

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

**KAMILLY RODRIGUES SANTIAGO**

**ANÁLISE ESPACIAL DAS INFRAÇÕES AMBIENTAIS À  
VEGETAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (2018–2023)**

São Paulo  
2025

KAMILLY RODRIGUES SANTIAGO

**ANÁLISE ESPACIAL DAS INFRAÇÕES AMBIENTAIS À  
VEGETAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (2018–2023)**

Trabalho de Graduação Individual II (TGI) apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Área de concentração: Geografia Física

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Pereira de Queiroz Filho

São Paulo

2025

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar, primeiramente, meus agradecimentos ao meu orientador, Prof. Dr. Alfredo Pereira de Queiroz Filho, pelo tempo dedicado e pelo suporte à elaboração desse TGI, que também compôs a minha Iniciação Científica, fomentada pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

A minha mãe, por ter me motivado e auxiliado durante toda a minha graduação e por sempre me amparar em momentos de fragilidade. Bem como por ter abdicado de muito para que eu pudesse ser priorizada, serei eternamente grata por tudo. Sempre me ensinou a importância dos estudos e do senso crítico para a minha formação como indivíduo.

A minha grande amiga de vida, Safira Rosa, por ter acreditado em mim e me fortalecido com suas palavras sábias. Aos meus amigos de graduação por terem compartilhado comigo esses anos de curso, em especial àqueles que sempre me motivaram a me tornar uma estudante e pesquisadora melhor, sendo eles Adalto Moreira, Vinício Apolinário, Vinícius Alcântara, Amanda Pereira, Guilherme Rezende, Larissa Ferrarez, Marcos Paulo, Ana Beatriz Silva e Maria Fernanda Fossaluzza.

## RESUMO

SANTIAGO, Kamilly Rodrigues. **Análise Espacial das infrações ambientais à vegetação no Município de São Paulo (2018–2023)**. Trabalho de Graduação Individual (TGI) - Universidade de São Paulo – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, São Paulo, 2025. – Orientador Prof. Dr. Alfredo Pereira de Queiroz Filho.

O presente estudo objetiva analisar a distribuição espacial das infrações ambientais contra a flora no município de São Paulo, no período de 2018 a 2023. Para tanto, utilizou-se a Estimativa de Densidade de Kernel (EDK), com o intuito de verificar o padrão do arranjo espacial e temporal das infrações ambientais, e aplicou-se o Índice de Moran Local na forma univariada, a fim de identificar a autocorrelação espacial, a tendência de agregação (*clusters*) e a dispersão do conjunto de dados. Foram registradas, entre 2018 e 2023, 2.592 ocorrências ambientais, cujo resultado, obtido pela Estimativa de Densidade de Kernel, evidenciou concentração (*hotspot*) nos distritos administrativos localizados nas zonas sul, norte, leste e noroeste. O Gráfico de Dispersão apontou autocorrelação moderada, com o valor de I de Moran = 0.299 para a totalidade dos dados, em que os *clusters* positivos (Alto-Alto) encontram-se nos distritos administrativos de Marsilac, Parelheiros, Grajaú e Jardim Ângela (zona sul), enquanto os *clusters* negativos (Baixo-Baixo) situam-se na área central do município. Verificou-se que mais da metade das infrações ambientais, correspondente a 1.464 ocorrências (56,5%), está inserida em Áreas Não Vegetadas, o que condiz com a configuração espacial do município de São Paulo, caracterizada por uma extensa mancha urbana. Conclui-se que houve variabilidade temporal, com tendência à diminuição em 2022 e 2023, e incidência nas extremidades do município, onde se preservam áreas verdes significativas.

**Palavras-chave:** Infrações Ambientais. Estimativa de Densidade de Kernel. Análise Espacial.

## ABSTRACT

SANTIAGO, Kamilly Rodrigues. **Spatial Analysis of environmental offenses against vegetation in the municipality of São Paulo (2018–2023)**. Trabalho de Graduação Individual (TGI) - Universidade de São Paulo – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, São Paulo, 2025. – Orientador Prof. Dr. Alfredo Pereira de Queiroz Filho.

The present study aims to analyze the spatial distribution of environmental offenses against flora in the municipality of São Paulo during the period from 2018 to 2023. To this end, Kernel Density Estimation (KDE) was used, with the purpose of verifying the pattern of the spatial and temporal arrangement of environmental offenses, and the Local Moran's Index in its univariate form was applied, to identify spatial autocorrelation, clustering tendencies, and data dispersion. Between 2018 and 2023, 2,592 environmental occurrences were recorded, whose result, obtained through Kernel Density Estimation, showed concentration (hot spot) in the administrative districts located in the southern, northern, eastern, and northwestern zones. The Scatterplot indicated moderate autocorrelation, with a Moran's I value = 0.299 for the totality of the data, in which positive clusters (High-High) are found in the administrative districts of Marsilac, Parelheiros, Grajaú and Jardim Ângela (southern zone), while negative clusters (Low-Low) are located in the central area of the municipality. It was verified that more than half of the environmental infractions, corresponding to 1,464 occurrences (56.5%), are located in Non-Vegetated Areas, which is consistent with the spatial configuration of the municipality of São Paulo, characterized by an extensive urban footprint. It is concluded that there was temporal variability, with a tendency toward a decrease in 2022 and 2023, and an incidence in the outskirts of the municipality, where significant green areas are preserved.

**Keywords:** Environmental Offenses. Kernel Density Estimation. Spatial Analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do município de São Paulo	22
Figura 2: Quantidade de infrações ambientais no município de São Paulo	31
Figura 3: Quantidade de infrações ambientais nos 10 distritos mais afetados	32
Figura 4: Estimativa de Densidade de Kernel das infrações ambientais entre 2018 e 2023	34
Figura 5: Estimativa de Densidade de Kernel das infrações ambientais de 2018 a 2023	35
Figura 6: Índice de Moran local das infrações ambientais	36
Figura 7: Mapa de uso e cobertura da terra do município de São Paulo	38
Figura 8: Distribuição das infrações ambientais em áreas remanescentes do bioma de Mata Atlântica	39
Figura 9: Distribuição de infrações ambientais em APA	41
Figura 10: Distribuição de infrações ambientais em APRM	42
Figura 11: Relação entre as infrações ambientais e a densidade demográfica dos distritos administrativos	46
Figura 12: Relação entre infrações ambientais e a área (km <sup>2</sup> ) dos distritos administrativos	47
Figura 13: Distribuição do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação territorial estratégica do município	28
Tabela 2: Distribuição das infrações ambientais por tipologia	33
Tabela 3: Distribuição das infrações ambientais por categoria de uso e ocupação da terra	36
Tabela 4: Infrações ambientais em remanescentes do bioma de Mata Atlântica	39
Tabela 5: Infrações ambientais inseridas em APA	40
Tabela 6: Infrações ambientais inseridas em APRM	42
Tabela 7: Distribuição de infrações ambientais em territórios de preservação	43
Tabela 8: Distribuição de infrações ambientais em territórios de qualificação	44
Tabela 9: Distribuição de infrações ambientais em territórios de transformação	45
Tabela 10: Infrações ambientais em loteamentos irregulares segundo a faixa de renda	46
Tabela 11: Relação das infrações ambientais com IPVS	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AE	Análise Espacial
AIA	Autos de Infração Ambiental
APA	Área de Proteção Ambiental
APRM	Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais
APP	Área de Proteção Permanente
BNH	Banco Nacional da Habitação
CRF	Coordenadoria de Regularização Fundiária
DATAGEO	Portal de Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo
EDK	Estimativa de Densidade de Kernel
HABISP	Sistema de Informações para Habitação Social na Cidade de São Paulo
HIS	Habitação de Interesse Social
IPVS	Índice de Vulnerabilidade Paulista
LPUOS	Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo
LISA	Indicador Local de Associação Espacial (Local Indicators of Spatial Association)
PDE	Plano Diretor Estratégico
PMA	Polícia Militar Ambiental
PMMA	Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SIGAM	Sistema Integrado de Gestão Ambiental
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMH	Secretaria Municipal de Habitação
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
UC	Unidade de Conservação
ZC	Zona Centralidade
ZCa	Zona Centralidade Ambiental
ZCOR	Zonas Corredores
ZCORa	Zona Corredor da Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental
ZC-ZEIS	Zona de Centralidade Lindeira à ZEIS
ZDE	Zona de Desenvolvimento Econômico

ZEM	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana
ZEMP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana Previsto
ZEP	Zona Especial de Preservação
ZEPAM	Zona Especial de Proteção Ambiental
ZER	Zona Exclusivamente Residencial
ZERa	Zona Exclusivamente Residencial Ambiental
ZER-1	Zona Exclusivamente Residencial 1
ZEU	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana
ZEUa	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Ambiental
ZEUP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto
ZEUPa	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto Ambiental
ZEIS	Zonas Especiais de Interesse Social
ZMa	Zona Mista Ambiental
ZM	Zona Mista
ZMIS	Zona Mista de Interesse Social
ZMISa	Zona Mista de Interesse Social Ambiental
ZOE	Zonas de Ocupação Especial
ZPDS	Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável
ZPDSr	Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável da Zona Rural
ZEPEC	Zonas Especiais de Preservação Cultural
ZPI	Zona Predominantemente Industrial
ZPR	Zona Predominantemente Residencial

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>12</b>
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>13</b>
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>17</b>
4.1. Fundamentação Metodológica	17
4.1.1 Estimativa de Densidade de Kernel	17
4.1.2 Índice de Moran	19
4.2 Área de Estudo	21
4.3 Coleta de Dados	28
4.3.1 Fontes de Dados	28
4.4 Procedimentos Metodológicos	29
4.4.1 Avaliação quantitativa	29
4.4.2 Aplicação da Densidade de Kernel	29
4.4.3 Aplicação do Índice de Moran Local	29
4.4.4 Identificação das infrações ambientais em cada uso e ocupação da terra	29
4.4.5 Cruzamento das infrações com variáveis	30
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>31</b>
5.1 Análise quantitativa	31
5.2 Estimativa de Densidade de Kernel	34
5.3 Índice de Moran local	36
<b>6. DISCUSSÃO</b>	<b>37</b>
6.1 Uso e ocupação da terra	37
6.2 Variáveis Ambientais	39
6.3 Parâmetro Urbanístico	44
6.3.1 Loteamento Irregular e renda	46
6.4 Variáveis socioeconômicas	47
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>50</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Lei Federal nº6.938/1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), estabelece as diretrizes para a proteção ambiental e organiza o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). É estruturada a atuação dos órgãos ambientais nas esferas federal, estadual e municipal. Esse sistema define as competências complementares entre os entes federativos, permitindo que a legislação ambiental seja aplicada de forma integrada em diferentes níveis do governo.

A partir desse marco legal, consolidou-se uma nova perspectiva da responsabilização civil aos danos ambientais cometidos, relacionada à responsabilidade objetiva, no qual somente é preciso a constatação da existência denexo de causalidade<sup>1</sup> entre o ato e a lesão ambiental cometida, fundamentado no §1º do Art. 14 da Lei Federal nº6.938/1981:

§ 1º Sem obstar à aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente.

O sistema de objetivação da responsabilidade civil, proposto pela Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, possui caráter *post factum*, isto é, pautado pela reparação, e não pela prevenção dos danos ambientais, pois não assegura a efetiva proteção ao meio ambiente (Pilati e Leite, 2007).

Em consonância à Política Nacional do Meio Ambiente, a Lei Federal nº9.605/1998 ou Lei dos Crimes Ambientais, diz respeito às penalidades impostas aos atos lesivos praticados contra o meio ambiente<sup>2</sup> e apresenta no Art. 70 a definição de infração administrativa ambiental: “toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente.”

O Decreto Federal nº6.514/2008, de 22 de julho de 2008, relativo às sanções e apurações administrativas aplicadas ao meio ambiente, conceitua em seus Artigos 43 e 48 a infração ambiental contra a flora como:

**Art. 43.** Destruir ou danificar florestas ou demais formas de vegetação natural ou utilizá-las com infringência das normas de proteção em área considerada de

---

<sup>1</sup> Refere-se a relação direta entre a causa (conduta praticada) e o efeito (dano cometido), sendo uma condicionada à outra.

<sup>2</sup> A Lei Federal nº6.938/81 no inciso I do Art. 3º define meio ambiente como um “conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.”

preservação permanente, sem autorização do órgão competente, quando exigível, ou em desacordo com a obtida

(...)

**Art. 48.** Impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas ou demais formas de vegetação nativa em unidades de conservação ou outras áreas especialmente protegidas, quando couber, área de preservação permanente, reserva legal ou demais locais cuja regeneração tenha sido indicada pela autoridade ambiental competente

Diante disso, o Decreto Estadual (SP) nº64.456/2019, de 10 de setembro de 2019, que trata sobre os procedimentos e sanções aplicadas às infrações ambientais, expõe que o Auto de Infração Ambiental (AIA), trata-se da inicial do processo administrativo, é aplicado tendo como base a Lei Federal nº9.605/1998 e o Decreto Federal nº6.514/2008, sendo um dos responsáveis pela sua lavratura a Polícia Militar Ambiental (PMA).

Em relação ao papel da componente espacial, deve-se destacar que todo ato ilícito ambiental possui um elemento essencialmente geográfico, pois sua ocorrência está associada a um espaço e a um tempo específicos, estabelecendo-se uma relação de interdependência (Salazar, Domínguez e Orozco, 2023). Nesse sentido, considerar a dimensão geográfica possibilita uma compreensão mais aprofundada do fenômeno, uma vez que, por meio do mapeamento da distribuição espacial da criminalidade, é possível identificar e relacionar os fatores determinantes das ocorrências em áreas específicas (González e Urpina, 2019).

