlântica do interior de São Paulo representado pelo maciço montanhoso da Serra do Japi, foi criada em 1984 pela Lei Estadual nº 4.023 e mais tarde, no ano de 2006 (Lei Estadual 12.289), veio a incorporar os municípios de Indaiatuba, Salto e Itu, formando uma área de 37.197 hectares (SILVA, 2011). Indaiatuba, junto aos dois outros municípios incorporados posteriormente a sua criação, compõe a Zona de Conservação Hídrica da UC, a qual foi estabelecida pelo decreto de nº 43.284 e destina-se à proteção e conservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos superficiais utilizados para o abastecimento público (SÃO PAULO, 1998).

**Figura 1 - Localização do município de Indaiatuba, SP.**



Portanto, considerando a relevância da matriz urbana para entender a dinâmica da paisagem do município, bem como a da área de sobreposição à APA Cabreúva para a conservação dos recursos hídricos, como elementos de contextualização foram incorporadas aos mapas as camadas que representam a mancha urbana (Souza et al., 2020) de Indaiatuba e os limites da referida UC (MMA, 2022).

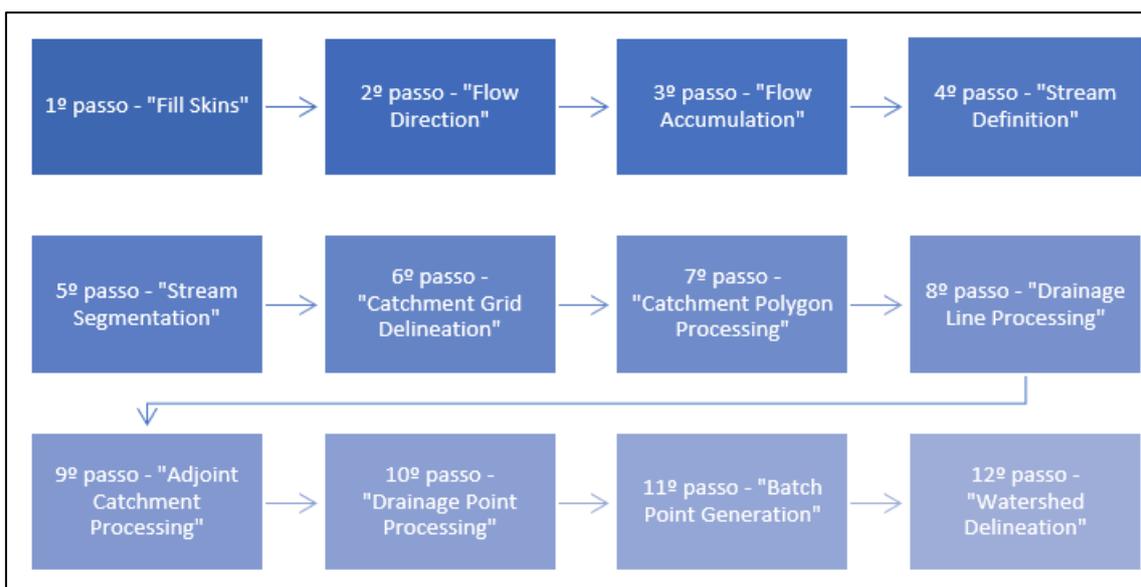
### **3.2 Unidade espacial de análise**

Sendo a bacia hidrográfica adotada universalmente como unidade de planejamento por constituir-se em um limite nítido para a ordenação territorial onde os recursos naturais se integram e são facilmente interpretados (SANTOS, 2004), como unidade espacial de análise foram delimitadas as sub-bacias do município de Indaiatuba através da extensão *Arc Hydro Geoprocessing Tools* do *ArcMap* versão 10.5.

O procedimento para a obtenção das sub-bacias em ambiente SIG baseou-se nas orientações descritas em Toppa et al. (2017) e envolveu doze linhas de

comando, tendo iniciado por meio da entrada do Modelo Numérico de Terreno (MNT) gerado a partir da imagem do Satélite ALOS de 12,5 m de resolução espacial, correspondente aos limites da área de estudo. As etapas do processamento são descritas na Figura 2.

**Figura 2** - Etapas do processamento automatizado para a delimitação das sub-bacias do município de Indaiatuba, São Paulo.

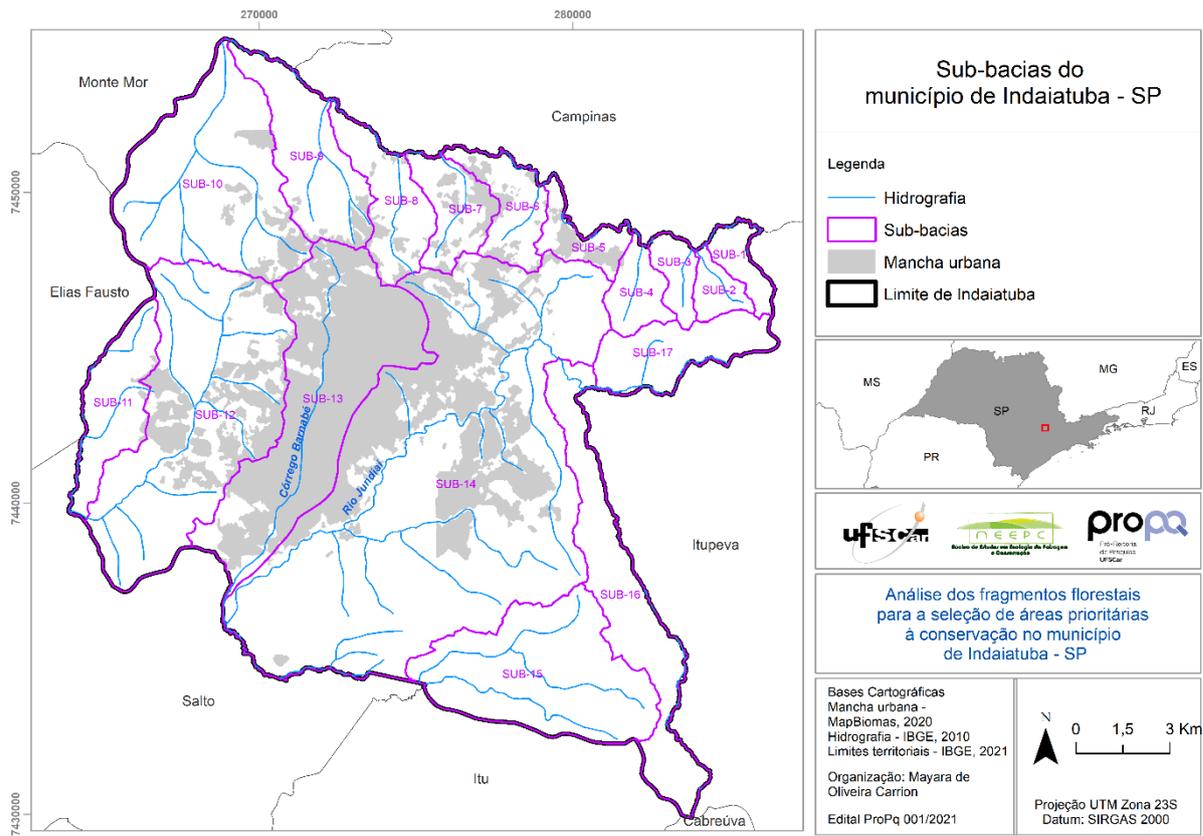


Fonte: Adaptado de Toppa et al. (2017).

Após o processamento automatizado, foi realizado um ajuste manual das feições poligonais geradas a partir da interpretação do MNT e da hidrografia vetorizada disponibilizada pelo IBGE (2010).

Para isso, utilizou-se como máscara para delimitação de ajuste o polígono do limite do município de Indaiatuba. As bacias foram ajustadas para uma adequação a escala da pesquisa e na perspectiva de criar unidades escalares de análise. Com isso, obteve-se a delimitação de 17 (dezessete) sub-bacias (Figura 3).

**Figura 3 - Sub-bacias do município de Indaiatuba, SP.**



### 3.3 Mapeamento dos fragmentos florestais

O mapeamento dos fragmentos florestais se deu por meio da fotointerpretação e vetorização em tela de feições poligonais de imagens orbitais de alta resolução espacial disponibilizadas pela plataforma *Bing Maps Imagery*, seguindo critérios tais como forma, tamanho, padrões de arranjo espacial, tonalidade, textura e a localização (TEMBA, 2000), com o intuito de distinguir manchas de floresta nativa de outras manchas florestais de origem antrópica.

Nesse contexto, as manchas de florestas foram interpretadas e vetorizadas em escala 1:3.000, e foram conceituadas como o conjunto de estrutura florestal de vegetação nativa em diversos estágios sucessionais de desenvolvimento (IBGE, 2013).

### 3.4 Aplicação de métricas para a quantificação da paisagem

Após o mapeamento, foi realizada a quantificação da estrutura dos fragmentos florestais identificados a partir da extensão V-LATE 2.0 (*Vector-based*

*Landscape Analysis Tools*) utilizando as métricas de área, área núcleo e distância ao vizinho mais próximo que foram espacializados através de mapas coropléticos.