A partir do exposto, a perspectiva espacial na avaliação das infrações ambientais permite intervenções voltadas ao desenvolvimento de estratégias que contribuam efetivamente para sua redução, tendo em vista a importância dos remanescentes do bioma da Mata Atlântica e das áreas protegidas no equilíbrio climático, na manutenção dos recursos hídricos e na conservação do solo.

Vale mencionar que se optou por considerar a totalidade do município de São Paulo no período de 2018 a 2023, a fim de realizar uma análise comparativa temporal entre os distritos administrativos e, conseqüentemente, fornecer uma base sólida para a implementação de medidas preventivas e de fiscalização mais direcionadas.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo geral consiste em analisar a distribuição espacial dos Autos de Infração Ambiental (AIA) contra a flora, emitidos pela Polícia Militar Ambiental (PMA), no município de São Paulo, entre os anos de 2018 e 2023, por meio da Estimativa de Densidade de Kernel (EDK) e do Índice de Moran local.

Os objetivos específicos são:

1. Identificar os padrões espaciais e temporais das infrações ambientais no período mencionado, com o propósito de determinar as áreas de alta e baixa incidência no município;
2. Analisar a distribuição e autocorrelação espacial, a fim de visualizar *clusters* (*hotspots e coldspots*) no conjunto de dados;
3. Compreender a relação entre as infrações ambientais em cada categoria de uso e ocupação da terra;
4. Investigar a interação entre a incidência das infrações ambientais e variáveis ambientais, socioeconômicas, assim como parâmetros urbanísticos.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Clifford (1998) aponta que, na segunda metade do século XX, a Escola de Chicago de Ecologia Humana empreendia esforços para relacionar as ações de criminosos a fatores ambientais e sociais, como, por exemplo, a urbanização, as condições sociais e a estrutura familiar. Além disso, afirma que, nos Estados Unidos, a pesquisa em Ecologia Humana ganhou notoriedade com a descrição da relação entre a distribuição espacial de crime e justiça, pois apresentava um vetor mais “geográfico” e “ambiental”.

A concepção de crime pode ser compreendida como “o conjunto de condutas antissociais que ocorrem em um tempo e lugar determinados” (Rodríguez-Manzanera, 1981, p. 26). Há ainda uma conceituação teórica de crime proposta por Cohen (1992, p.1058): “uma atividade que a sociedade proíbe e contra a qual está disposta a impor sanções, ou seja, aquelas coisas que a sociedade considera que devem estar previstas no código penal (...)”. A descrição de crime está vinculada à noção de proibição de uma ação enquadrada pelo Código Penal, sendo necessária a aplicação de medidas corretivas ao infrator.

Sob esse viés, Jambozorg *et al.* (2015) destacam que, até o momento, não existe uma classificação única de crime ambiental amplamente aceita pela comunidade global. Entretanto, foram encontradas as seguintes definições de crime ambiental, como a primeira relacionada à ação de causar danos ao meio ambiente com o intuito de receber vantagens, conforme apontado por Clifford (1998, p.96):

Um crime ambiental é um ato cometido com a intenção de causar dano, ou com potencial de causar dano, a sistemas ecológicos e/ou biológicos, com o objetivo de obter vantagem empresarial ou pessoal

Situ e Emmons (2000, p.3) propõem uma conceituação de crime ambiental vinculada à ação de infringir a lei vigente, em que pode haver consequências no âmbito criminal: “um ato ou omissão não autorizado que viola a lei e, portanto, está sujeito a processo criminal e a sanções penais.” Ademais, Gibbs *et al.* (2010, p.2) apresentam uma perspectiva que engloba, além do meio ambiente, o ser humano como potencialmente impactado: “violações das leis penais destinadas a proteger a saúde e a segurança das pessoas, o meio ambiente ou ambos.”

O crime ambiental também pode ser compreendido como uma atividade ilegal que causa danos ao meio ambiente, que, embora impacte toda a sociedade e, em alguns casos, apresente caráter transfronteirístico, ainda possui baixa prioridade por conta da ausência de vítimas diretas (EIA, 2008).

Em complementação a essas definições, Bricknell (2010) evidencia a distinção entre crime ambiental e dano ambiental, sendo o primeiro um conjunto de infrações ambientais praticadas que violam a legislação vigente. Enquanto existem duas conceituações de danos ambientais: as atividades que afetam o meio ambiente de maneira nociva, sendo uma esfera de crime ambiental e, a segunda, definida apenas se estiver ocorrendo um processo na esfera criminal ou sanção penal e/ou administrativa.

O estudo com enfoque nos danos ambientais é uma categoria de análise da criminologia verde que surgiu em meados da década de 1990. É favorecida a investigação dos efeitos do crime ambiental cometido, mais do que a compreensão das motivações que levam à ocorrência do crime, associada ao descarte incorreto de resíduos, poluição atmosférica de combustíveis fósseis e extração de minerais (Hall, 2014; White, 2013).

Goyes e Nariño (2021) caracterizam os crimes ambientais em três tipos: primários; envolvem o ser humano, o meio ambiente e as espécies não humanas prejudicadas de alguma maneira pela ação antrópica; secundários, exploração que resulta em danos ou crises ambientais, como mercados ilegais de alimentos, medicamentos, água, além da violação de leis e, por fim, terciários; cometidos pelas vítimas ambientais como resultante direta da causa.

Estupiñán-Silva (2016) divide o crime ambiental nas seguintes categorias: atividades perigosas, atreladas à poluição dos recursos hídricos, atmosféricos e pedológicos; biodiversidade, que inclui a extinção das espécies e a utilização imprópria de recursos

naturais; biossegurança, destacada pelo comércio ilegal e pela gestão inadequada dos recursos naturais.

Nas bases do direito ambiental internacional, a criminalização ambiental foi, em sua maioria, negligenciada, apesar de ser considerada o quinto crime internacional em gravidade (Jambozorg *et al.*, 2015). Diante disso, os crimes ambientais ocupam uma posição periférica na agenda de tomadas de decisão, pois acredita-se que, por não envolverem vítimas diretas, não merecem a devida importância. Esse cenário é especialmente evidente no contexto da América Latina, com ampla distribuição, tanto no âmbito internacional quanto no nacional e no local, com consequências ambientais, sociais e físicas significativas (Salazar, Domínguez e Orozco, 2023).

No âmbito jurídico, Cohen (1992) discorre sobre a diferença entre crime regulatório, quando existe a intenção de cometer um ato ilícito, e infração administrativa civil, praticada sem ter, necessariamente, vinculação de culpa ou aos danos causados, cuja reparação ocorre por meio da penalidade civil pautada em um viés monetário, como a multa, e não formulada para a punição do infrator.

Além disso, enquadra as violações ambientais em duas categorias, a primeira associada às empresas e/ou corporações que infringem o disposto nos estatutos criminais, como, por exemplo, “conspiração, fraude postal ou declarações falsas ao governo” (Cohen, 1992, p.1067). A segunda dimensão aborda a dificuldade de comprovar a ocorrência de um crime, tendo em vista que basta demonstrar o conhecimento da intencionalidade da prática da atividade irregular.

As violações ambientais, disciplinadas pelo aparato legal e regulatório, decorrem do descumprimento das leis ambientais vigentes, praticadas por atividades operacionais indevidas das corporações, cujas penalidades incluem a aplicação de multas e indenizações (Karpoff *et al.*, 2005; Chang, 2021).

O levantamento bibliográfico internacional teve como finalidade verificar e incorporar as discussões relativas às distinções de significado atribuídas ao mesmo conceito no contexto brasileiro. Nesse sentido, verificou-se que crime ambiental apresenta caráter mais abrangente e dimensão internacional, enquanto existe uma distinção sutil entre infração ambiental e violação ambiental; o primeiro enquadra-se em proximidade com o definido pelas normativas brasileiras, especificamente, com a Lei de Crimes Ambientais, e o segundo está associado ao

descumprimento das leis ambientais pelas corporações. Por fim, a tradução literal de infração ambiental, embora seja *environmental infractions*, não exhibe uma variedade de resultados na literatura internacional.

Após a discussão conceitual inicial, apresentam-se os demais referenciais que fundamentam a análise. Diante disso, destacam-se os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que são um conjunto de ferramentas computacionais que permitem analisar, examinar, conferir e refinar dados geográficos. Ou seja, as características geográficas presentes nos dados podem ser combinadas com outras variáveis e, posteriormente, manipuladas ao serem decompostas em um *software* especializado (Santos, 2023).

A origem dos SIG remonta à década de 1960, com o emprego de técnicas computacionais para o tratamento de um vasto conjunto de dados. O seu desenvolvimento, ao longo das décadas de 1970 e 1980, fundamentou-se na decomposição de dados geográficos de alta complexidade em métodos simplificados (Barnes, 2011; Goodchild, 2000).

Em relação ao mapeamento da criminalidade, destaca-se que este contribui para reconhecer as atenuantes da ocorrência de atos ilícitos, por meio da identificação de interações espaço-temporais entre a vítima, o infrator e a natureza dos fenômenos. Também pode ser realizada uma análise temporal, a fim de vislumbrar tendências de causa e efeito ao longo de uma série de anos. Nesse sentido, uma das formas de desenvolver a análise espacial dos padrões criminais é por meio de um ambiente SIG, pois viabiliza a observação da dimensão espacial das ocorrências, bem como a sua classificação (Santos, 2023).

É por meio do ambiente SIG que os dados geográficos são agrupados e categorizados, cujo fatores que pode colaborar para a distribuição espacial do crime são evidenciados, estando relacionados a uma determinada vizinhança, considerando que a ocorrência criminal não ocorre de forma aleatória, mas se manifesta através de padrões de localização e das oportunidades de concentração (Valasik, 2024; Wortley e Mazerolle, 2008).

Essa perspectiva se relaciona com a Teoria Geométrica de Crimes, segundo a qual os padrões de crime estão vinculados à configuração espacial desencadeada pelas horas consideráveis passadas em um determinado local, ou seja, os crimes cometidos são realizados nas proximidades das rotas presentes no cotidiano do infrator, no qual podem surgir os agrupamentos espaciais, por meio da convergência entre o infrator e o dano ambiental cometido (Townesley, 2017).

Havia também a necessidade de aplicar procedimentos e processos quantitativos, com o intuito de examinar os padrões de distribuição dos fenômenos na escala espaço-temporal (Barnes, 2011). Conforme apontado por Goodchild (2000, p.6), “aplicação computacional capaz de criar, armazenar, manipular, visualizar e analisar informações geográficas.”

A Análise Espacial (AE) surgiu na década de 1950 associada à compreensão dos fenômenos geográficos, sendo compreendida como “um conjunto de técnicas para a análise de eventos geográficos, em que os resultados da análise dependem da disposição espacial desses eventos” (Haining, 2003, p. 45). Considerando que, para a realização das análises, é fundamental a localização dos objetos e dos valores dos atributos do conjunto de dados.

Vale pontuar que a convergência entre a análise espacial e os SIG ampliou significativamente as possibilidades de estudo das dinâmicas espaciais, em que não é preciso optar por uma ou outra, mas sim combiná-las (Barnes, 2011). Quando a análise espacial é incorporada a um ambiente SIG, apresenta a vantagem de proporcionar flexibilidade para visualizar as unidades de observação, considerando técnicas de manipulação, sobreposição e interpolação, fundamentais para a conversão das informações em uma superfície (Anselin e Getis, 2010).

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. Fundamentação Metodológica**

#### **4.1.1 Estimativa de Densidade de Kernel**

A Estimativa de Densidade de Kernel (EDK) é uma técnica de mapeamento que permite observar tendências de criminalidade em áreas específicas. Possui maior capacidade de previsão em relação a outras formas de mapeamento de concentração de focos criminais. É criado a partir de uma superfície de densidade contínua, obtida pelo cálculo da densidade em todo o conjunto de dados (Zhou, Lin e Zheng, 2012).

O conceito de pontos quentes (*hotspots*) na criminologia é descrito como a concentração de incidentes criminais, cujo mapeamento auxilia no reconhecimento da relação entre o local da ocorrência e a escala temporal. Uma das maneiras de analisar essa dinâmica é por meio da EDK, especificamente através da avaliação de um indicador de intensidade e da verificação da quantidade de pontos em uma determinada área (Anselin *et al.*, 2000).

Ademais, permite a previsão e a distribuição da concentração da incidência de práticas ilegais, mediante a conversão da localização pontual do fato em uma superfície de densidade e pelo estabelecimento de pesos às ocorrências, ou seja, valores mais altos para os pontos mais próximos e menores para os distantes (Hu *et al.*, 2018).

Segundo Chainey (2013) o cálculo da EDK apresenta uma variação correspondente à quantidade total de elementos pontuais, sua distribuição espacial e à largura de banda (raio de busca), esse último resulta em diversos valores de densidade estimada ( $f$ ) em que cada localização possui um par de coordenadas  $(x,y)$ , no qual é determinado a potência da suavização inserida ao padrão espacial dos dados.

A EDK é uma das abordagens mais eficientes para a suavização de dados, pois permite identificar a correspondência entre uma característica e uma localização sem gerar ruídos. No entanto, é fundamental atentar à largura da banda, pois ela indica a superfície de dados a serem processados (Sivaranjani, Aasha e Sivakumari, 2018).

A função quartica na EDK indica que, quanto maior a largura da banda, maior será a probabilidade do resultado ser deteriorado, pois se trata do grau de suavização da superfície dos dados. Ou seja, uma largura de banda maior pode resultar em uma superfície mais generalizada e de menor grau de detalhamento (Soh *et al.*, 2012).

O cálculo da EDK baseia-se no nível de densidade  $f(p)$  correspondente à localização espacial de  $p$ , obtido a partir da função de densidade de probabilidade, em que é possível verificar a incidência de determinada característica. Segundo Sivaranjani, Aasha e Sivakumari (2018) é expresso como:

$$f(p) = k(p, h) = \frac{1}{Ph} \sum_{j=1}^P K \left( \frac{\|p - p_j\|}{j} \right)$$

Onde:

$p$  → o ponto espacial cuja densidade será calculada

$h$  → a largura de banda usada para suavizar

$P$  → o número total de tipos de crimes

$j$  → a localização individual do crime

$K$  → a função de densidade

$\| \cdot \|$  → a distância euclidiana

Chainey, Tompson e Uhlig (2008) apontam que a EDK foi a melhor técnica de análise espacial na identificação da concentração de crimes ou *hotspots* entre 2002 e 2003 na porção central e norte de Londres, especificamente os distritos de Camden e Islington, respectivamente, mediante a identificação de variáveis como localização, tamanho, forma e orientação das ocorrências, pois existe uma tendência de haver agregações em determinados locais.

Eck *et al.* (2005) utilizaram a EDK quartica para calcular a concentração de crimes veiculares, a partir da geração de uma grade fina com a distribuição pontual das ocorrências e da determinação de pesos para cada célula no raio do kernel.

Salazar, Domínguez e Orozco (2023) analisaram a distribuição espacial e temporal dos crimes ambientais cometidos no México entre os anos de 2006 e 2018, considerando os atributos geográficos, ambientais e socioeconômicos relacionados ao fenômeno. O estudo aponta que os crimes ambientais não se distribuem de forma aleatória ou uniforme no espaço, mas sim se concentram em áreas denominadas *hotspots*.

#### **4.1.2 Índice de Moran**

A autocorrelação espacial corresponde à existência ou não de padrões de distribuição de um determinado fenômeno geográfico; isto é, indica quando há correspondência entre os valores e sua localização no espaço, o que se reflete, por exemplo, na autocorrelação positiva, observada quando agrupamentos espaciais (*clusters*) apresentam vizinhos com valores igualmente elevados (Anselin *et al.*, 2000).

O Índice de Moran Global é um parâmetro de autocorrelação espacial que agrega um conjunto de dados em uma única estatística. O Índice de Moran local identifica a existência de agrupamentos espaciais em nível local, por meio da decomposição de uma estatística geral em partes (Anselin, 1995).

O Indicador Local de Associação Espacial (LISA) precisa satisfazer dois princípios básicos (Anselin, 1995):

- a) O LISA de cada observação corresponde ao nível de autocorrelação espacial significativa entre os valores similares em sua vizinhança espacial.

- b) A somatória das observações do LISA deve ser equivalente ao valor do indicador global de associação espacial.

A matriz de pesos espaciais do indicador local pode ser definida considerando uma métrica baseada na adjacência, na contiguidade ou no decaimento espacial da distância, e também é capaz de diferenciar se um agrupamento local é significativamente diferente de um agrupamento distribuído aleatoriamente no espaço, variando entre -1 e +1 (Anselin *et al.*, 2000).

De acordo com Anselin (1995), a fórmula do Índice de Moran local é expressa por:

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j,$$

Onde:

$z_i$  e  $z_j$  são desvios em relação à média

A soma sobre  $j$  é somente os valores vizinhos  $j \in J_i$

Os pesos  $w_{ij}$  podem estar em forma padronizada por linha

por convenção,  $w_{ii} = 0$

Além disso, o Índice de Moran local possibilita a visualização de padrões de associação espacial estatisticamente significativos, sendo os valores que demonstraram dependência espacial local distintos do conjunto geral e apresentam comportamento espacial particular (Anselin, 1996). O nível de significância é representado pelo valor de probabilidade (p-valor), de modo que um p-valor pequeno ( $< 0,05$ ) indica valor significativo, ou seja, os dados não estão distribuídos aleatoriamente, de padrão agrupado ou disperso, enquanto um p-valor maior ( $> 0,05$ ) indica estatisticamente autocorrelação espacial não significativa, isto é, os dados estão distribuídos aleatoriamente (Anselin, 2005).

O Diagrama de Dispersão de I de Moran (*Moran's Scatterplot*) permite verificar a relação entre uma variável e seus vizinhos, bem como a presença de padrões de agregação (*clusters*) e de valores isolados (*outliers*). Podem ser interpretados através de quadrantes que indicam distintas formas de associação entre o valor de um local específico e a média ponderada dos valores das unidades vizinhas (Anselin, 1995):

- **Quadrante superior direito (Alto-Alto):** representa autocorrelação positiva ou agregação positiva, quando há valores altos próximos de unidades que também possuem valores altos;
- **Quadrante inferior esquerdo (Baixo-Baixo):** significa autocorrelação positiva, quando os valores baixos estão próximos de outros valores baixos, representando uma agregação (*cluster*);
- **Quadrante superior esquerdo (Alto-Baixo):** representa valores altos próximos de valores baixos, com um padrão de dispersão ou autocorrelação espacial negativa;
- **Quadrante inferior direito (Baixo-Alto):** indica padrão de dispersão ou autocorrelação espacial negativa, quando há valores baixos próximos de valores altos.

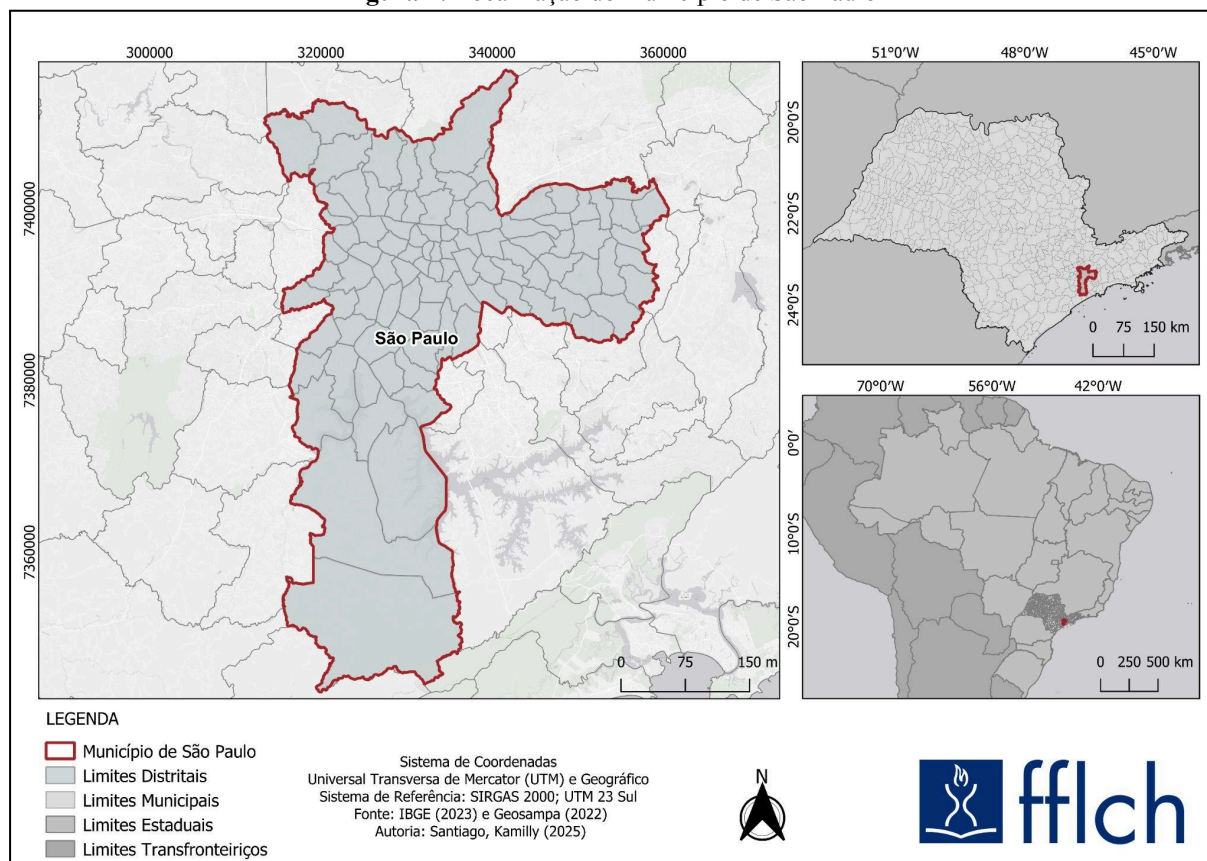
Os quadrantes do Diagrama de Dispersão de I de Moran estão presentes na legenda do mapeamento do LISA, correspondentes a: vermelho (Alta-Alta), azul (Baixa-Baixa), rosa (Alta-Baixa) e azul claro (Baixa-Alta) (Anselin, 2000).

O embasamento teórico-metodológico está pautado no estudo de Pereira *et al.* (2021), que investigaram a dependência espacial da taxa de mortalidade por Covid-19 nos municípios brasileiros, por meio do Índice de Moran local na forma univariada, para a determinação de *clusters* e *outliers* dos municípios, através da análise da taxa de mortalidade por Covid-19.

Gedamu, Plank-Wiedenbecka e Wodajo (2024) analisaram mediante o Gráfico de Dispersão de I de Moran a autocorrelação espacial dos acidentes de trânsito pela gravidade nas cidades de Addis Ababa e Berlim, no intuito de comparar os padrões espaciais entre as duas cidades, assim como verificaram sua relação com os agrupamentos obtidos pelo cálculo do Índice de Moran local e pelo p-valor obtido pela significância.

#### 4.2 Área de Estudo

O município de São Paulo (Figura 1) possui 96 (noventa e seis) distritos administrativos, área total territorial de 1.521,202 km<sup>2</sup>, com 11.451.999 habitantes, densidade demográfica de 7.528,26 hab/km<sup>2</sup> e área urbanizada de 914,56 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019).

**Figura 1:** Localização do município de São Paulo

**Fonte:** IBGE (2023). Elaboração própria.

Inicialmente, cabe pontuar que será apresentada uma caracterização da área de estudo desde a sua fundação até uma contextualização mais recente, com ênfase na evolução histórica nas modificações da vegetação existente, na importância das áreas protegidas e nos parâmetros urbanísticos, em consonância com os objetivos do presente estudo.

O município de São Paulo foi fundado em 1554 como resultado das missões jesuítas, com o objetivo de criar aldeamentos indígenas. No início do século XIX, tornou-se capital da província e consolidou-se como metrópole no final do século XIX, por conta da transformação da paisagem decorrente da expansão da cultura cafeeira e da construção da ferrovia Santos-Jundiaí, o que se refletiu na devastação da Mata Atlântica (São Paulo, 2017; BRASIL, 2005).

Já no século XX, especificamente, durante a crise de 1929 - Grande Depressão, a exportação cafeeira diminuiu consideravelmente, com isso, o setor industrial ganhou notoriedade e provocou maior demanda por força de trabalho. A partir da década de 1950, o setor industrial se intensificou com o surgimento do complexo automobilístico no ABC paulista. Esses processos ocasionaram a substituição da cobertura vegetal por grandes centros

urbanos, marcados pela periferização, verticalização, intensificação da mancha urbana em direção às periferias e pelo aumento do contingente populacional (Rolnik, 2022; ISA, 2009).

Como desdobramento desses processos, a expansão urbana passou a se associar à elevação dos valores dos terrenos em decorrência do crescimento da construção civil, favorecido pelos financiamentos do Banco Nacional da Habitação (BNH), o que provocou a ocupação de áreas inadequadas e distantes de serviços básicos por parte da população de baixa renda, principalmente nas zonas leste e sul do município, e resultou no surgimento da periferia metropolitana e na autoconstrução de moradias (ISA, 2009).

Nesse contexto de expansão urbana desordenada, a remoção da cobertura vegetal para a instalação da atividade antrópica entre 1989 e 2007 provocou o desmatamento de 744 hectares de Mata Atlântica no município. Embora a expansão urbana entre 1989 e 2000 tenha apresentado decréscimo, houve o adensamento das áreas já anteriormente ocupadas, nas porções onde a vegetação foi removida no início para fins de uso urbano, que se transformaram em áreas de elevada concentração urbana (ISA, 2009).

O crescimento da mancha urbana no município, entre 2002 e 2022, ocupou as extremidades do município, sendo inadequadas ao assentamento humano, especialmente pela expressiva extensão de cobertura vegetal e pela presença de áreas de mananciais, responsáveis pelo abastecimento hídrico de grande parte da cidade (São Paulo, 2023).

É relatado por Dean (1996) que o desmatamento de florestas tropicais, como a Mata Atlântica, é caracterizado por perdas ambientais de dimensões irreversíveis. A destruição desses ambientes resulta em danos que não podem ser plenamente mitigados em escalas de tempo humanas, uma vez que a supressão das florestas tropicais provoca uma perda imensurável da diversidade e da complexidade dos ecossistemas.

A Mata Atlântica é classificada como um dos 5 hotspots mundiais de biodiversidade, tendo em vista que entre o período de 2010 e 2020 foram retirados 186,2 mil hectares de vegetação, o que contribui significativamente para o enfraquecimento do potencial de resposta às mudanças climáticas, além da intensificação das emissões de gases do efeito estufa (GEE) e perda de conectividade entre fragmentos florestais (Amaral *et al.*, 2025).

No caso específico do município de São Paulo, há apenas 30,4% dos remanescentes do bioma de Mata Atlântica, totalizando 4.590,74 hectares, compostos pelos subtipos Floresta

Ombrófila Densa, Bosque Heterogêneo, Campos Gerais, Mata de Várzea, Campo de Várzea e Campo Alto Montano (São Paulo, 2017).