Para a definição dos intervalos das classes para cada métrica foi adotado o método de classificação *Natural Breaks Optimization* (Jenks, 1967), o qual procura as grandes lacunas no universo dos dados, ou as *pausas naturais* buscando maximizar a variância entre as classes e minimizar as diferenças dentro delas.

### **3.4.1 Área do Fragmento Florestal**

Pode ser considerada a medida da estrutura da paisagem mais importante para explicar as variações de riqueza de espécies (METZGER, 1999), além de ser o elemento central da teoria da Biogeografia de Ilhas, proposta por MacArthur e Wilson em 1967. É também a métrica mais próxima e difundida e a que influencia direta ou indiretamente outras, dando-se pela soma de todas as áreas de manchas de uma determinada classe numa paisagem (LANG e BLASCHKE, 2009).

### **3.4.2 Área núcleo do Fragmento Florestal**

A medida de área núcleo diz respeito ao cálculo dos espaços internos dos fragmentos florestais, onde predominam outras condições bióticas ou abióticas devido ao fato destes não sofrerem a influência do efeito de borda, e se dá através do cálculo de uma área de amortecimento ou *buffer* negativo direcionado para dentro do fragmento, o que corresponde à largura do efeito de borda (LANG e BLASCHKE, 2009). Os setores de borda, na maioria das vezes evitado por determinadas espécies, apresentam potenciais perturbações mais evidentes nos primeiros 35 m para a estrutura da vegetação (RODRIGUES, 1998). Assim, foi definida uma largura de borda de 35 m para cada fragmento, para obtenção da área em metros quadrados da métrica. Compreendendo sua utilização enquanto medida de qualidade do habitat (VIDOLIN et al., 2011), quanto maior for a área núcleo do fragmento, maior será a sua importância na seleção das manchas de interesse.

### **3.4.3 Distância ao vizinho mais próximo do Fragmento Florestal**

A distância desempenha um importante papel no alcance de habitats, o qual é decisivo para a sobrevivência de metapopulações (LANG e BLASCHKE, 2009). A métrica de distância ao vizinho mais próximo (*Nearest neighbor distance – Nndist*), portanto, é a medida de proximidade que calcula a distância euclidiana entre uma

mancha a outra mancha mais próxima da mesma classe, nesse caso, os fragmentos florestais. Quanto menor o valor atribuído a um fragmento florestal a partir do cálculo, maior é a sua importância na análise (LANG e BLASCHKE, 2009). Por meio da aplicação dessa métrica, é possível localizar os fragmentos que se encontram mais distantes, além de identificar o fragmento vizinho mais próximo a cada remanescente mapeado.

Com o cálculo de distância ao vizinho mais próximo também foi possível estabelecer uma relação entre os resultados desta com os da métrica de área, através de um gráfico de dispersão, como forma de conhecer as características dos remanescentes mais distantes e também daqueles que se encontram mais próximos a outros em relação aos seus tamanhos.

### **3.5 Indicador de prioridade para conservação dos Fragmentos Florestais**

Para a seleção de áreas de interesse à conservação foi necessária a elaboração de um indicador de fragmentos sintético a partir das métricas selecionadas.

Para tornar os critérios adotados comparáveis e possíveis de efetuar combinações, foi realizada a normalização das variáveis em um mesmo intervalo numérico entre 0 (zero) e 1 (um). Para as métricas de área e área núcleo cuja interpretação considera melhores os maiores valores apresentados, a normalização se deu a partir da expressão eq. (1):

$$\text{Índice}_i = \frac{(v_i - V_{min})}{V_{MAX} - V_{MIN}} \quad \text{Eq. ( 1)}$$

Onde:

$v_i$  = Valor da variável;

$V_{Min}$  = Valor mínimo da variável;

$V_{Max}$  = Valor máximo da variável;

A normalização da métrica de distância ao vizinho mais próximo, por sua vez, se deu por meio de uma fórmula que considerou os menores valores como sendo aqueles de maior importância para a análise em questão, expressa pela eq. (2):

$$\text{Índice}_i = \frac{(v_i - V_{max})}{V_{MIN} - V_{MAX}} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

$v_i$  = Valor da variável;

$V_{Max}$  = Valor máximo da variável;

$V_{Min}$  = Valor mínimo da variável;

A obtenção do indicador de prioridade dos fragmentos se deu a partir da eq. (3)

$$I_{FRAG} = \sum (Var) \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

$I_{FRAG}$  = valor sintético do indicador por fragmento;

$Var$  = valor do critério normalizado.

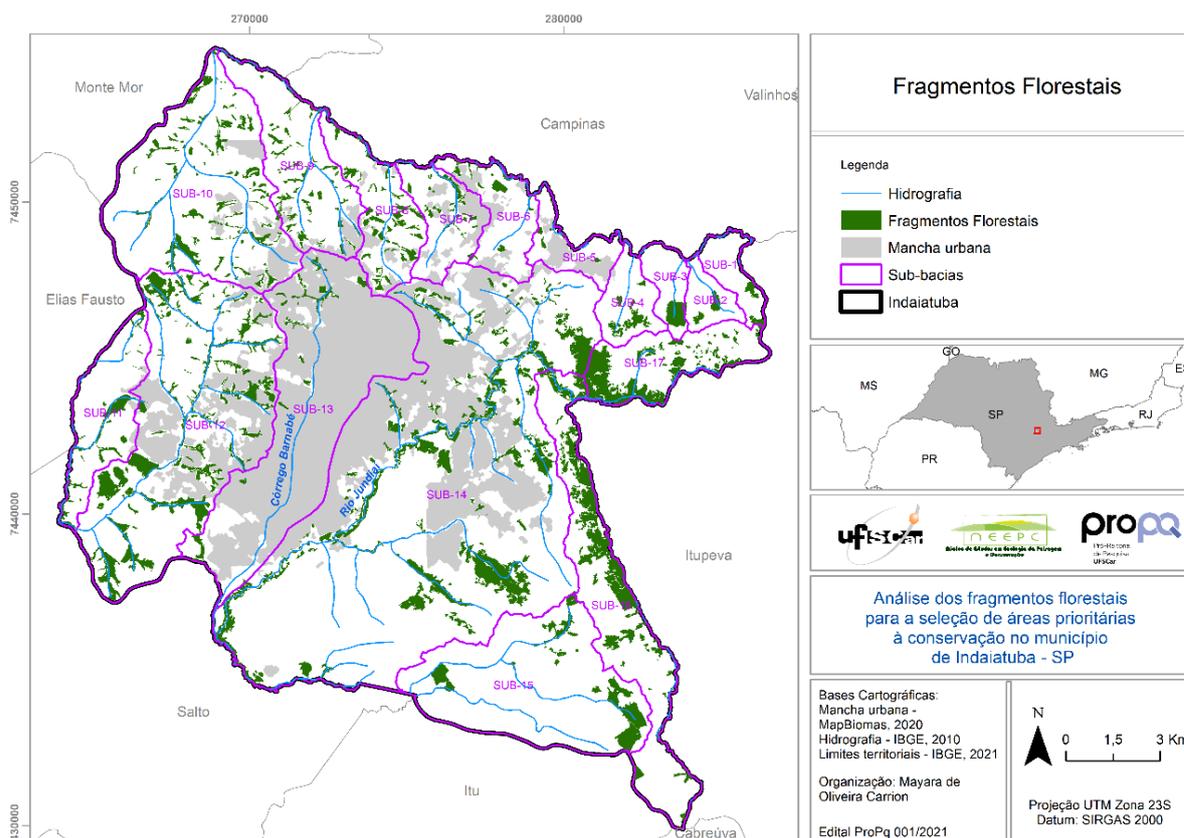
Por fim, após o cálculo do indicador de prioridade, os valores obtidos para cada fragmento foram agrupados em classes seguindo o método de classificação de Jenks (1967), que resultou na ordenação dos fragmentos em cinco classes de interesse: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta relevância.

Cabe aqui ressaltar que, a classificação dos fragmentos em ordem de prioridade neste trabalho se deu a partir da soma e interpretação dos resultados das métricas de área, área núcleo e distância ao vizinho mais próximo, acima detalhadas. Os fragmentos que obtiveram os melhores valores quando analisados o conjunto das três métricas selecionadas foram, portanto, aqui considerados como de muita relevância para a conservação. Entretanto, dada a existência de inúmeras métricas e outras possíveis abordagens, frisa-se a possibilidade de os mesmos remanescentes apresentarem diferentes resultados em outros cenários.

## 4. RESULTADOS

Foram mapeados 887 fragmentos florestais no território municipal (Figura 4), totalizando 3.288,69 ha de cobertura florestal. Esse valor corresponde a aproximadamente 10,56% da área total de Indaiatuba.