A cobertura vegetal do município consiste predominantemente em vegetação secundária da Floresta Ombrófila Densa, presente principalmente nas zonas sul e norte. Os fragmentos florestais de vegetação arbórea nativa ou plantada estão situados em áreas urbanizadas, que abrigam espécies tanto nativas quanto exóticas (São Paulo, 2017).

Foram instituídos instrumentos legais específicos para a proteção do bioma, entre os quais se destaca a Lei Federal nº11.428/2006 - Lei da Mata Atlântica, em seu Artigo 38, determina a elaboração do Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA), sendo previstos os instrumentos de atuação dos municípios, a fim de promover a conservação da vegetação nativa, além de direcionar os pilares prioritários para a recuperação das áreas afetadas pela intervenção antrópica. O PMMA também foi incorporado na Lei Municipal nº16.050/2014, que estabelece as diretrizes do Plano Diretor Estratégico (PDE) do município de São Paulo (São Paulo, 2025).

No âmbito da preservação ambiental, encontram-se as Áreas de Proteção Ambiental (APA), enquadradas como Unidades de Conservação (UCs) de uso sustentável, nas quais pode haver compartilhamento dos recursos naturais disponíveis, desde que sejam respeitadas as normas. É regido pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) - Lei Federal nº9.985/2000 e disciplinado pelo Decreto Federal nº4.340/02, no qual se fixam as diretrizes para o estabelecimento, administração e utilização dessas áreas (São Paulo, 2025).

As APAs, por meio da regulamentação do uso sustentável dos recursos naturais, promovem a gestão sustentável da biodiversidade, a manutenção das funções ecológicas e a proteção da riqueza biológica. O município de São Paulo apresenta 2 (duas) APAs em nível municipal, sendo elas (São Paulo, 2025):

- **APA Bororé-Colônia:** Definida pela Lei Municipal nº14.162/2006. Apresenta 9.000 hectares, estando presente nas bacias hidrográficas Billings e Guarapiranga. Sua relevância advém do abastecimento hídrico do município, pois abriga as nascentes da Represa Billings.
- **APA Capivari-Mono:** Estabelecida pela Lei Municipal nº13.136/2001. Abriga 25.100 hectares e está inserida nas bacias hidrográficas da Billings e da Guarapiranga.

Apresenta relevância para o desenvolvimento sustentável, com base na agricultura agroecológica, nas atividades turísticas e na diversidade de serviços ecossistêmicos.

Na esfera estadual de uso sustentável que também se situam em porções do município, integram (São Paulo, 2017):

- **APA Várzea do Rio Tietê:** Regulamentada pela Lei Estadual nº5.598/1987 e pelo Decreto Estadual nº42.837/1998. Possui 1285,96 hectares dentro da delimitação do município de São Paulo. Sua criação está pautada na proteção das áreas de deposição aluvial do Rio Tietê.
- **APA Parque e Fazenda do Carmo:** Disciplinada pela Lei Estadual nº6.409/1989. Possui 867,6 hectares com uma extensa porção com remanescentes do bioma de Mata Atlântica.
- **APA Mata do Iguatemi:** Estabelecida através da Lei Estadual nº8.274/1993. Contém 30 hectares, que abrangem um território de conservação da vida silvestre e remanescentes de vegetação nativa, e abrigam espécies endêmicas do bioma de Mata Atlântica.

Outro instrumento essencial para a proteção ambiental é a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais (APRM), estabelecida pela Lei Estadual nº9.866/1997, que define as normativas para a conservação das bacias hidrográficas dos mananciais. É formada por porções do território destinadas ao abastecimento hídrico público. Contudo, a expansão urbana do centro em direção às periferias, para fins agrícolas, residenciais e econômicos, culminou na ocupação indevida das APRM (São Paulo, 2017; ISA, 2009).

As APRMs que se situam dentro da delimitação do município são (SEMIL, 2025):

- **APRM Guarapiranga:** Concebida pela Lei Estadual nº12.233/2006 e instituída pelo Decreto Estadual nº51.686/2007;
- **APRM Billings:** Estabelecida pela Lei Estadual nº13.579/2009 e implantada pelo Decreto Estadual nº55.342/2010;
- **APRM Alto Juquery:** Originada pela Lei Estadual nº15.790/2015 e disciplinada pelo Decreto Estadual nº62.062/2016;
- **APRM Alto Tietê Cabeceiras:** Concebida pela Lei Estadual nº15.913/2015 e normatizada pelo Decreto Estadual nº62.061/2016;
- **APRM Alto Cotia:** Criada pela Lei Estadual nº16.568/2017.

Paralelamente à questão ambiental, o município enfrenta desafios decorrentes da ocupação irregular do território. Conforme apontado pelo Sistema de Informações para Habitação Social na Cidade de São Paulo (Habisp), em 2016 havia 385.080 residências em loteamentos irregulares. No que diz respeito às condições de infraestrutura, entre suas principais características, destaca-se a discordância em relação à legislação urbanística, quanto à dimensão das ruas, à área mínima dos lotes e à largura das calçadas (São Paulo, 2016).

Uma das formas de ocupação indevida do território é por meio do estabelecimento de assentamentos precários, que evidenciam a ausência de atuação adequada do poder público. São representados pela condição socioeconômica dos residentes, caracterizada por variáveis como a renda média do responsável, escolaridade, alfabetização, características da moradia, como a quantidade de cômodos e sanitários, acesso à infraestrutura urbana, risco ambiental e a oferta de equipamentos públicos (São Paulo, 2016).

O loteamento irregular consiste em um assentamento precário, no qual há um agente responsável pela promoção ou comercialização de lotes. O parcelamento do solo destina-se a usos predominantemente unifamiliares ou multifamiliares de baixa densidade. Considera-se irregular a ocupação que não possui a prévia autorização de estabelecimento, emitida pelos órgãos competentes, ou a regularização em processo de implantação (São Paulo, 2016).

É fundamental distinguir entre loteamento clandestino e irregular. O primeiro corresponde àqueles que não possuem aprovação do poder público do município. O loteamento irregular, por sua vez, é parcialmente reconhecido pelo poder público, embora ainda não esteja totalmente regularizado. Quando os lotes irregulares e clandestinos passam a ser comercializados, isso indica que a estrutura jurídico-administrativa do mercado já não dispõe de mecanismos para intervir (Baltrusis, 2004; Pasternak, 2010).

Uma das maneiras de disciplinar a dinâmica territorial é através da Lei Municipal nº16.402/16 - Lei de Zoneamento ou Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS), que aborda as diversas formas de uso do solo no município e apresenta progressos relacionados à ocupação do território, a fim de ocorrer, tendo como base as diretrizes apresentadas no PDE.

Nesse sentido, o município é classificado como um território articulado, ou seja, atua de maneira interligada, no sentido de combater as desigualdades sociais e identificar as

prioridades de cada localidade (Gestão Urbana, S/D). Para tanto, o município foi dividido em 3 territórios (Tabela 1):

**Tabela 1:** Classificação territorial estratégica do município

<b>Categorias</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Zonas</b>
<b>Territórios de transformação</b>	Incentivar o adensamento de construções e de população, promover o desenvolvimento das atividades econômicas, expandir os serviços públicos e ampliar as atividades desempenhadas no território.	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana (ZEU), Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto (ZEUP), Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana (ZEM), Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana Previsto (ZEMP), Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Ambiental (ZEUa) e Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto Ambiental (ZEUPa).
<b>Territórios de qualificação</b>	Visa manter os usos não residenciais já estabelecidos, incentivar o desenvolvimento do setor produtivo, ampliar a diversidade de usos e promover, de forma moderada, a intensificação da ocupação populacional.	Zonas de Ocupação Especial (ZOE), Zona Predominantemente Industrial (ZPI), Zona de Desenvolvimento Econômico (ZDE), Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), Zona Mista (ZM), Zonas Corredores (ZCOR), Zona Centralidade (ZC), Zona Centralidade Ambiental (ZCa), Zona Corredor da Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental (ZCORa), Zona Mista Ambiental (Zma) e Zona Mista de Interesse Social Ambiental (ZMISa).
<b>Territórios de preservação</b>	Prioriza a conservação de bairros de baixa e média densidade, bem como de conjuntos urbanos determinados e de porções do território voltadas ao desenvolvimento de processos produtivos sustentáveis, aliadas à proteção ambiental. É estruturado pelas zonas	Zonas Especiais de Preservação Cultural (ZEPEC), Zona Especial de Preservação (ZEP), Zona Especial de Proteção Ambiental (ZEPAM), Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável (ZPDS), Zona Exclusivamente Residencial (ZER), Zona Predominantemente Residencial (ZPR), Zona Exclusivamente Residencial Ambiental (ZERa) e Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável da Zona Rural (ZPDSr).

**Fonte:** (São Paulo, 2016).

### **4.3 Coleta de Dados**

#### **4.3.1 Fontes de Dados**

Foram coletados os dados dos Autos de Infração Ambiental, incluindo aqueles comprovados ou em fase de confirmação no processo administrativo, fornecidos pelo Sistema Integrado de Gestão Ambiental (SIGAM) da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente e disponíveis no Portal de Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo (DATAGEO).

Os dados de Área de Proteção Ambiental, Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais e Remanescentes do Bioma de Mata Atlântica, bem como os de zoneamento, população absoluta, extensão territorial dos distritos administrativos e Índice de Vulnerabilidade Paulista (IPVS) foram adquiridos no GeoSampa.

Além disso, as informações relativas à presença de loteamentos irregulares no município, correspondentes aos lotes que não atendem à LPUOS, foram extraídas através do Portal HabitaSampa, criado pela Secretaria Municipal de Habitação (SMH) e mapeadas pela Coordenadoria de Regularização Fundiária (CRF/SEHAB).

Por fim, os arquivos raster anuais da Coleção 9 de uso e cobertura da terra e informações de legenda estão disponibilizados na plataforma do MapBiomias.

### **4.4 Procedimentos Metodológicos**

#### **4.4.1 Avaliação quantitativa**

A representação gráfica dos dados, a elaboração das tabelas e os cálculos foram realizados no Microsoft Excel, a partir dos dados previamente agrupados no *software* QGIS.

#### **4.4.2 Aplicação da Densidade de Kernel**

A EDK foi determinada com o auxílio do *software* QGIS versão 3.26.3. Adotou-se um raio de 10 quilômetros, em conformidade com a dimensão territorial do município de São Paulo, a fim de obter uma perspectiva geral. Para a visualização do fenômeno, empregou-se um pixel de 30 metros de resolução espacial e aplicou-se o parâmetro quartico, no qual se consideram as ocorrências mais próximas de um ponto central.

#### **4.4.3 Aplicação do Índice de Moran local**

Calculou-se através do *software* estatístico *GeoDa* o Índice de Moran local univariado com a quantidade absoluta das infrações ambientais para o período de 2018 a 2023. A matriz de vizinhança definida foi do tipo Rainha (*Queen Contiguity Matrix*), em que uma unidade geográfica é considerada vizinha a outras em 8 direções (horizontal, vertical e diagonal). Dessa maneira, todas as unidades vizinhas têm o mesmo peso, pois cada uma é tratada de forma igual.

Também foi calculada a significância para verificar se o padrão espacial do conjunto de dados é aleatório ou não, bem como o diagrama de dispersão, que permite visualizar a dependência espacial em relação a unidades vizinhas e identificar a formação de clusters (agrupamentos) de uma variável.

#### **4.4.4 Identificação das infrações ambientais em cada uso e ocupação da terra**

A correspondência das infrações ambientais em cada uso e ocupação da terra, por meio do *software* QGIS, utilizando a ferramenta de amostra de valores do arquivo raster e, posteriormente, calculando a quantidade presente em cada categoria através do plugin *Group Stats*.

#### **4.4.5 Cruzamento das infrações com variáveis**

No intuito de analisar os padrões espaciais das infrações ambientais, realizou-se o cruzamento destas com variáveis territoriais, urbanísticas e socioeconômicas. Para isso, utilizou-se a ferramenta de interseção do QGIS, permitindo avaliar a distribuição pontual das infrações em áreas de remanescentes de Mata Atlântica e protegidas. A quantidade de infrações foi calculada por meio do *plugin Group Stats* e foram gerados centroides proporcionais ao total constatado. A simbologia foi organizada em cinco classes de intervalo igual, possibilitando a comparação entre os distritos com base em faixas de valores uniformes.

Também analisou-se a relação entre as infrações ambientais e os parâmetros urbanísticos, por meio da associação entre a legislação urbanística vigente e as áreas de loteamento irregular. Em seguida, foram criadas tabelas no Excel com base na quantidade de ocorrências registradas.

Para visualizar a associação entre a densidade demográfica e as infrações ambientais, os setores censitários foram unidos aos distritos administrativos por localização, sendo

somada a população absoluta de cada distrito e calculada a densidade demográfica como a razão entre a população total e a área do distrito, em km<sup>2</sup>.

A correspondência entre o número de infrações, a densidade demográfica e a área do distrito foi estabelecida por meio da divisão do total de ocorrências em função dessas variáveis. Para a elaboração do mapa temático, utilizou-se o método coroplético, com simbologia graduada baseada na quebra natural (*Jenks*), classificada em cinco classes, pois permite a separação mais precisa dos dados conforme sua distribuição natural.