**Figura 4** - Fragmentos florestais do município de Indaiatuba – SP.



A análise da distribuição dos fragmentos florestais por sub-bacia revelou que a sub-bacia 14 foi a que apresentou maior área cobertura por remanescentes em números absolutos, com um total de 941,58 ha (Tabela 1), o que corresponde a 28,63% do total dessa fitofisionomia no território de Indaiatuba. Quando observados os dados em relação ao percentual referente a área de cada sub-bacia, a sub-bacia 14 apresentou 9,75% de cobertura por fragmentos florestais. A sub-bacia com maior percentual de área ocupada por fragmentos florestais é a sub-bacia 17, com 28,79% de cobertura florestal de seu território (Tabela 2 e Figura 5).

**Tabela 1** - Descrição das sub-bacias de Indaiatuba quanto a cobertura florestal.

<i>Sub-bacia</i>	<i>Área total (ha)</i>	<i>Qt. Fragmentos Florestais</i>	<i>Área dos fragmentos (ha)</i>	<i>Cobertura Florestal (%)</i>
1	312,12	3	20,92	6,7
2	273,09	5	24,68	9,37
3	304,35	2	44,49	14,61
4	430,71	10	44,53	10,34
5	405,02	10	11,69	2,88
6	656,52	18	45,7	6,96
7	653,91	36	45,42	6,94
8	878,06	46	122,58	13,96
9	1311,33	70	109,85	8,37
10	2874,24	109	242,38	8,43
11	968,99	36	88,76	9,16
12	3956,37	150	593,41	14,99
13	3226,62	30	72,43	2,24
14	9649,33	233	<b>941,58</b>	9,75
15	2472,18	20	201,14	8,13
16	1865,12	80	410,12	21,98
17	930,48	60	267,94	<b>28,79</b>

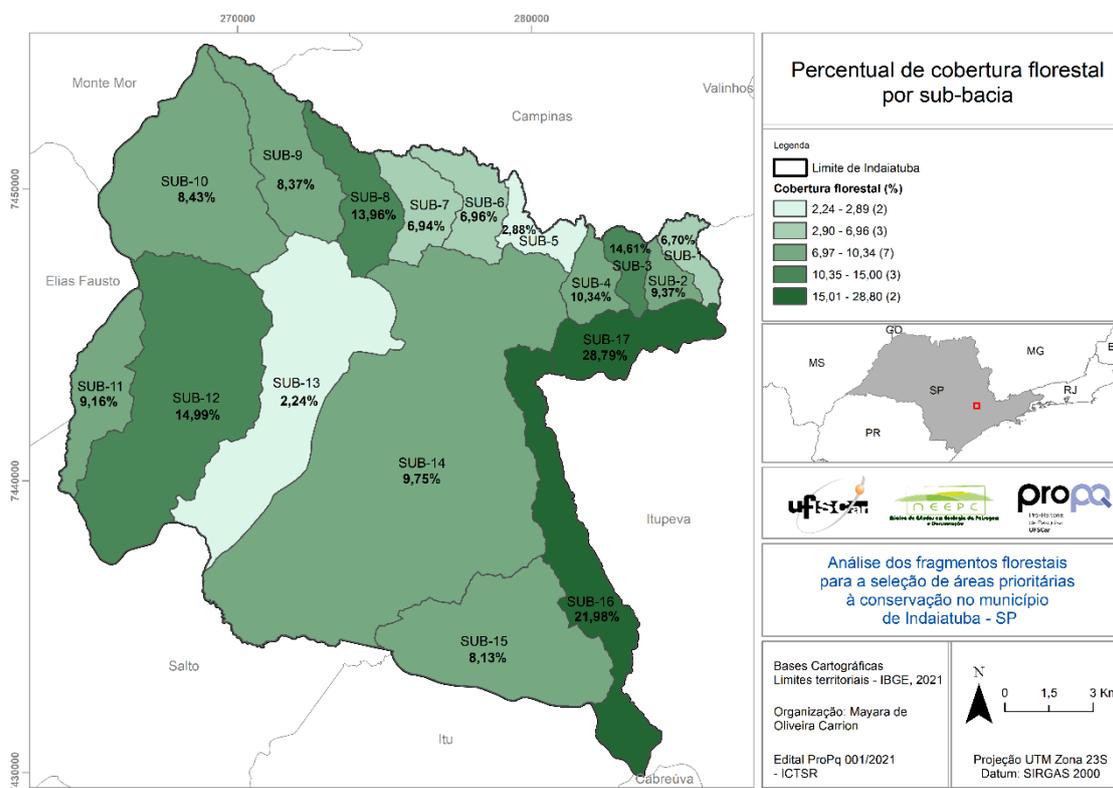
As sub-bacias 1, 5 e 13 são as mais críticas em relação à cobertura florestal (Tabelas 1 e 2), possuindo 20,92 ha (0,63% do total de cobertura florestal do município e 6,70% da área da sub-bacia), 11,69 ha (0,35% do total de cobertura florestal do município e 2,88% da área da sub-bacia) e 72,43 ha (2,21% do total de cobertura florestal do município e 2,24% da área da sub-bacia), respectivamente.

Cabe aqui ressaltar que os dois menores percentuais de cobertura por remanescentes verificados entre as sub-bacias são encontrados na 5 (2,24%) e na 13 (2,88%), sendo estas justamente as sub-bacias com a maior parte de suas áreas ocupada pela mancha urbana (Figura 4).

**Tabela 2** - Ranking das sub-bacias de Indaiatuba–SP de acordo com a cobertura florestal.

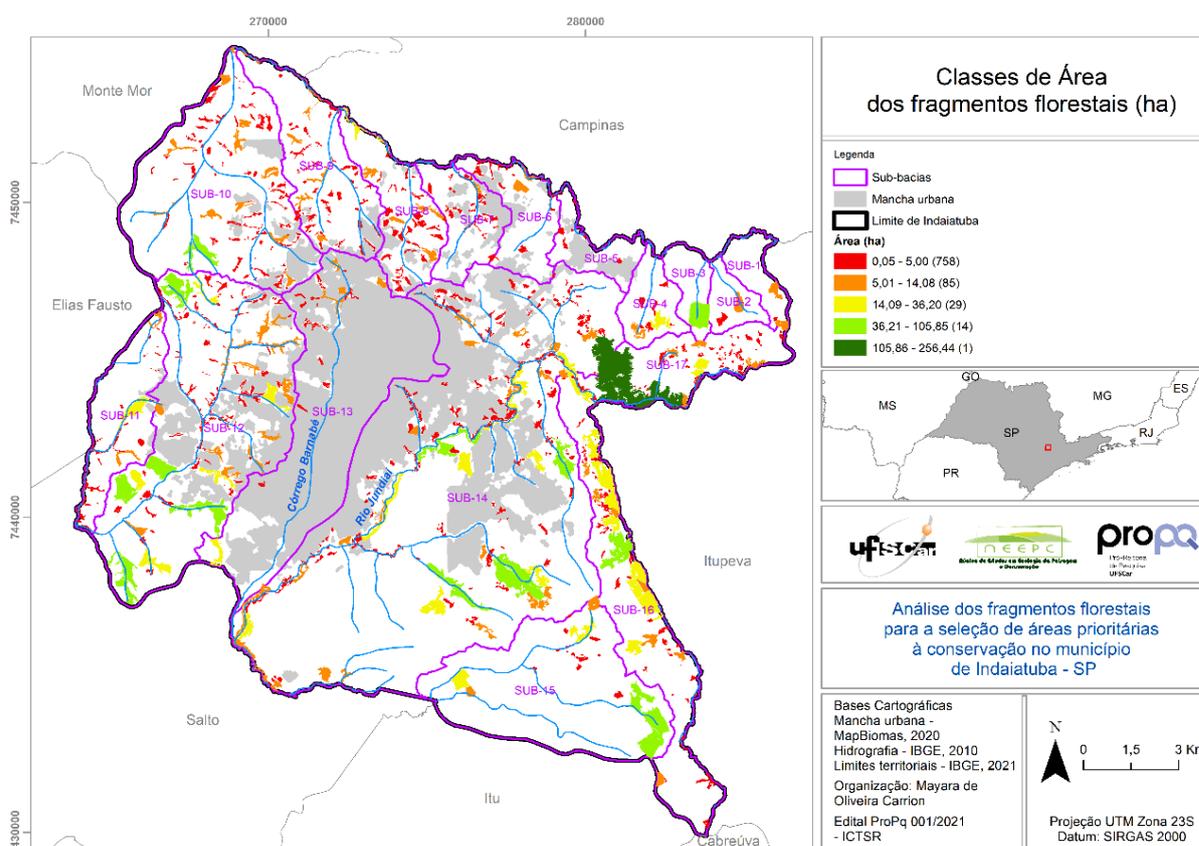
	Sub-bacias	Cobertura Florestal (%)
1º	17	28,79
2º	16	21,98
3º	12	14,99
4º	3	14,61
5º	8	13,96
6º	4	10,34
7º	14	9,75
8º	2	9,37
9º	11	9,16
10º	10	8,43
11º	9	8,37
12º	15	8,13
13º	6	6,96
14º	7	6,94
15º	1	6,7
16º	5	2,88
17º	13	2,24

**Figura 5** - Classificação das sub-bacias de acordo com o percentual de cobertura florestal.



A partir da aplicação da métrica de área nos 887 fragmentos florestais mapeados foi possível constatar que a área mínima encontrada entre os remanescentes é de 0,05 ha, enquanto que o maior fragmento e único a ultrapassar 200 ha possui uma área de 256,44 ha (Figuras 6 e 7-B). O estudo mostrou ainda que a maioria dos remanescentes (85,46%) está inclusa no intervalo de menor tamanho e possui área total de até 5 ha, e que o segundo maior intervalo em número de fragmentos (85 manchas) não chega aos 15 ha de área (Tabela 3 e Figura 7-A).

**Figura 6 – Classes de área dos fragmentos florestais de Indaiatuba-SP.**



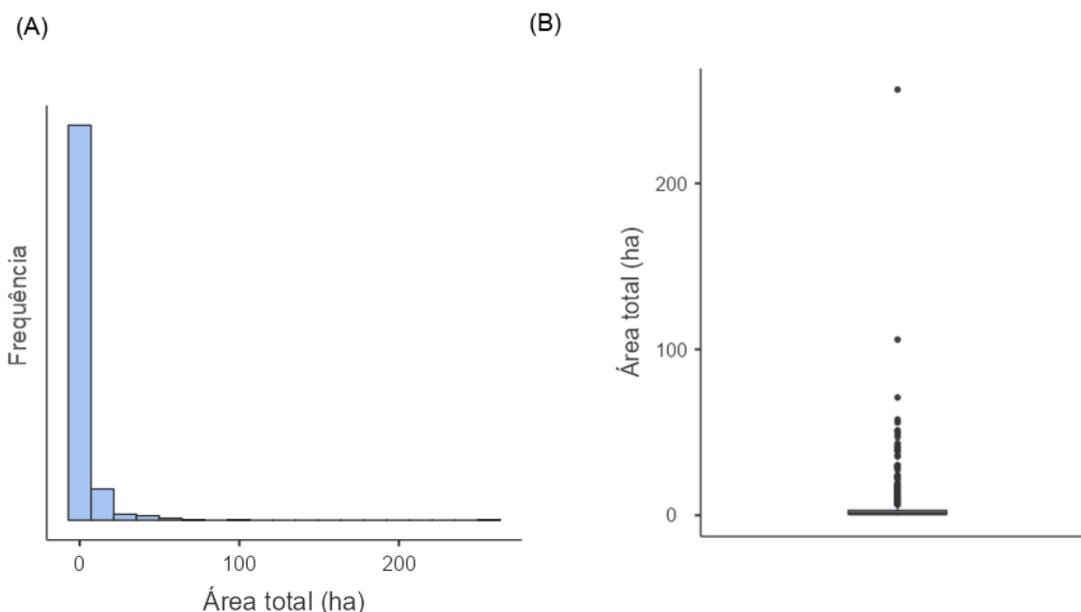
Quando somadas as áreas das 758 manchas que se encontram na classe que abrange os menores fragmentos com até 5 ha, observa-se que esse valor corresponde a 30,21% da cobertura florestal de Indaiatuba (Tabela 3). Na sequência, o intervalo de 36,20 a 105,85 ha equivale a 22,25% da área total de remanescentes no município, com um total de 731,76 ha concentrados em 14 fragmentos. Destaca-se ainda o fato da menor proporção entre área da classe e área total dos remanescentes ser encontrada no intervalo que abrange os maiores tamanhos de mancha, sendo um total de 256,44 ha (7,8%) referentes a área de um

único fragmento, o que evidencia a discrepância entre o tamanho da maior mancha mapeada em relação as demais (Figura 7-B).

**Tabela 3** - Descrição dos resultados da métrica de área organizados em classes de hectares.

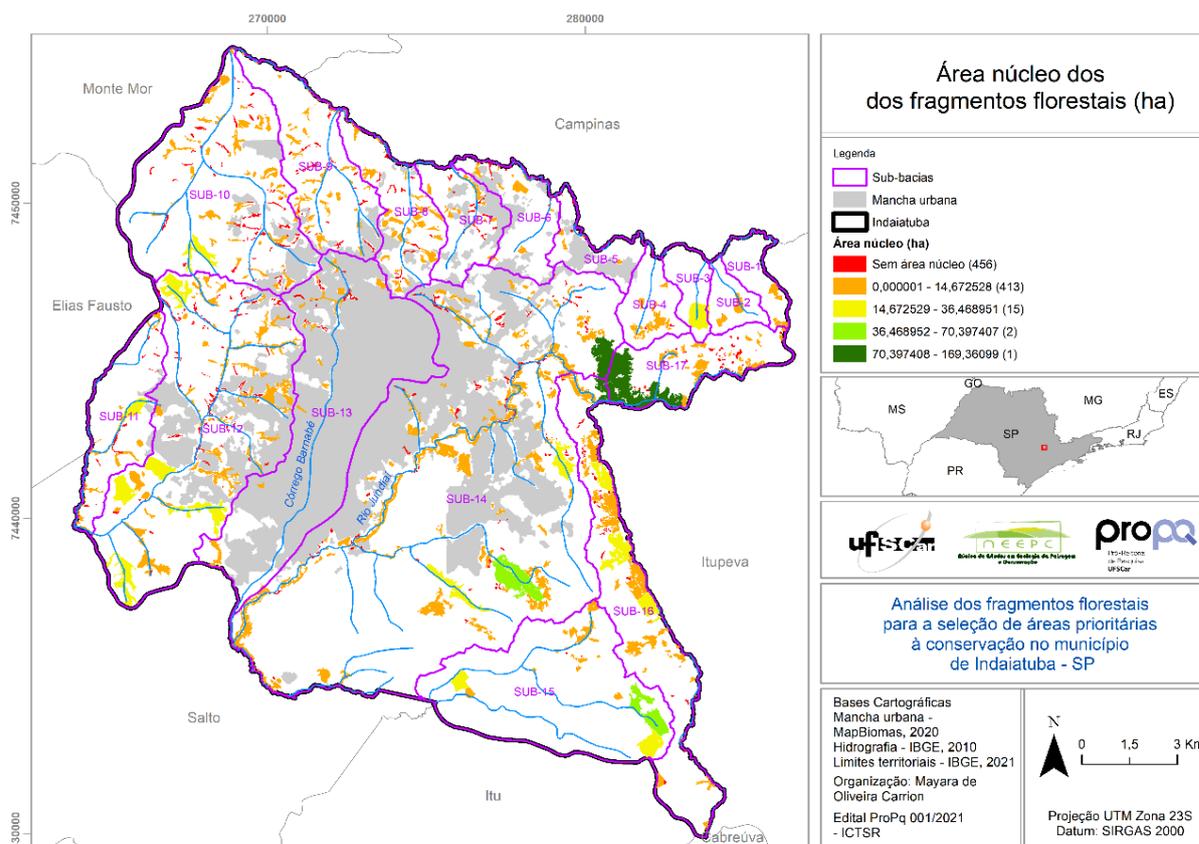
<i>Classes de Área (ha)</i>	<i>Área total (ha)</i>	<i>%</i>	<i>Qt. Fragmentos Florestais</i>	<i>%</i>
0,05 - 5,00	993,55	30,21	758	85,46
5,01 - 14,08	683,9	20,8	85	9,58
14,09 - 36,2	623,04	18,94	29	3,27
36,21 - 105,85	731,76	22,25	14	1,58
105,86 - 256,44	256,44	7,8	1	0,11
<b>Total</b>	<b>3.288,69</b>	<b>100,00</b>	<b>887</b>	<b>100,00</b>

**Figura 7** - (A) Histograma mostrando a frequência dos fragmentos em relação às classes de área. (B) Diagrama de extremos e quartis referente ao tamanho dos remanescentes do município de Indaiatuba–SP.



No que se refere a métrica de área núcleo, foram encontradas 1.211 áreas núcleo totalizando 1.079,90 hectares, valor que corresponde a 32,86% da cobertura florestal do município. Dos 887 fragmentos mapeados, 456 manchas (51,41%) não apresentaram área núcleo em relação a uma distância da borda de 35 metros (Figura 8 e Tabela 4), enquanto que 164 remanescentes (18,49%) possuem mais de uma área núcleo.