Adicionalmente, realizou-se o cruzamento das infrações ambientais com o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS), elaborado pela Fundação SEADE, com base nos dados do Censo Demográfico de 2010, a fim de avaliar a incidência das ocorrências segundo os níveis de vulnerabilidade social predominantes no município. De acordo com o SEADE (2013, p. 3), o IPVS permite verificar:

as condições de vida da população, não apenas em relação à renda, mas também à escolaridade, à saúde, às condições de inserção no mercado de trabalho, ao acesso aos serviços prestados pelo Estado e às oportunidades de mobilidade social

O IPVS é dividido em 7 grupos: 1) Baixíssima vulnerabilidade; 2) Vulnerabilidade muito baixa; 3) Vulnerabilidade baixa; 4) Vulnerabilidade média; 5) Vulnerabilidade alta (urbanos); 6) Vulnerabilidade muito alta (aglomerados subnormais); e 7) Vulnerabilidade alta (rurais), sendo que o último grupo não está presente no município de São Paulo (SEADE, 2013).

Considerando a escala de análise, estabeleceu-se a correspondência entre os setores e os distritos administrativos, bem como adotou-se o cálculo da moda, isto é, o valor mais frequente dos setores censitários de cada distrito, o que permite identificar o grupo de vulnerabilidade mais frequente.

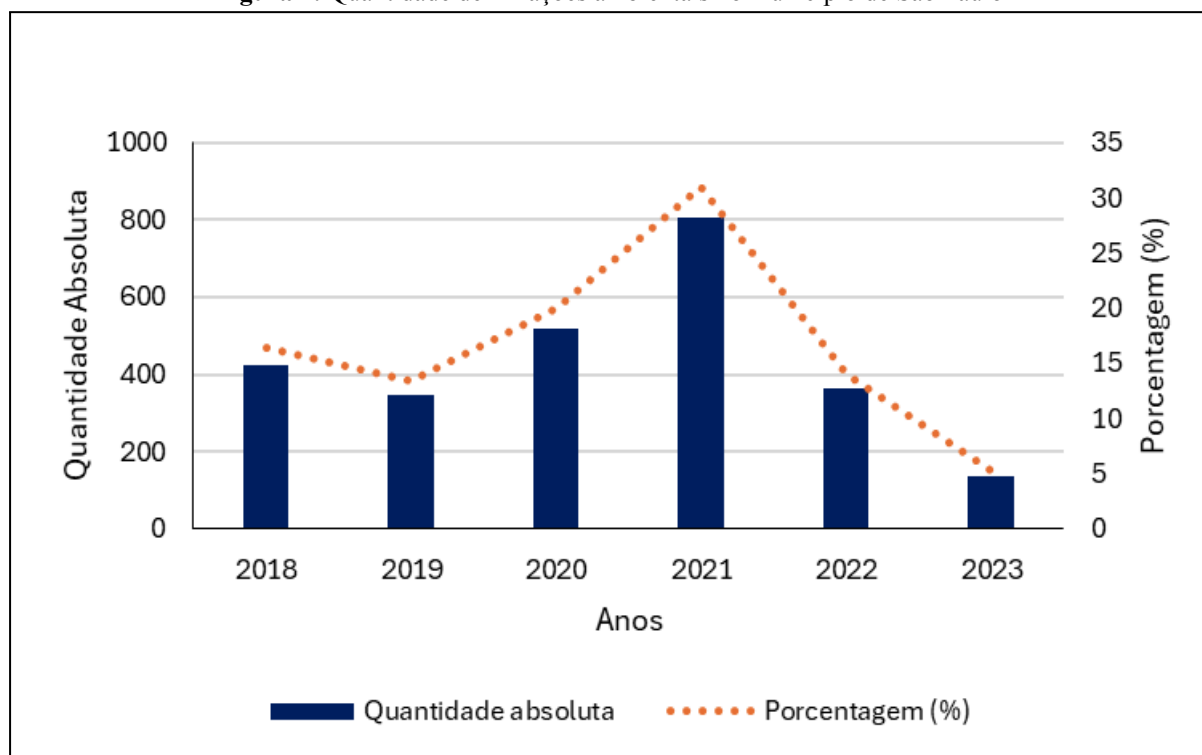
## **5. RESULTADOS**

### **5.1 Análise quantitativa**

No período entre 2018 e 2023, foram lavrados 2.592 Autos de Infração, sendo registrado em 2021 o maior número de ocorrências, com 804 (31%), e o menor em 2023, com 136 (5,2%). Deve-se pontuar que, em 2020 e 2021, ocorria a pandemia de covid-19, o que pode justificar o aumento de denúncias devido ao maior tempo que as pessoas passavam em suas residências. Em síntese, não há regularidade na distribuição do fenômeno, com

quantidade reduzida em 2018-2019, elevação entre 2020-2021 e, por fim, queda acentuada em 2022-2023 (Figura 2).

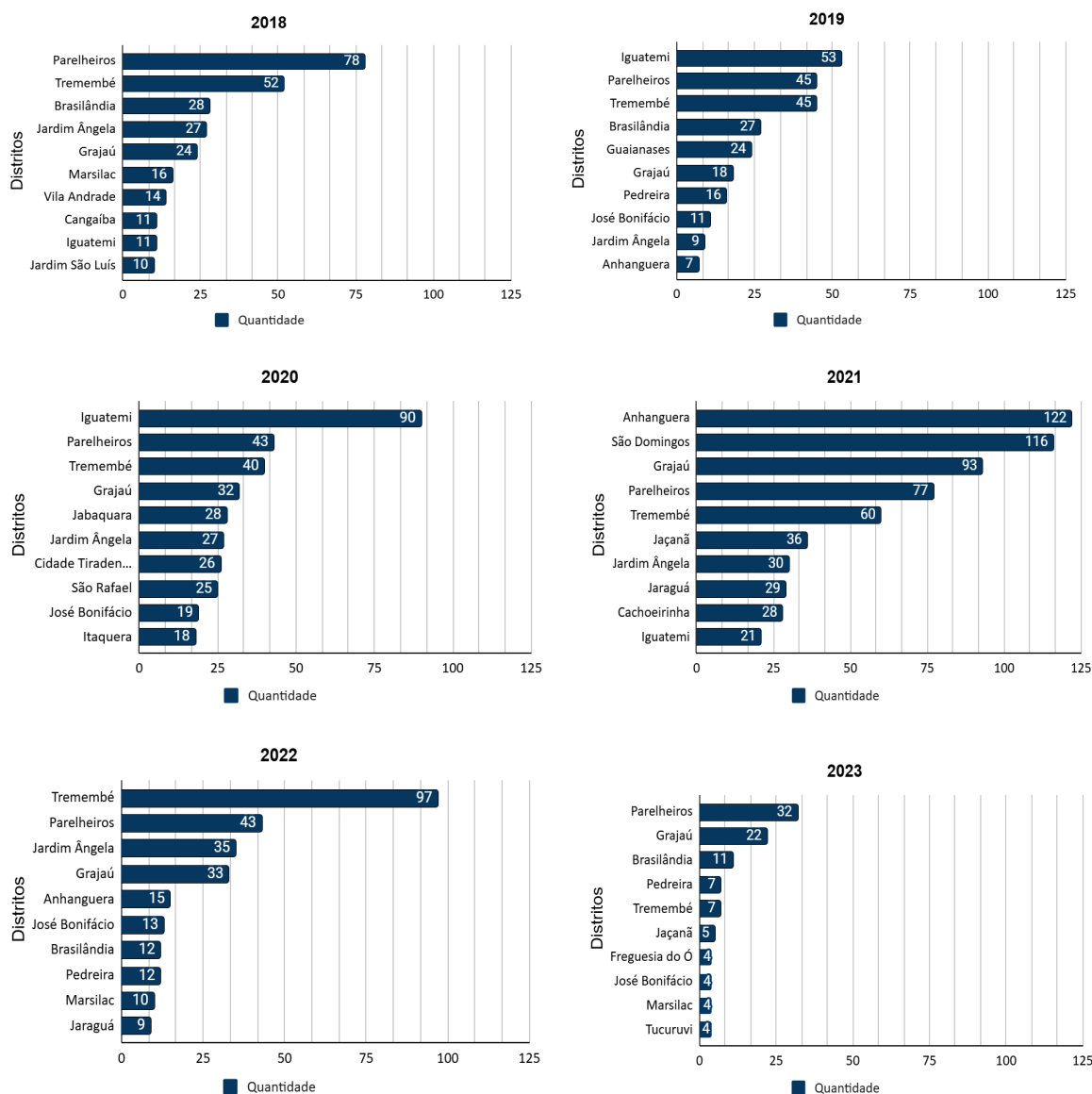
**Figura 2:** Quantidade de infrações ambientais no município de São Paulo



**Fonte:** DATAGEO (2023). Elaboração própria.

A Figura 3 apresenta os 10 principais distritos administrativos com maior frequência registrada entre 2018 e 2023. Esses distritos concentram mais de 60% do total registrado em cada ano, com a predominância de Parelheiros, Tremembé e Iguatemi. O distrito de Parelheiros, localizado na zona sul, é o segundo maior do município, com área de 153,50 km<sup>2</sup> e população de 131.183 habitantes (São Paulo, 2019). O distrito de Tremembé, situado na zona norte, é o quarto maior, com extensão territorial de 56,3 km<sup>2</sup> e população de aproximadamente 225.512 habitantes (São Paulo, 2020).

Enquanto o distrito de Iguatemi, situado na zona leste, possui área de cerca de 19,5 km<sup>2</sup> (São Paulo, 2021). Apesar da menor extensão territorial, esteve no topo das infrações em 2019 e 2021, com 53 e 90 ocorrências, respectivamente. Convém destacar que as posições subsequentes são ocupadas, em sua maioria, por distritos como Jardim Ângela, Grajaú e Marsilac, localizados na zona sul.

**Figura 3:** Quantidade de infrações ambientais nos 10 distritos mais afetados

Fonte: DATAGEO (2023). Elaboração própria.

A Tabela 2 exibe a classificação das infrações ambientais de acordo com sua tipologia, com base no total absoluto de 2018 a 2023. Constatou-se que 39,2% das ocorrências estão relacionadas a danos à vegetação objeto de especial preservação, definida pelo artigo 50 do Decreto Federal nº6.514/2008, como vegetação nativa ou plantada. Seguido por intervenção em Área de Proteção Permanente (APP) com 31,5%, sendo que a interferência somente é permitida em situações de utilidade pública, bem comum ou de atividades de baixo impacto ecológico, conforme estabelecido na Lei de Vegetação Nativa - Lei Federal nº12.651/2012.

**Tabela 2:** Distribuição das infrações ambientais por tipologia

<b>Classificação</b>	<b>n° de infrações</b>	<b>%</b>
<i>Danos à vegetação de especial preservação</i>	1.017	39,2
<i>Intervenção em Área de Proteção Permanente (APP)</i>	817	31,5
<i>Danos a árvores isoladas</i>	318	12,3
<i>Explorar ou danificar vegetação fora de reserva legal</i>	162	6,3
<i>Impedir e/ou dificultar a regeneração natural</i>	138	5,3
<i>Impedir a regeneração natural em Unidade de Conservação (UC)</i>	84	3,2
<i>Uso irregular de equipamentos (motosserra)</i>	31	1,2
<i>Explorar ou suprimir vegetação em área de reserva legal</i>	24	0,9
<i>Manejo florestal sem autorização</i>	1	0,04
<b>TOTAL</b>	<b>2.592</b>	<b>100</b>

Fonte: DATAGEO (2023). Elaboração própria.

Em terceiro, encontram-se os danos a árvores isoladas, com 318 (12,3%), podendo ser de supressão ou poda drástica de exemplares arbóreos, vetado pela Lei de Crimes Ambientais, Decreto Federal nº6.514/2008 e pela Lei Municipal nº17.794/2022, que normatiza a arborização urbana, sendo apenas permitidas essas ações após prévia autorização.

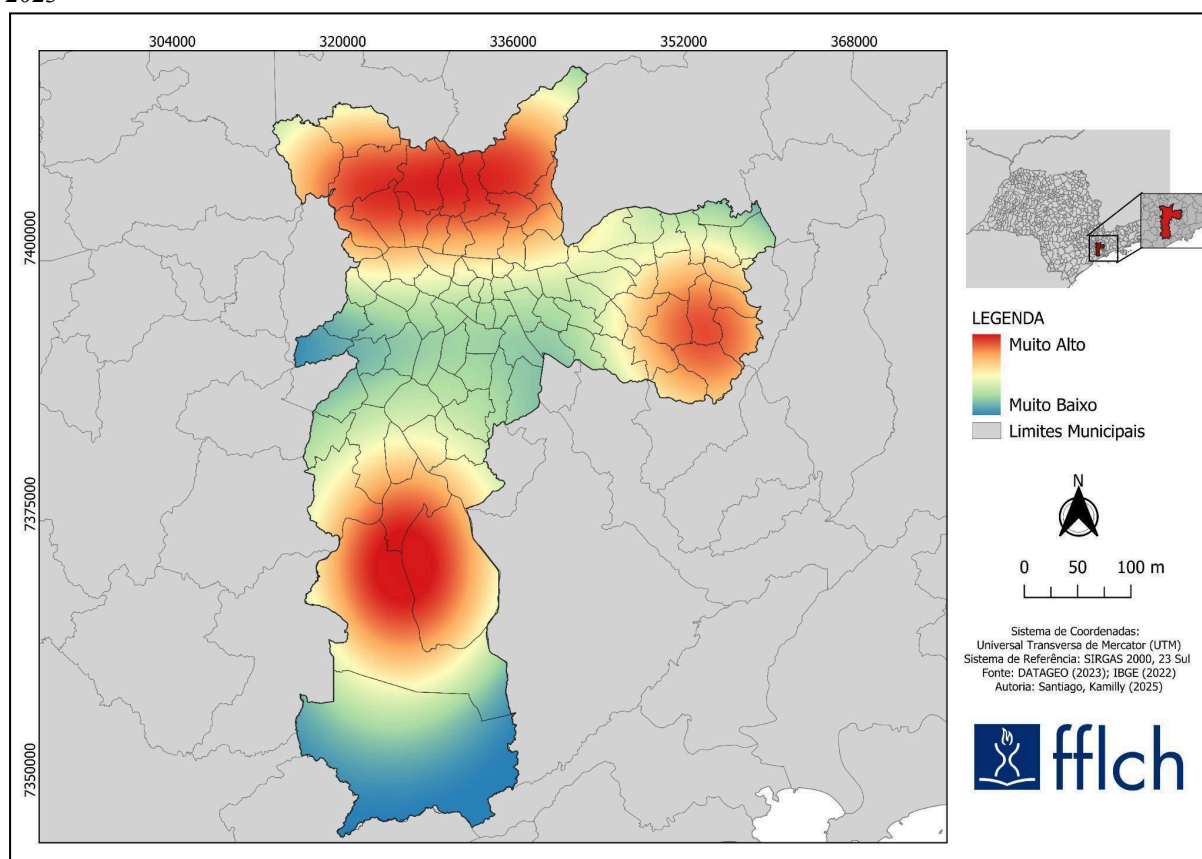
Outras tipologias de infrações não possuem incidência significativa, como exploração ou dano à vegetação fora de reserva legal (6,3%), impedir a regeneração natural (5,3%) e em Unidade de Conservação (3,2%). Enquanto as demais, como uso irregular de motosserra, exploração ou supressão de vegetação em área de reserva legal, manejo florestal sem autorização apresentaram frequência inferior a 2% cada.