**Figura 8 - Áreas núcleo dos fragmentos florestais do município de Indaiatuba.**

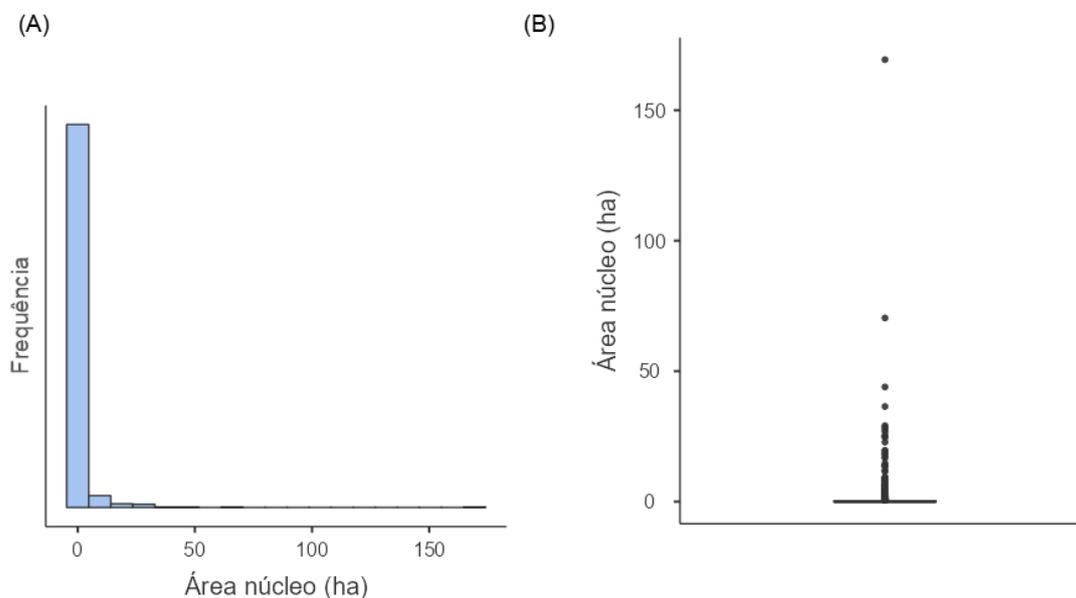


Com relação ao tamanho, a área núcleo nos fragmentos variou de 0,000001 a 169,36 ha, sendo o maior valor encontrado (169,36 ha) correspondente a soma das áreas núcleo do maior remanescente do município (Tabela 4 e Figura 9-B). A classe que apresenta maior porcentagem de fragmentos é a que compreende o intervalo entre o menor valor de área núcleo até 14,67 ha, com 413 manchas (46,56%). Através da frequência das classes é possível observar que apenas 3 fragmentos estão entre os maiores valores de área núcleo (Tabela 4; Figuras 9-A e 9-B).

**Tabela 4 - Classificação das áreas núcleo do município de Indaiatuba.**

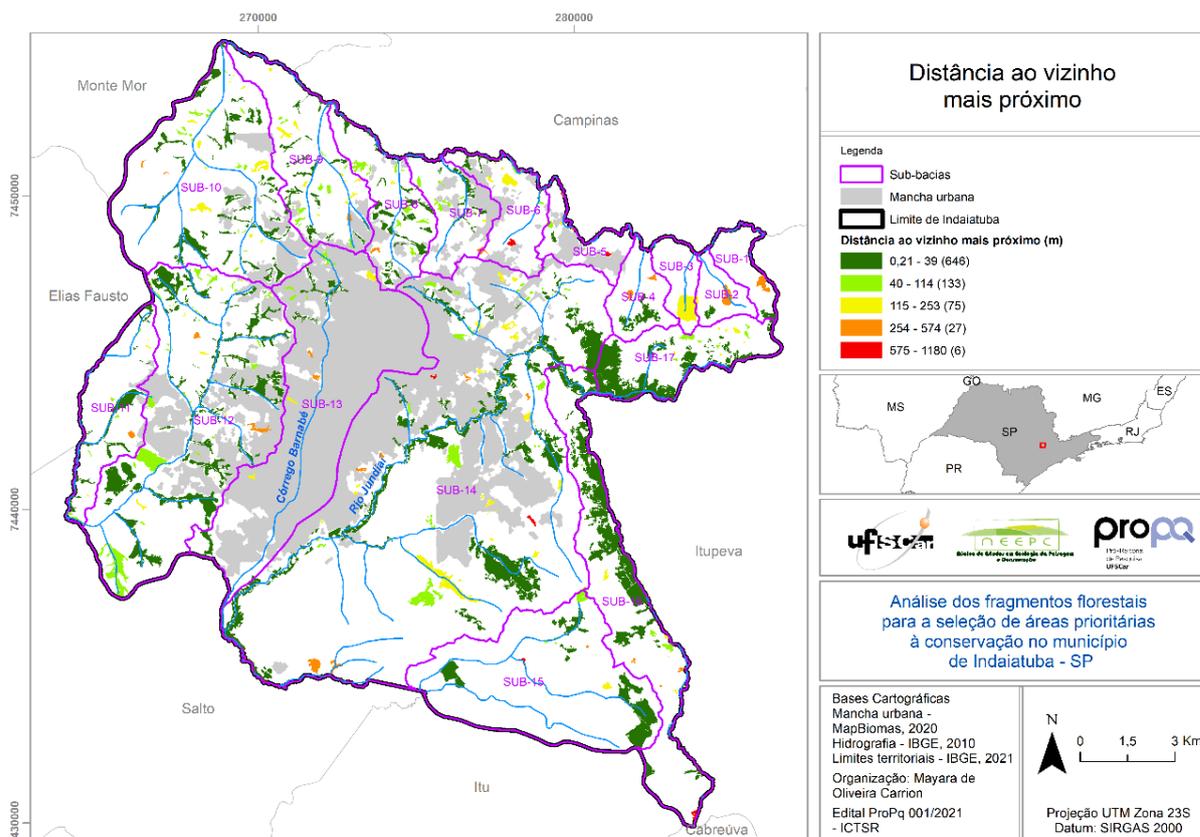
<i>Classes de área núcleo (ha)</i>	<i>Qt. Fragmentos Florestais</i>	<i>%</i>	<i>% cumulativo</i>
Sem área-núcleo	456	51,41	51,41
0,000001 - 14,67	413	46,56	97,97
14,68 - 36,47	15	1,69	99,69
36,48 - 70,40	2	0,23	99,89
70,41 - 169,36	1	0,11	100,00
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

**Figura 9** - (A) Histograma mostrando a frequência dos fragmentos em relação às classes de área núcleo. (B) Diagrama de extremos e quartis referente ao tamanho das áreas núcleo dos remanescentes do município de Indaiatuba–SP.



O cálculo da distância ao vizinho mais próximo, por sua vez, mostrou que dos 887 fragmentos florestais mapeados, 646 (72,83%) estão próximos em até 39 m a outro remanescente florestal (Tabela 5 e Figura 11-A). Os 0,68% mais distantes estão a uma distância acima de 575 m ao seu vizinho mais próximo, sendo a distância euclidiana entre a mancha mais distante a outra mancha mais próxima de 1.180 m (Figura 11-B).

**Figura 10-** Classificação da métrica de distância ao vizinho mais próximo dos fragmentos florestais de Indaiatuba, SP.

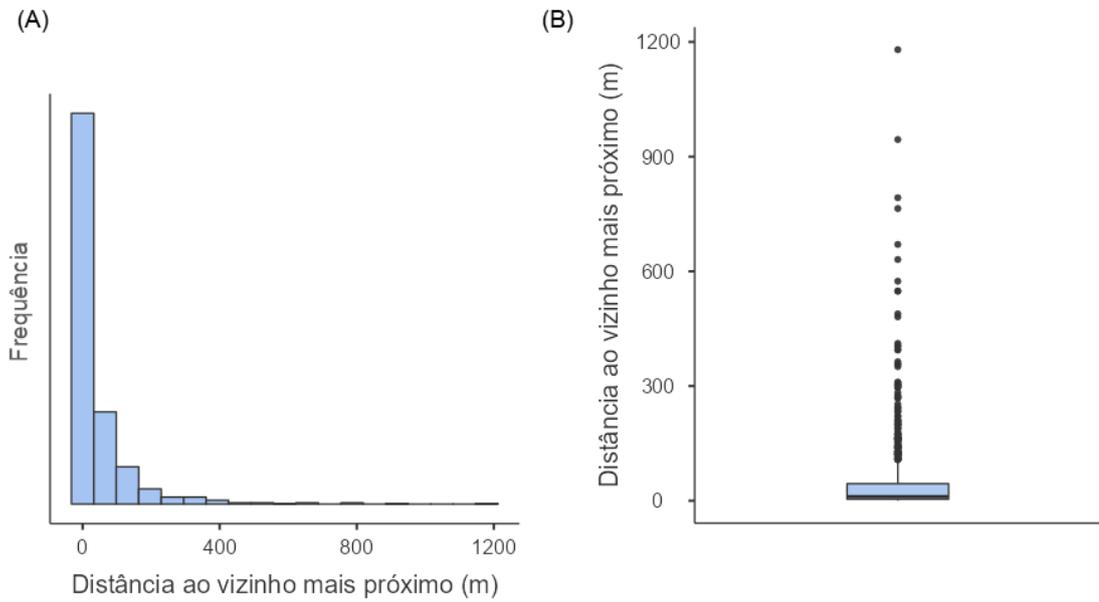


**Tabela 5** - Descrição dos resultados da métrica distância ao vizinho mais próximo dos remanescentes de Indaiatuba-SP em classes de metro.