Diante dos resultados, constata-se que as intervenções contra a flora ocorrem inclusive em APP, como evidencia a segunda posição, com 31,5% de frequência, o que indica a intervenção antrópica em áreas destinadas à proteção ambiental.

## 5.2 Estimativa de Densidade de Kernel

Na interação espacial no conjunto do período analisado entre os anos de 2018 e 2023, nota-se que os *hotspots* estiveram concentrados na zona sul, notadamente em Parelheiros, além da zona norte e do noroeste, representadas por Tremembé, São Domingos e Anhanguera, com incidências menos expressivas na zona leste. Já os *coldspots*, ou pontos frios, localizaram-se no centro e na zona oeste do município de São Paulo (Figura 4).

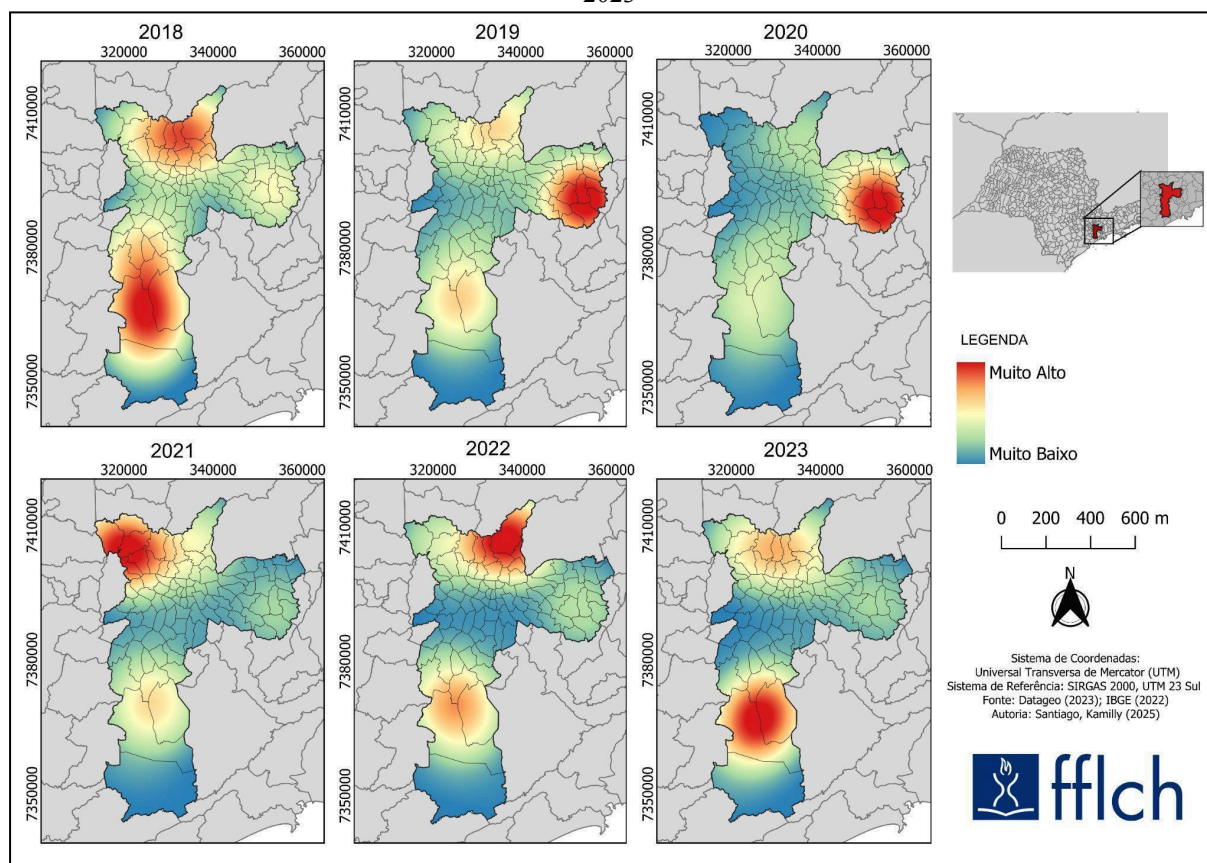
**Figura 4:** Estimativa de Densidade de Kernel das infrações ambientais no município de São Paulo entre 2018 e 2023



**Fonte:** DATAGEO (2023) e IBGE (2022). Elaboração própria.

Conforme a Figura 5, em 2018, os *hotspots* estão localizados nos distritos administrativos de Parelheiros, Jardim Ângela, Grajaú e Marsilac, na zona sul do município de São Paulo, que possui cerca de 54,5% de cobertura vegetal, principalmente devido à presença de Áreas de Proteção Ambiental (APA), como Capivari-Monos, Bororé-Colônia e a proposta Emburá-Jaceguava. Também há ocorrências na zona norte, nos distritos de Tremembé, Mandaqui e Cachoeirinha, situados próximos ao Parque Estadual da Cantareira e ao Horto Florestal, com cobertura vegetal de aproximadamente 41,6% (São Paulo, 2020).

**Figura 5:** Estimativa de Densidade de Kernel das infrações ambientais no município de São Paulo de 2018 a 2023



**Fonte:** DATAGEO (2023) e IBGE (2022). Elaboração própria.

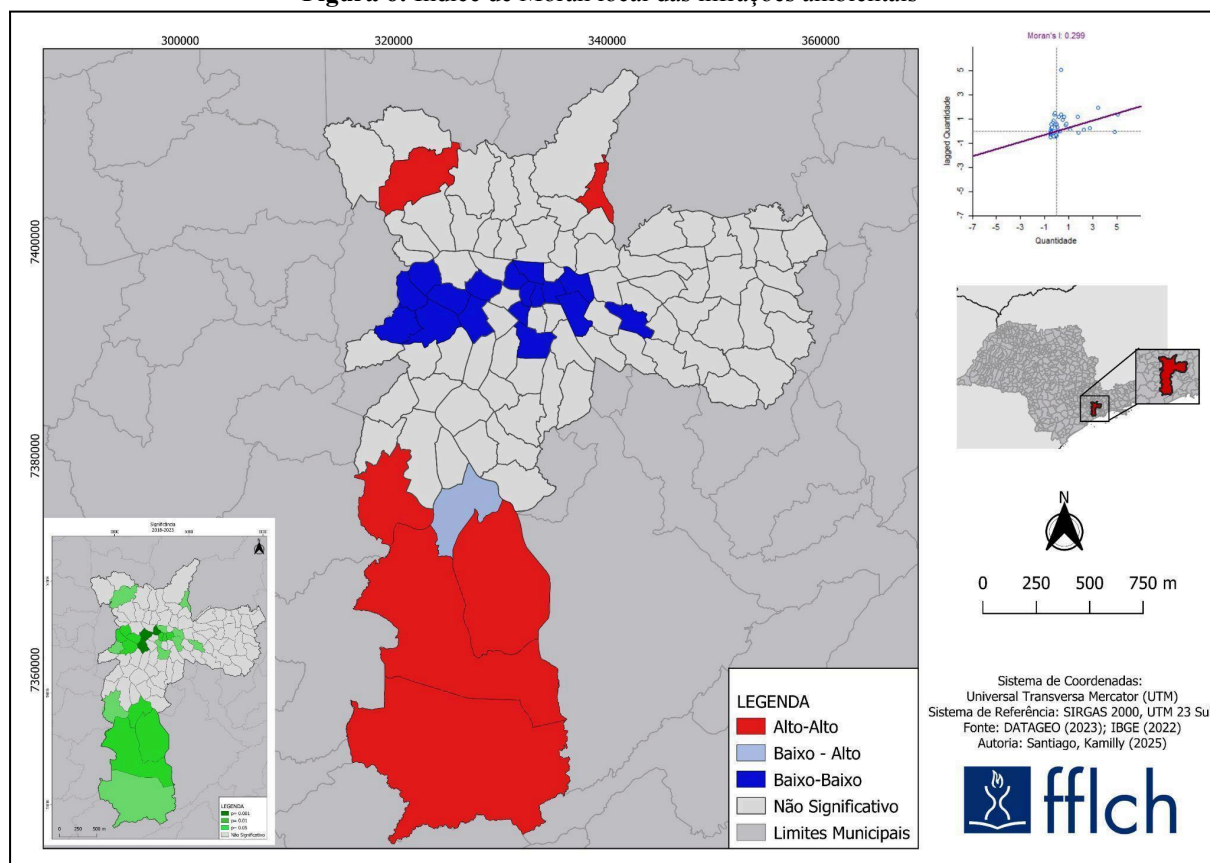
Entre 2019 e 2020, observou-se a concentração de infrações ambientais na zona leste, representada pelos distritos de Iguatemi, Guaianases e Itaquera, adjacentes à APA Parque e Fazenda do Carmo e aos Parques Lineares Guaratiba e Limoeiro, ainda em fase de estudo. Em 2021, as ocorrências estão situadas na zona noroeste, especificamente nos distritos de Anhanguera e São Domingos, no Parque Anhanguera e na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Mutinga, enquanto, em 2022, as infrações ambientais estão localizadas na zona norte, especificamente em Tremembé e, por fim, em 2023, na zona sul, particularmente em Parelheiros e Grajaú.

### 5.3 Índice de Moran local

Vale apontar que durante todo o período analisado (2018-2023) os *clusters* positivos (Alto-Alto) estão situados na zona sul, destacados por Marsilac, Parelheiros, Grajaú, Cidade Ademar e Jardim Ângela, com valores de p-valor de 0,01 e 0,05, o que demonstra alta e moderada significância. Enquanto os *clusters* negativos (Baixo-Baixo) estão distribuídos na área central, caracterizada por elevada urbanização, verticalização e baixa cobertura vegetal,

com apenas 4,39 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 16,47% (São Paulo, 2020). Por fim, o Gráfico de Dispersão apresentou o valor de I de Moran = 0,299, o que revela autocorrelação moderada, isto é, quando há valores altos próximos de unidades que também apresentam valores altos (Figura 6).

**Figura 6:** Índice de Moran local das infrações ambientais



Fonte: DATAGEO (2023) e IBGE (2022). Elaboração própria.

## 6. DISCUSSÃO

### 6.1 Uso e ocupação da terra

Segundo a Tabela 3, a Área Não Vegetada é a categoria de uso e ocupação da terra que predomina no município, com 90.768,8 hectares (59,7%), que inclui as subclasses de área urbanizada, definidas pela intensa concentração de infraestruturas, edificações e estradas, bem como outras áreas não vegetadas, correspondentes a superfícies naturais com solo exposto resultantes da expansão urbana (MapBiomias, 2024).

**Tabela 3:** Distribuição das infrações ambientais por categoria de uso e ocupação da terra

<i>Categorias</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>% da área</i>	<i>n° de infrações</i>	<i>% de infrações</i>
<i>Área Não Vegetada</i>	90.768,8	59,7	1.464	56,5
<i>Floresta</i>	41.057,7	27,0	798	30,8
<i>Agropecuária</i>	12.895,2	8,5	328	12,7
<i>Corpos D'água</i>	5.913,2	3,9	2	0,08
<i>Vegetação Herbácea e Arbustiva</i>	1.484,0	1,0	0	0
<b>TOTAL</b>	152.118,9	100	2.592	100

Fonte: DATAGEO (2023) e MapBiomias (2023). Elaboração própria.