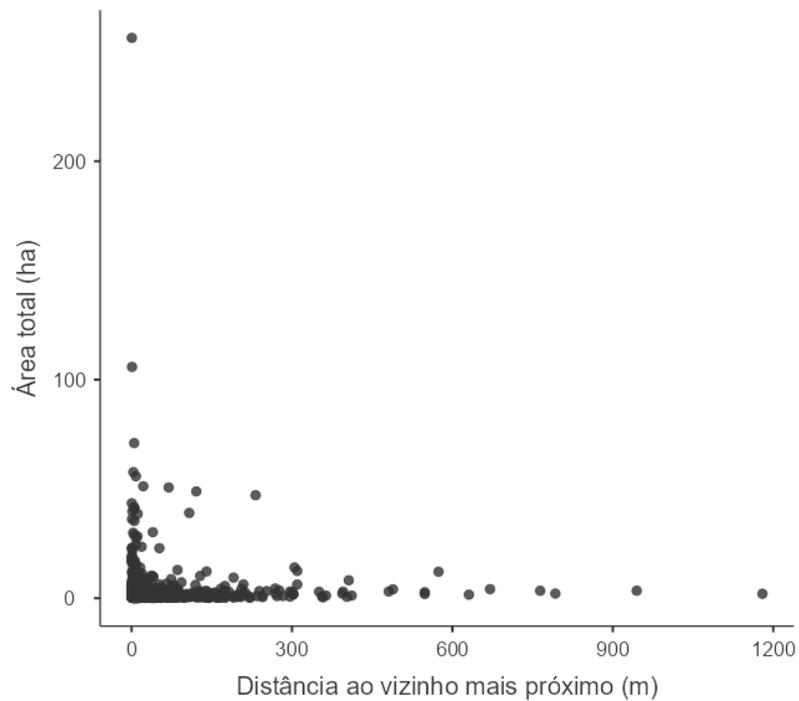
<i>Classes de Nndist (m)</i>	<i>Qt. Fragmentos Florestais</i>	<i>%</i>	<i>% cumulativo</i>
0,21 - 39	646	72,83	72,83
40 - 114	133	14,99	87,82
115 - 253	75	8,46	96,28
254 - 574	27	3,04	99,32
575 - 1180	6	0,68	100,00
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

A relação entre a distância ao vizinho mais próximo e a área dos fragmentos mostrou que os remanescentes mais isolados possuem área entre 1 a 5 ha, enquanto que os 2 fragmentos que ultrapassam 100 ha de área possuem menores distâncias às manchas mais próximas. Observa-se que a muitos fragmentos com pequenas áreas encontra-se isolados e que os fragmentos com áreas maiores estão mais próximos (Figura 12).

**Figura 11** - (A) Histograma mostrando a frequência dos fragmentos florestais em relação as classes da métrica de Distância ao vizinho mais próximo em metros. (B) Diagrama de extremos e quartis referente a métrica de distância ao vizinho mais próximo dos remanescentes do município de Indaiatuba–SP.



**Figura 12** - Relação entre a área total dos fragmentos florestais e a distância ao seu vizinho mais próximo.

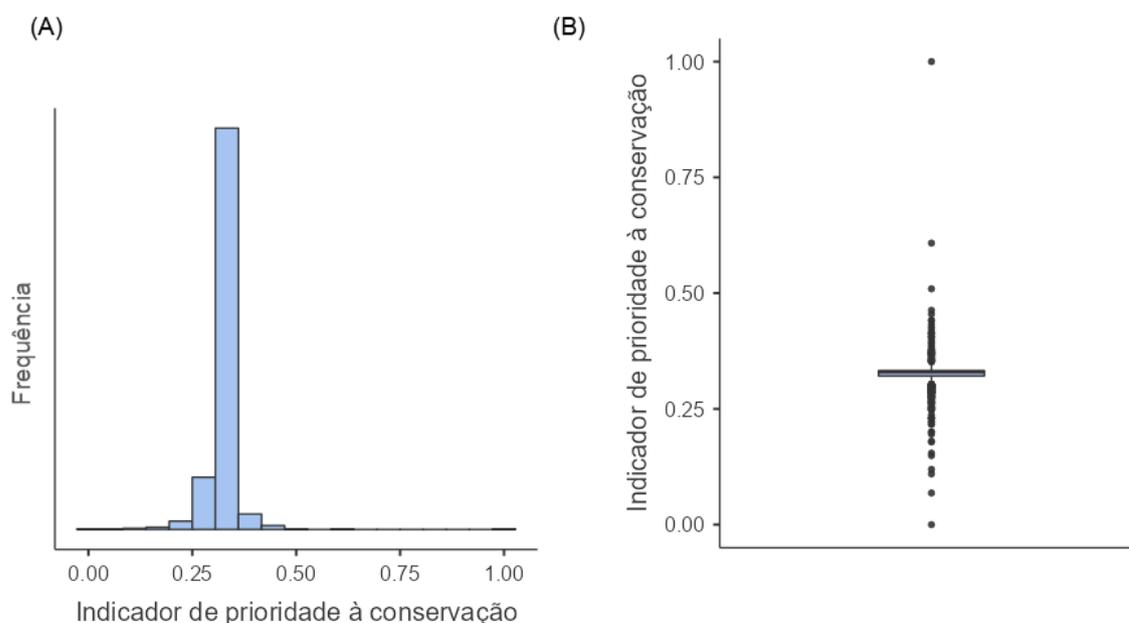


Após a normalização e a soma dos resultados da aplicação das três métricas obteve-se o indicador de prioridade para conservação dos fragmentos florestais, o qual permitiu a classificação em intervalo entre cinco classes temáticas de relevância à conservação: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Como mostram a tabela 6 e as figuras 13-A e 13-B, a distribuição dos remanescentes entre as classes se dá de modo bastante desigual, enfatizando as diferenças existentes entre aqueles que apresentam os melhores indicadores e os demais.

**Tabela 6** - Classificação dos indicadores de prioridade para conservação dos fragmentos florestais de Indaiatuba.

<i>Intervalos de Classe</i>	<i>Classe Temática</i>	<i>Qt. Fragmentos Florestais</i>	<i>%</i>	<i>% cumulativo</i>
0 - 0,20	Muito Baixa	11	1,24	1,13
0,21 - 0,30	Baixa	107	12,06	13,30
0,31 - 0,40	Média	753	84,89	98,19
0,41 - 0,50	Alta	13	1,47	99,66
0,51 - 1,00	Muito Alta	3	0,34	100,00
<b>Total</b>		<b>887</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

**Figura 13** - (A) Histograma mostrando a frequência dos fragmentos florestais em relação aos valores do indicador de prioridade à conservação. (B) Diagrama de extremos e quartis enfatizando os valores *outliers* do indicador de prioridade à conservação.



A classe mais significativa em número de fragmentos foi a de média prioridade a conservação, com 753 manchas (84,89%) (Tabela 6 e Figura 13-A). Nela, o valor

máximo de distâncias ao vizinho mais próximo observado é superior a 200 m e valor máximo de área núcleo inferior a 40 ha. Em relação ao tamanho, esses remanescentes são inferiores a 50 ha e somam 2.037,34 ha, que corresponde a 61,23% da área total de remanescentes do município. Localizam-se dispersos por todo o território, formando a maior parte da área às margens do Rio Jundiáí, além de comporem grande parte da cobertura florestal da maioria das sub-bacias (Figura 14).