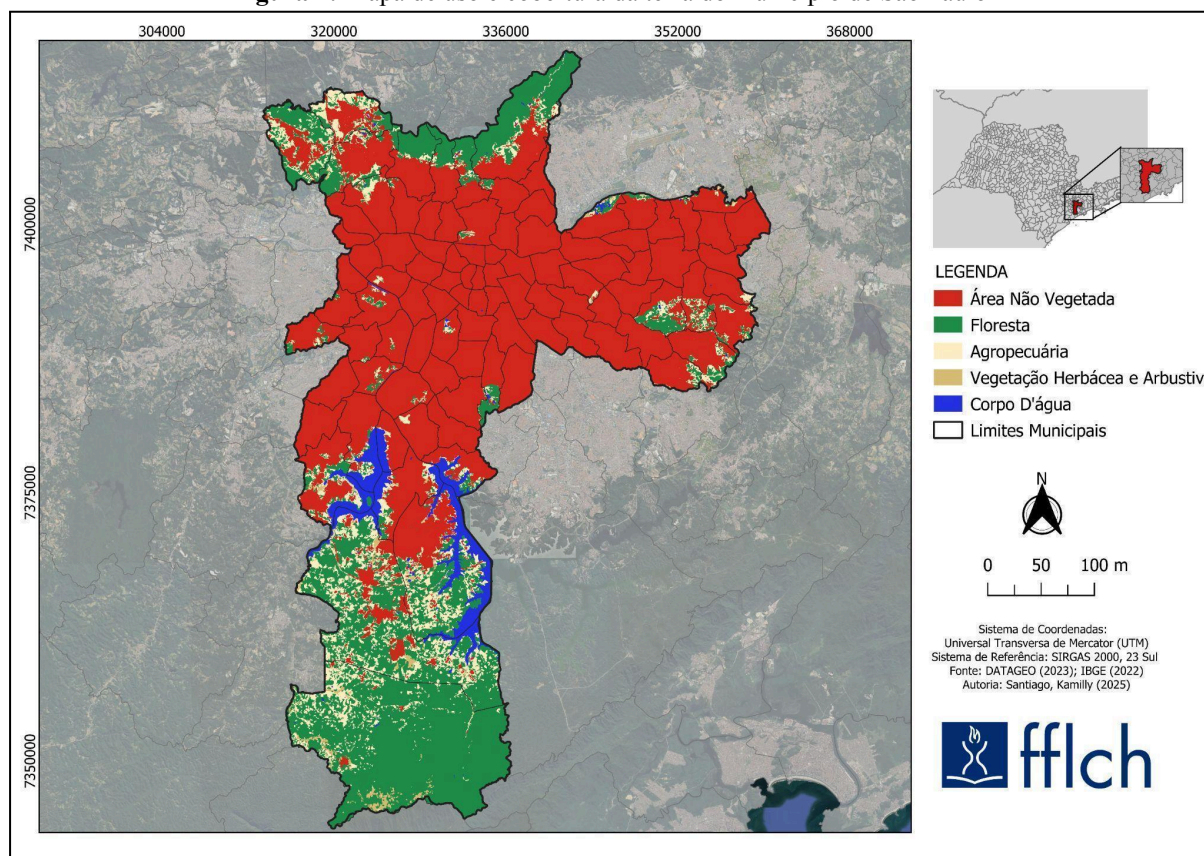
Mais da metade das infrações ambientais ocorreu em Área Não Vegetada, totalizando 1.464 ocorrências (56,5%). Esse resultado está diretamente relacionado à configuração do território e ao padrão histórico de uso e ocupação, impulsionado pelos processos de urbanização e industrialização. Apesar da ampla extensão da mancha urbana, ainda é possível identificar elementos do meio físico em áreas classificadas como não vegetadas, nas quais pode ocorrer a supressão isolada de exemplares arbóreos, situação comum nas zonas urbanas.

Encontra-se, na posição subsequente, em nível de predominância no território, a categoria de Floresta, com 41.057,7 hectares (27%), formada pelas subclasses de formação florestal, caracterizadas pela presença de espécies arbóreas e dos diferentes subtipos do bioma Mata Atlântica, concentrados principalmente na zona sul do município (MapBiomias, 2024). Verificou-se que 30,8% das infrações ambientais recaem nessa categoria, a qual abrange áreas protegidas de especial interesse para a conservação.

A categoria Agropecuária agrupa as subclasses de mosaico de usos e de outras lavouras temporárias. A primeira corresponde a áreas onde não foi possível diferenciar pastagens de áreas agrícolas, e a segunda, a porções ocupadas por cultivos agrícolas de curta ou média duração (MapBiomias, 2024). Nessa categoria, foram registradas 12,7% das infrações ambientais.

Cabe mencionar que o município de São Paulo não apresenta atividade agropecuária de maneira expressiva, sendo que parte dessas áreas coincide com a zona rural prevista no PDE. Além disso, essa característica configura uma limitação na interpretação dos dados, considerando que a classificação adotada pelo MapBiomias é realizada em nível nacional, o que pode resultar na identificação de áreas agropecuárias em diferentes contextos territoriais.

Por fim, a classe Corpos d'Água, que abriga rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos hídricos, possui apenas 3,9% de extensão total e totaliza menos de 1% das infrações, condizente com o percentual de distribuição no território (Figura 7).

**Figura 7:** Mapa de uso e cobertura da terra do município de São Paulo

**Fonte:** MapBiomias (2023) e IBGE (2022). Elaboração própria.

A análise conjunta do EDK, do I de Moran local e do uso e da ocupação da terra evidenciou a concentração de infrações ambientais, principalmente nas porções sul, norte, noroeste e leste do município. Os pontos quentes identificados pela EDK coincidem com os *clusters* positivos do I de Moran local para a totalidade dos dados, situados, em sua maioria, na zona sul, o que demonstra que as ocorrências não apresentam um padrão aleatório. Mais da metade das infrações ambientais está situada em Área Não Vegetada, o que é proporcional à dimensão territorial dessa classe no município e à significativa influência das atividades humanas.

## 6.2 Variáveis Ambientais

Observou-se que 808 (31,2%) infrações ambientais ocorreram diretamente em remanescentes da Mata Atlântica, percentual que, embora relativamente baixo, é condizente com o observado no município, o que se deve ao padrão histórico de uso e ocupação do território, desenvolvido sem planejamento adequado (Tabela 4). Verifica-se a incidência de ocorrências nos distritos administrativos de Parelheiros e Grajaú, localidades que possuem

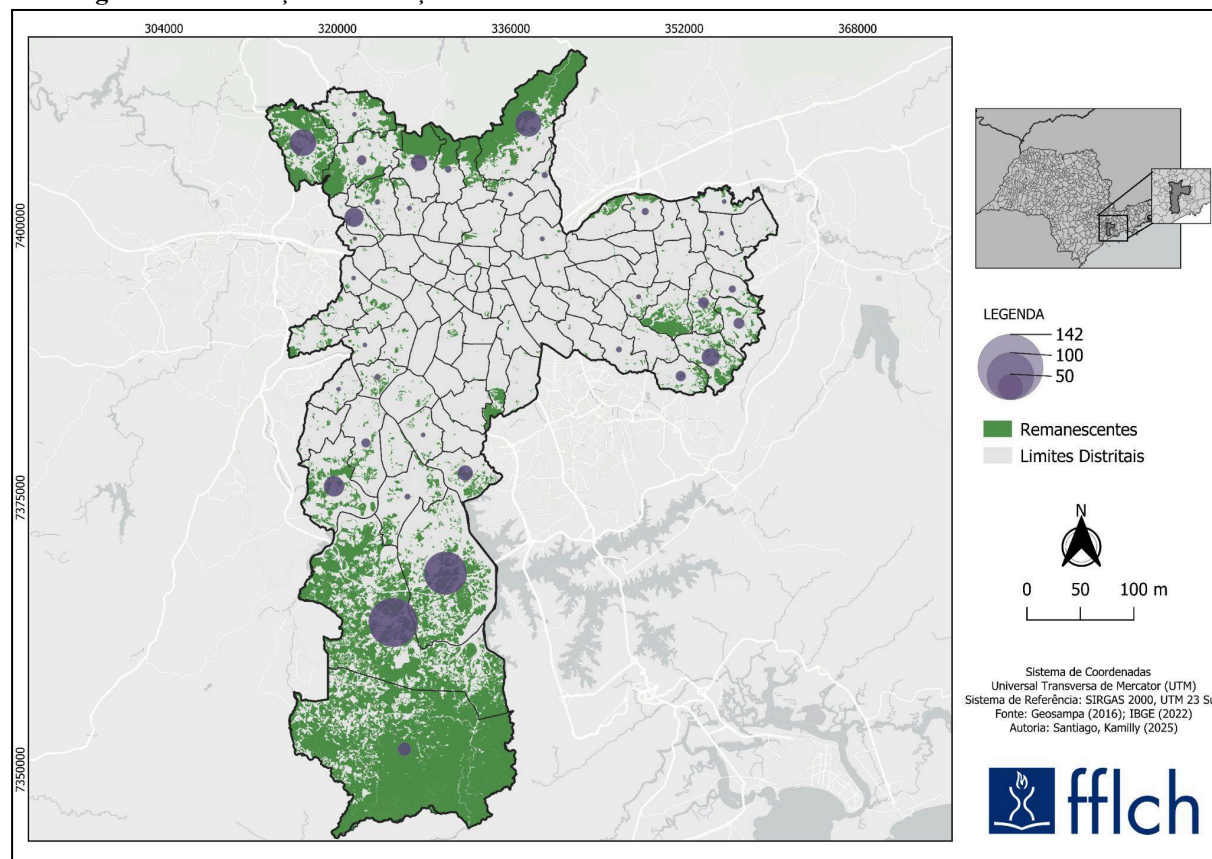
importantes remanescentes do bioma de Mata Atlântica (Figura 8). Vale mencionar que, nas infrações contra a flora, quando inseridas em áreas protegidas, como em APA, APRM ou remanescentes do bioma de Mata Atlântica, as multas são valoradas, considerando o valor paisagístico e ambiental dessas porções.

**Tabela 4:** Infrações ambientais em remanescentes do Bioma de Mata Atlântica

<i>Ano</i>	<i>n° de infrações em remanescentes</i>	<i>% sobre remanescentes</i>	<i>% sobre total geral</i>
2018	156	19,3	6,0
2019	89	11,0	3,4
2020	140	17,3	5,4
2021	263	32,5	10,1
2022	125	15,5	4,8
2023	35	4,3	1,4
<b>TOTAL</b>	<b>808</b>	<b>100</b>	<b>31,2</b>

Fonte: DATAGEO (2023) e Geosampa (2016). Elaboração própria.

**Figura 8:** Distribuição das infrações ambientais em áreas remanescentes do bioma de Mata Atlântica



Fonte: DATAGEO (2023), IBGE (2022) e GeoSampa (2016). Elaboração própria.

Os remanescentes do bioma de Mata Atlântica no município são, na sua maioria, compostos por fragmentos isolados e desconectados. A pressão antrópica relacionada à existência de loteamentos irregulares e à abertura de novos lotes favorece a fragmentação dos

habitats, o surgimento de clareiras, alterações microclimáticas, a elevação da temperatura superficial, o que resulta na desregulação térmica local.

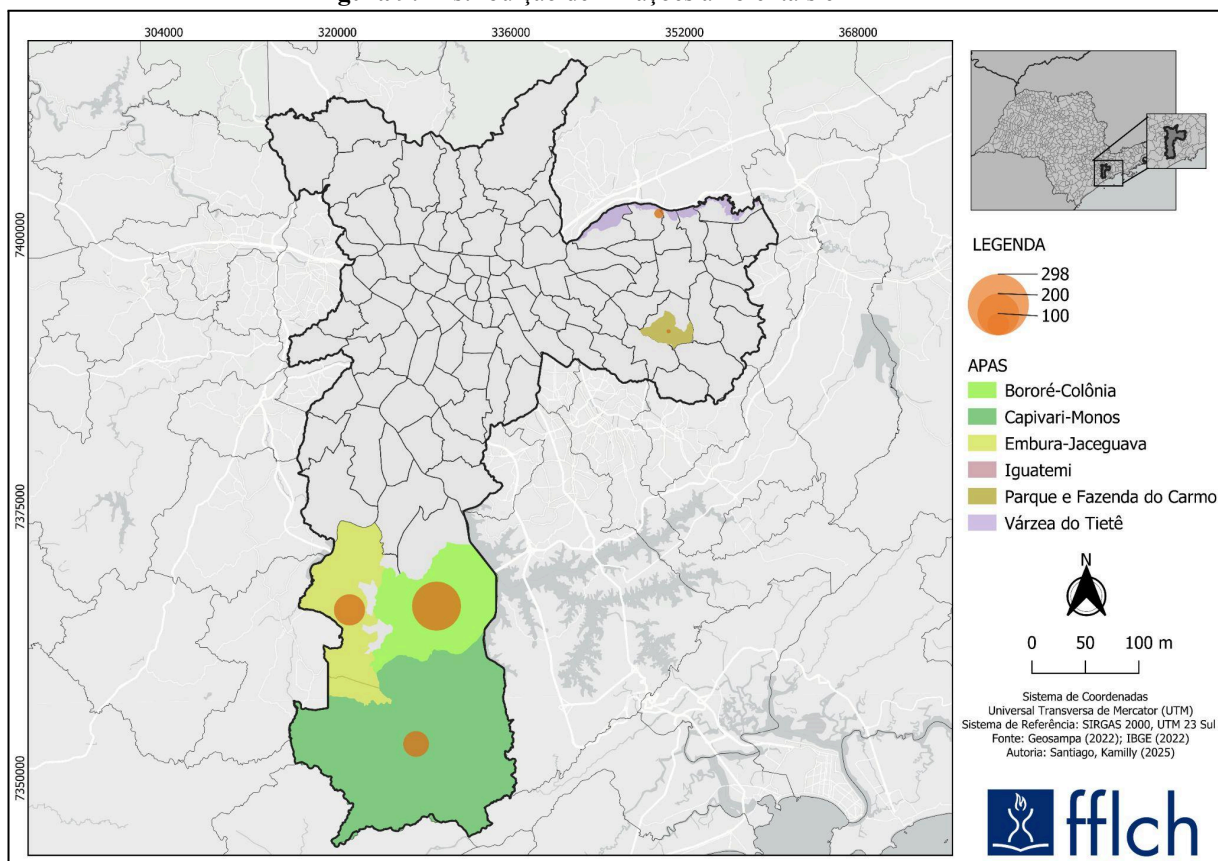
A Tabela 5 evidencia as infrações ambientais registradas nas Áreas de Proteção Ambiental (APA), totalizando 547 ocorrências (21,1%) ao longo de todo o período analisado. O maior número de ocorrências está no interior da APA Bororé-Colônia, com 298 casos (11,5%), seguida pela APA Embura-Jaceguava, com 129 casos (5,0%), e pela APA Capivari-Monos, com 91 casos (3,5%). Os percentuais relativamente baixos podem indicar a presença de monitoramento, fiscalização e conservação no interior das áreas protegidas do município, apesar de haver pressão antrópica em seu entorno.