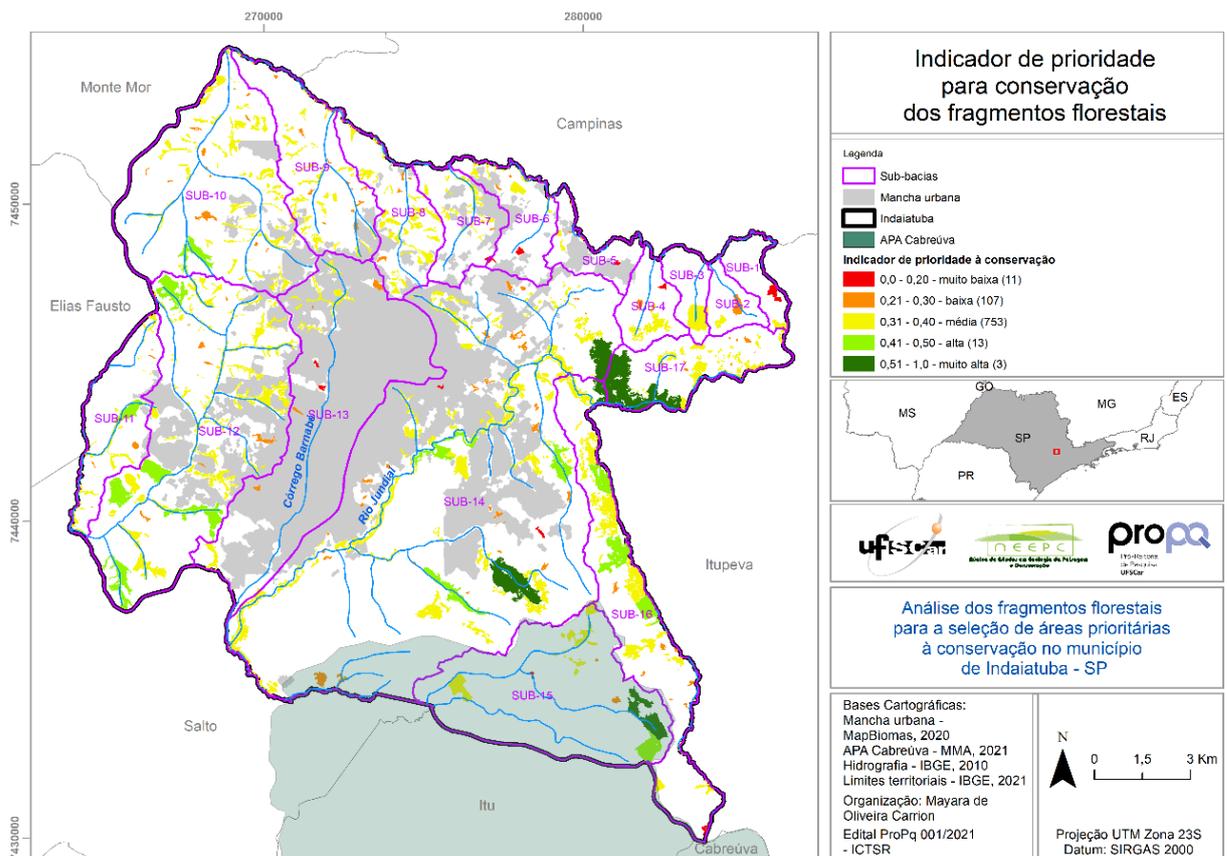
Os fragmentos classificados como baixa prioridade estão dispersos por todo o território, mas são encontrados em maior número na faixa central do município, ao longo da sub-bacia 14 (Figura 14), e compõem a segunda classe em maior número de manchas, totalizando 107 remanescentes (12,06%) (Tabela 6). Quanto a proximidade a outra mancha, o fragmento mais distante nessa classe ultrapassa os 400 m de distância ao seu vizinho mais próximo e o maior valor de área núcleo entre os remanescentes da classe não atinge os 10 ha. Com um intervalo de área que compreende valores de 0,11 a 14,04 ha, totalizam 198,17 ha e equivalem a 6,02% da cobertura florestal de Indaiatuba.

A terceira e a quarta classe de indicadores no ranking de frequência possuem números próximos de fragmento, embora possuam características muito discrepantes entre si (Tabela 6). São 13 os remanescentes (1,47%) classificados como de alta prioridade para conservação, os quais se encontram em várias porções do território, mas em maior concentração a oeste e leste, apresentando um valor máximo de área núcleo inferior a 20 ha e distância máxima ao vizinho mais próximo de 121 m. Em relação a área, a classe apresenta tamanho máximo superior a 50 ha e soma um total de 579,32 ha (17,62%), enquanto os 11 fragmentos de muito baixa prioridade não ultrapassam os 13 ha e totalizam 40,57 ha (1,23%), com área núcleo ainda menores (até 5,65 ha) e distância máxima ao vizinho mais próximo que ultrapassa os 1.100 metros, abrigando em seu intervalo os fragmentos mais isolados do município, localizados sobretudo ao norte.

Por fim, a classe de muito alta relevância aponta apenas 3 fragmentos (0,34%) como prioritários para conservação (Figura 14), que, quando somadas as suas áreas, representam 13,18% da cobertura total dos remanescentes de Indaiatuba (Tabela 6). Além de ser a classe que abriga os remanescentes com as áreas mais consideráveis do município, é também a que apresenta menor distância máxima ao

vizinho mais próximo (5 m) e maior valor máximo de área núcleo (169,36 ha), que se refere a soma das áreas núcleo da maior mancha municipal. Chama a atenção o fato de o maior fragmento (256,44 ha) estar localizado em maior parte na sub-bacia 17, que compreende o maior percentual de cobertura florestal (28,79%); o segundo maior (105,85 ha) na sub-bacia 14, que apresenta a maior cobertura em números absolutos (941,58 ha); e o terceiro (70,99 ha) na sub-bacia 15, que está dentro dos limites da APA Cabreúva (Figura 14), a qual Indaiatuba integra a Zona de Conservação Hídrica.

**Figura 14** - Classificação dos fragmentos florestais de Indaiatuba-SP de acordo com os indicadores de prioridade para conservação.



## 5. DISCUSSÃO

Apesar de o mapeamento dos fragmentos florestais na área de estudo ter apontado uma área de 3.288,69 ha de remanescentes e esse valor ser superior aos 1.557,7 ha que constam no Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (2018), a proporção de 10,56% que ela representa em relação a área total do município fica abaixo dos resultados obtidos em estudos sobre a fragmentação que levaram em consideração a área de outros municípios do interior de São Paulo, os quais apontam percentuais entre 17% e 22% de cobertura florestal (PIRES et al., 2016; MELLO et al., 2016; MELLO, 2021). Entretanto, quando analisados os dados obtidos a partir da aplicação das métricas, é possível notar uma semelhança com os padrões de fragmentação observados nesses mesmos municípios.

Para a métrica de área, por exemplo, das 887 manchas mapeadas, Indaiatuba apresenta 758 (85,46%) concentradas no intervalo de 0,05 a 5 ha, semelhante ao que foi observado por Mello (2021) em Araçoiaba da Serra - SP, onde as manchas menores que 5 ha correspondem a 88,30% do total de fragmentos. Em termos de análise da paisagem, um elevado número de fragmentos de área reduzida indica um alto grau de fragmentação, o que pode ter efeitos sob a diversidade biológica, uma vez que grandes áreas fornecem grandes vantagens a indivíduos e espécies a longo prazo (FORMAN, 1995), pois abrigam populações maiores e possuem maior variedade de habitats, além de estarem menos sujeitas aos efeitos de borda (PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

A análise das sub-bacias também permitiu que fosse confirmado o alto nível de fragmentação em que se encontram os remanescentes do município. Na maioria das sub-bacias, nota-se um elevado número de fragmentos, mas quando calculada a proporção de área ocupada por eles, apenas uma minoria apresenta um percentual de mais de 10%. Além disso, considerando as sub-bacias 13 e 5, que apresentam os menores percentuais de cobertura florestal, com 2,24 e 2,28%, respectivamente, fica evidente a relação entre a expansão urbana e a redução da cobertura por remanescentes, uma vez que são as sub-bacias que possuem a maior parte de seus territórios ocupada por essa matriz.

Outro importante indicador métrico da paisagem capaz de avaliar o efeito da fragmentação e inferir sobre a suscetibilidade das manchas aos efeitos de borda é a medida de área núcleo, que corresponde a quantificação dos espaços internos do habitat ecologicamente efetivos (LANG e BLASCHKE, 2009). No caso da área analisada, mesmo admitindo uma distância de amortecimento de apenas 35 m, 51,41% dos remanescentes não apresentaram área núcleo e outros 46,56% se encontram no intervalo com os menores tamanhos dessa métrica, não chegando aos 15 ha de área interna. Levando em conta o tamanho reduzido dos remanescentes florestais do município, isso significa que a maioria deles possui baixa integridade ecológica e pode estar sofrendo sobre toda a sua área forte influência de potenciais perturbações comuns aos microambientes da borda, tais como aumento nos níveis de luz, temperatura, umidade e vento (PRIMACK e RODRIGUES, 2001), o que implica diretamente na abundância e na distribuição das espécies (MURCIA, 1995).

Embora o tamanho da área seja importante para explicar a riqueza de espécies (METZGER, 1999), a proximidade e o arranjo entre os remanescentes na paisagem também podem desempenhar um papel significativo na diminuição dos efeitos da fragmentação (LANG e BLASCHKE, 2009). Numa paisagem bastante fragmentada como a de Indaiatuba, os fragmentos pequenos dispostos entre manchas maiores podem atuar como elementos de conectividade, denominados trampolins ecológicos (*stepping stones*), assim facilitando a movimentação pela paisagem (BOSCOLO et al., 2008).

Nesse sentido, a aplicação da métrica de distância ao vizinho mais próximo na área de estudo mostrou que 72,83% dos fragmentos mapeados estão a uma distância de até 39 m da mancha mais próxima e que os maiores remanescentes estão próximos a outros de menor tamanho. Quanto a proximidade entre as manchas, a sub-bacia 14, cortada pelo Rio Jundiaí, chama a atenção por apresentar uma quantidade significativa de fragmentos próximos uns aos outros localizados às margens do rio, a qual consiste em uma área de APP (INDAIATUBA, 2018) formando um corredor de vegetação, o que em paisagens fragmentadas pode aumentar a conectividade (TONETTI et al., 2019). Entretanto, apesar dos resultados obtidos representarem uma proximidade relativa entre os fragmentos no território em geral do município, vale ressaltar que o presente estudo não considerou os demais

usos da terra, o que impossibilita um maior detalhamento da existência de possíveis outras barreiras para além da distância euclidiana borda a borda, as quais poderiam evidenciar um cenário mais crítico.

Portanto, dado o panorama da situação dos remanescentes da área de estudo a partir da aplicação dessas três métricas, o cálculo do indicador de prioridade para a distribuição dos fragmentos em classes de relevância à conservação teve como objetivo contribuir para o direcionamento e o aprimoramento do processo tomada de decisões dos órgãos gestores, levando em conta o que esses remanescentes podem representar à manutenção da biodiversidade. Assim, os três fragmentos classificados como muito alta prioridade apresentam os melhores índices quando analisadas em conjunto suas características referentes a área (entre 70,99 a 256,44 ha), área núcleo (43,96 a 169,36 ha) e distância ao vizinho mais próximo (0,50 a 5 m).

Quando analisado o contexto em que se inserem, a relevância dessas três manchas se faz ainda maior. A primeira delas, com maior área (256,44 ha) e área núcleo (169,36 ha), localizada a nordeste do município, compõe a maior parte da sub-bacia 17, que possui o maior percentual de cobertura florestal, enquanto que a segunda em termos de área (105,85 ha) e respectiva área núcleo (70,40 ha), localiza-se a sudeste, dentro dos limites da sub-bacia 14, que apresenta a maior área de remanescentes em números absolutos entre as sub-bacias (941,58 ha). A terceira mancha entre as de muito alta prioridade, com menor área (70,99 ha) e área núcleo (43,96 ha) comparadas as outras duas, por sua vez, localiza-se ao sul de Indaiatuba, na sub-bacia 15 que, apesar de possuir um percentual de cobertura florestal pouco expressivo (8,13%), faz sobreposição com a Zona de Conservação Hídrica da APA Cabreúva. Dessa forma, por se tratarem de grandes áreas e estarem introduzidas em um importante contexto hídrico, os esforços conservacionistas a elas direcionados devem garantir a manutenção de suas áreas de floresta primárias onde o efeito de borda é minimizado ou inexistente (LANG e BLASCHKE, 2009), para que além da integridade ecológica dos habitats sejam mantidas as funções de proteção, filtragem e amortecimento que as vegetações associadas a hidrografia desempenham a curto, médio e longo prazo (PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

Entretanto, cabe aqui ressaltar a necessidade de atenção ao conjunto dos remanescentes mapeados, uma vez que o cenário evidencia um alto nível de fragmentação com a predominância de manchas muito reduzidas e uma baixa cobertura florestal na maioria das sub-bacias do município. Os remanescentes classificados como de baixa e muito baixa prioridade, sobretudo pequenos e mais isolados, não devem ser negligenciados. Para que sua existência seja garantida ao longo dos anos, devem ser alvos de processos de restauração, visto que podem desempenhar importante função na conectividade estrutural da paisagem (BOSCOLO et al., 2008; RIBEIRO et al., 2009), além de contribuírem na quantidade de habitat disponível como um todo e na manutenção dos serviços ecossistêmicos.

## **6. CONCLUSÕES**

Com o resultado da aplicação das métricas de área, área núcleo e distância ao vizinho mais próximo, o presente trabalho pôde fornecer um panorama a respeito da fragmentação florestal em Indaiatuba–SP. Constatou-se que os remanescentes, predominantemente de áreas bastante reduzidas, se encontram altamente fragmentados e em sua maioria expostos às perturbações comuns aos microambientes de borda. Embora tenha sido observada uma relativa proximidade estrutural entre grande parte dos remanescentes, a avaliação da conectividade funcional da paisagem só pode ser dada por um estudo que considere os demais usos da terra, o que neste projeto impossibilitou um maior detalhamento da existência de possíveis outras barreiras para além da distância euclidiana borda a borda que evidenciassem um cenário mais crítico com relação ao real nível de isolamento entre os fragmentos.

Além disso, a geração de um indicador de prioridade com base na interpretação das métricas selecionadas apontou apenas 3 fragmentos como sendo de muito alta relevância para a conservação, sendo eles as manchas que apresentam maiores áreas, áreas núcleo e distâncias relativamente baixas a seus vizinhos mais próximos, características essas que, somadas ao contexto hídrico em que se inserem, os conferem grande importância ecológica. Os demais fragmentos, entretanto, não podem ser negligenciados, uma vez que o estudo evidencia um alto nível de fragmentação e um baixo percentual de cobertura florestal na maioria das sub-bacias do município.

Desse modo, os resultados obtidos a partir deste trabalho fornecem dados representativos da realidade capazes de revelar o cenário relativo à situação dos remanescentes na área de estudo, informações essas que podem ser úteis aos processos de tomada de decisão, sobretudo no que se refere ao planejamento e adoção de medidas conservacionistas efetivas.

## 7. REFERÊNCIAS

BOSCOLO, D. et al. Importance of Interhabitat Gaps and Stepping-Stones for Lesser Woodcreepers (*Xiphorhynchus fuscus*) in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica** 40:273-276. 2008.

DA SILVA, R. R. et al. Análise da Fragmentação Florestal em Áreas do Bioma Mata Atlântica a Partir de Diferentes Sistemas Sensores, **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 2, p. 390-396, 2018.

FORMAN, R.T.T. Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período de 2018-2019**. São Paulo: INPE, 2020.

GUSTAFSON, E.J.; PARKER, G.R. Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern. **Landscape Ecology**. v. 7, n. 2, p. 101-110, 1994.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indaiatuba**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/indaiatuba.html>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

INDAIATUBA. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica**. Indaiatuba: COMDEMA, 2018. 40 p.

INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário Florestal do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal, 2020. 40 p.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 423 p.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Áreas Protegidas: cadastro Nacional de Unidades de Conservação**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 18 abr. 2022.

MELLO, K. DE et al. Priority areas for forest conservation in an urban landscape at the transition between atlantic forest and cerrado. **CERNE**, v. 22, n. 3, p. 277–288, Set. 2016.

MELLO, M. G. M. Análise espacial para o planejamento da conectividade da avifauna. 2021. 72 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2021.

- METZGER, J.P. Estrutura da Paisagem e Fragmentação: Análise Bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, p.445-462, 1999.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Tree Review**, [S.l.], v. 10, p. 58-62, 1995.
- MUYLAERT, R. L. et al. Uma nota sobre os limites territoriais da Mata Atlântica. **Oecologia Australis**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 302–211, 2018.
- PINTO, L. P. et al. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um *hotspot* mundial. In: ROCHA, C. F. D. et al. (org.). **Biologia da conservação: essências**. São Carlos: RiMa, 2006. p. 91-118.
- PIRES, V. R. O. et al. Análise da estrutura da paisagem para o estabelecimento de estratégias conservacionistas em fragmentos de Mata Atlântica. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Uberaba, v.12, p. 765-774, nov., 2016.
- PEREIRA, L. O. et al. **Indicadores métricos da paisagem como subsídio à seleção de áreas prioritária à conservação na APA de Itupararanga**. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2019, Fortaleza. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Fortaleza: UFC, p. 1-13, 2019.
- PEREIRA, M. A. S et al. Considerações sobre a fragmentação territorial e as redes de corredores ecológicos, **Geografia**, v. 16, n. 2, p. 5-24, jul./dez., 2007.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E.; **Biologia da Conservação**. Londrina: Editora Planta, 2001. 327 p.
- RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.
- RODRIGUES, E. Edge effects on the regeneration of forest fragments in south Brazil. 192 f. **Tese** (Doutorado). Universidade de Havard. Cambridge, Massachusetts, 1998.
- SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 43.284, 3 jul. 1998. Regulamenta a Lei nº 4.023, de 22 de maio de 1984. São Paulo.
- SANTOS, J. F. C. dos et al. Fragmentação Florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 151-158, jul./set., 2017.
- SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.
- SILVA, D. C. **Restrições ao uso e ocupação do solo da APA Cabreúva/SP: conflitos sobre um território demarcado para a sustentabilidade**. 126f. Dissertação de mestrado – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.
- SOUZA et. al. **Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine**. Remote Sensing, v.2, n.7, 2020.

TEIXEIRA, L. et al. Fragmentação da paisagem no município de Bragança Paulista – SP, **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 937-948, jul./set., 2018.

TEMBA, P. **Fundamentos da fotogrametria**. Belo Horizonte: UFMG, 2000

TONETTI, V. R. et al. Fragmentação de Habitat. In: DE ASSIS, L. A.; CAMPOS, M.; GIRÃO, V. J (org). **Manejo de fragmentos florestais degradados**. Campinas: The Nature Conservancy, 2019. p. 28-47.

TOPPA, R. H. et al. Geoprocessamento aplicado ao estabelecimento de unidades de planejamento como subsídio à gestão ambiental. In: BOIN, M. N.; MARTINS, P. C. S.; MIRANTE, M. H. P (org). **Geotecnologias aplicadas às questões ambientais**. Tupã: ANAP, 2017. p. 10-30.

VARJABEDIAN, R. Lei da Mata Atlântica: retrocesso ambiental. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 24, n. 68, p.147-160, 2010.

VIDOLIN, G.P. et al. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com Araucária, Paraná, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n. 3, p.515-525, 2011.