**Tabela 5:** Infrações ambientais inseridas em APA

<i>Ano</i>	<i>n° de infrações sobre APA</i>	<i>% sobre APA</i>	<i>% sobre o total geral</i>
<i>Bororé-Colônia</i>	298	54,5	11,5
<i>Embura-Jaceguava</i>	129	23,6	5,0
<i>Capivari-Monos</i>	91	16,6	3,5
<i>Várzea do Tietê</i>	18	3,3	0,7
<i>Parque e Fazenda do Carmo</i>	11	2,0	0,4
<b>TOTAL</b>	547	100	21,1

**Fonte:** DATAGEO (2023) e GeoSampa (2022). Elaboração própria.

A Figura 9 mostra que, assim como no mapa de incidência de infrações em remanescentes de Mata Atlântica, as infrações se concentram nos distritos de Grajaú, Parelheiros e Marsilac, indicando as áreas mais vulneráveis às ocorrências ambientais.

**Figura 9:** Distribuição de infrações ambientais em APA

**Fonte:** DATAGEO (2023), IBGE (2022) e GeoSampa (2022). Elaboração própria.

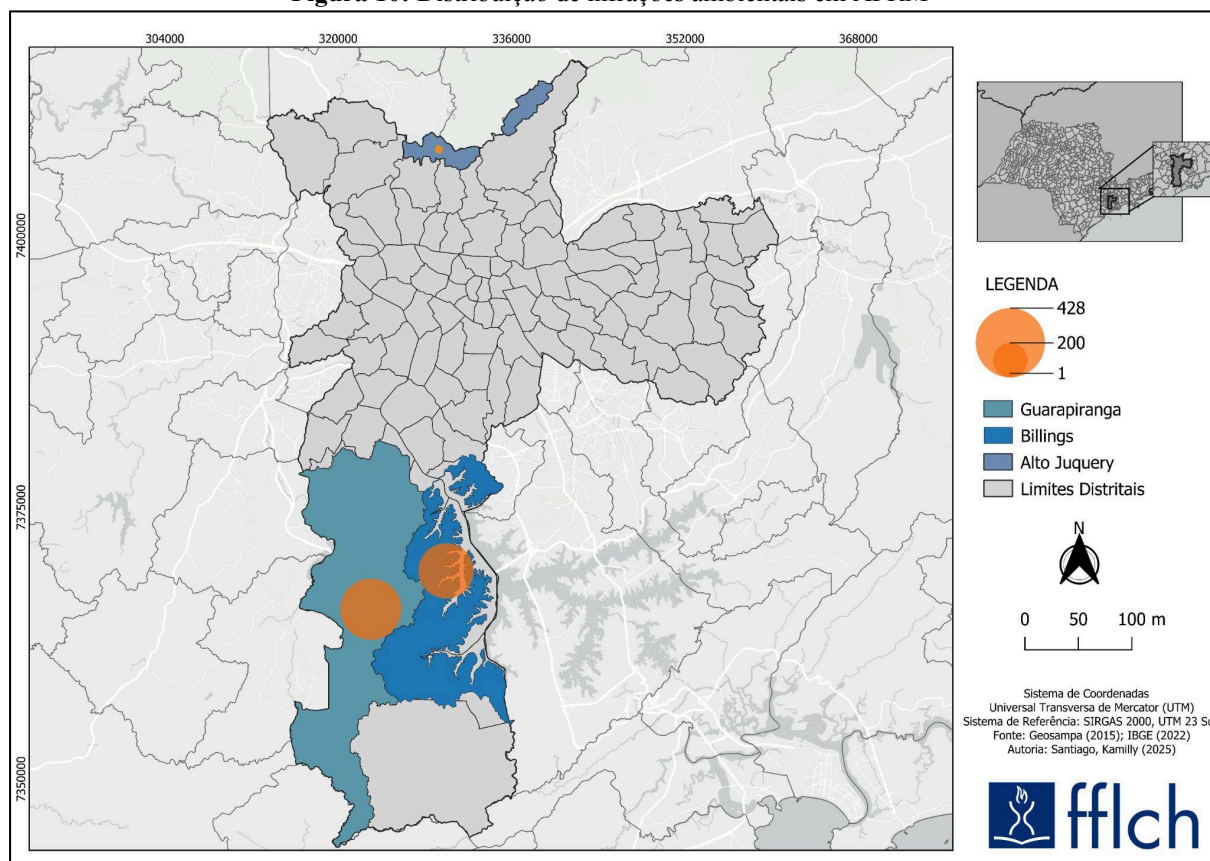
É importante pontuar que as APAs são Unidades de Conservação de Uso Sustentável, ou seja, podem admitir certo grau de intervenção humana desde que esteja de acordo com as diretrizes da legislação ambiental federal, estadual e municipal vigente, como a realização de pesquisas científicas e a visitação, conforme estabelece a Lei Federal nº9.985/2000, que define o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

Foram registradas 813 infrações em APRM, o que corresponde a 31,4% do total geral. Os maiores valores concentram-se nas APRMs Guarapiranga, com 428 infrações (16,5%), e Billings, com 384 (47,2%) (Tabela 6). Estão localizadas nos distritos de Parelheiros e Grajaú, evidenciando o padrão espacial de concentração nesses territórios (Figura 10).

**Tabela 6:** Infrações ambientais inseridas em APRM

<b>APRM</b>	<b>n° de infrações sobre APRM</b>	<b>% sobre APRM</b>	<b>% sobre o total geral</b>
<i>Guarapiranga</i>	428	52,6	16,5
<i>Billings</i>	384	47,2	14,8
<i>Juquery</i>	1	0,1	0,04
<b>TOTAL</b>	813	100	31,4

Fonte: DATAGEO (2023) e GeoSampa (2015). Elaboração própria.

**Figura 10:** Distribuição de infrações ambientais em APRM

Fonte: DATAGEO (2023), IBGE (2022) e GeoSampa (2015). Elaboração própria.

A intervenção humana nessas áreas protegidas favorece a degradação dos cursos d'água e compromete a qualidade dos ecossistemas vinculados à proteção hídrica. A intervenção e remoção da cobertura vegetal reduzem a capacidade de infiltração de água, o que aumenta o assoreamento dos cursos d'água.

### 6.3 Parâmetro Urbanístico

A relação entre infrações e a legislação urbanística, mais especificamente o zoneamento do município, foi analisada com base no agrupamento dos territórios definidos pela LPUOS. Conforme a Tabela 7, verificou-se que 701 infrações (27%) ocorreram na Zona Especial de Proteção Ambiental (ZEPAM), cujo objetivo é a conservação dos remanescentes do bioma Mata Atlântica, da vegetação significativa e das nascentes. Essa zona também inclui os parques urbanos e naturais, que visam à conservação da diversidade biológica, ao controle da erosão e das inundações.

**Tabela 7:** Distribuição de infrações ambientais em territórios de preservação

<i>Zona</i>	<i>n° de infrações</i>	<i>%</i>	<i>% sobre o total geral</i>
ZEPAM	701	60,4	27,0
ZPDS, ZPDSr	367	31,6	14,2
ZPR, ZERa, ZER-1	61	5,5	2,4
ZEP	29	2,5	1,1
<b>TOTAL</b>	1161	100	44,8

Fonte: DATAGEO (2023) e GeoSampa (2024). Elaboração própria.

Seguem-se a Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável (ZPDS), localizada na zona urbana, e a Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável da Zona Rural (ZPDSr), voltadas à manutenção das atividades econômicas, como a agricultura, a extração mineral e o turismo, o que totaliza apenas 14,2%.

As demais zonas incluem: a Zona Predominantemente Residencial (ZPR), que possui densidade construtiva e demográfica relativamente baixas; a Zona Exclusivamente Residencial Ambiental (ZERa), em que predominam os lotes grandes situados na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental; a Zona Exclusivamente Residencial 1 (ZER-1), possui lotes médios; e a Zona Especial de Preservação (ZEP), formada por partes do território direcionadas aos parques estaduais, Unidades de Conservação e parques naturais. Essa zona tem como finalidade a proteção dos sistemas ecológicos, admitindo somente a investigação científica, ecoturismo e ações de educação ambiental, e, quando somadas, representam apenas 3,5% do território.

Pode-se constatar que as infrações ambientais predominam na ZEPAM, voltada à preservação e gestão integrada dos recursos ambientais, o que indica que a intervenção humana ocorre em desacordo com a legislação ambiental vigente. Além disso, apesar de ser permitido na ZPDS e ZPDSr o estabelecimento de atividades econômicas, verifica-se que não

há conciliação entre proteção e exploração, tendo em vista a elevação da pressão sobre essas áreas.

A Tabela 8 mostra que 23% das infrações estão concentradas nas Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) 1 a 5 e na Zona de Centralidade Lindeira à ZEIS (ZC-ZEIS). As ZEIS correspondem a áreas reservadas para garantir habitação adequada a grupos de baixa renda, por meio da regularização fundiária, da recuperação ambiental de assentamentos precários e irregulares e da implantação de Habitação de Interesse Social (HIS). Cada categoria da ZEIS possui características próprias relacionadas à promoção da habitação social e à regularização fundiária.

**Tabela 8:** Distribuição de infrações ambientais em territórios de qualificação

<i>Zona</i>	<i>n° de infrações</i>	<i>%</i>	<i>% sobre o total geral</i>
<i>ZEIS-1, ZEIS-2, ZEIS-3, ZEIS-4, ZEIS-5, ZC-ZEIS</i>	596	55,5	23,0
<i>ZM, ZMa, ZMISa, ZMIS</i>	257	24,0	9,9
<i>ZPI-1, ZPI-2, ZDE-2</i>	157	14,6	6,1
<i>ZC, ZCa</i>	54	5,0	2,1
<i>ZCOR-2, ZCOR-3</i>	7	0,7	0,3
<i>ZOE</i>	2	0,2	0,1
<b>TOTAL</b>	1073	100	41,4

**Fonte:** DATAGEO (2023) e GeoSampa (2024). Elaboração própria.

É importante mencionar que, nas ZEIS 2, 3, 4 e 5, as habitações localizadas em áreas completamente preenchidas por remanescentes do bioma de Mata Atlântica ou situadas integralmente em APP não são passíveis de regularização, conforme estabelecido no Art. 45, inciso V, § 2º, do PDE.

A Zona Mista (ZM), a Zona Mista Ambiental (ZMa), a Zona Mista de Interesse Social Ambiental (ZMISa) e a Zona Mista de Interesse Social (ZMIS) registram apenas 9,9% das ocorrências ambientais. Nessas zonas predomina a coexistência de usos residenciais e não residenciais.

O restante das infrações ambientais somadas resulta em apenas 8,6%, localizadas sobretudo em áreas industriais. Isso sugere que a menor incidência nessas porções pode indicar cobertura vegetal pouco expressiva, menor impacto potencial e/ou à ausência de fiscalização.

As ocorrências estiveram concentradas, especialmente, em zonas de maior vulnerabilidade social e urbanística, como é o caso das ZEIS, onde há assentamentos precários em desconformidade com a regularização fundiária. Isso evidencia que as

intervenções contra a flora estão associadas a processos de desigualdade socioeconômica e a padrões de moradia que não atendem à legislação urbanística vigente.

A Tabela 9 apresenta os territórios de transformação, que visa o adensamento das moradias e populacional, mediante o incentivo das atividades econômicas, no qual registrou as menores incidências de infrações, correspondendo a apenas 1,9% do total, compreendendo a Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana (ZEU), inserida na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana, Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto (ZEUP), Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana Previsto (ZEMP) e a Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto Ambiental (ZEUPa), localizadas nas Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental.

**Tabela 9:** Distribuição de infrações ambientais em territórios de transformação

<i>Zona</i>	<i>n° de infrações</i>	<i>%</i>	<i>% sobre o total geral</i>
<i>ZEU</i>	33	68,8	1,3
<i>ZEUP</i>	9	18,8	0,3
<i>ZEMP, ZEUPa</i>	6	12,5	0,2
<b>TOTAL</b>	48	100	1,9

Fonte: DATAGEO (2023) e GeoSampa (2024). Elaboração própria.

### 6.3.1 Loteamento Irregular e renda

No período analisado, existem 1.918<sup>3</sup> loteamentos irregulares, dos quais 126 registraram infrações, sendo que 18,3% das infrações ambientais estão localizadas nessas áreas, estando 11,4% em loteamentos com renda de até 6 salários mínimos, 5,7% em áreas com renda superior a 6 salários mínimos e 2,1% sem informação de renda (Tabela 10).

**Tabela 10:** Número de infrações ambientais em loteamentos irregulares segundo a faixa de renda

<i>Renda</i>	<i>n° de infrações</i>	<i>%</i>	<i>% sobre o total geral</i>
<i>Até 6 salários mínimos</i>	295	62,1	11,4
<i>Maior que 6 salários mínimos</i>	147	30,9	5,7
<i>Sem informação</i>	33	6,9	1,3
<b>TOTAL</b>	475	100	18,3

Fonte: DATAGEO (2023) e HabitaSampa (2023). Elaboração própria.

Esses dados, embora baixos, sugerem que as ocorrências ambientais, representadas pela retirada da vegetação e pela supressão de exemplares arbóreos, podem estar associadas à

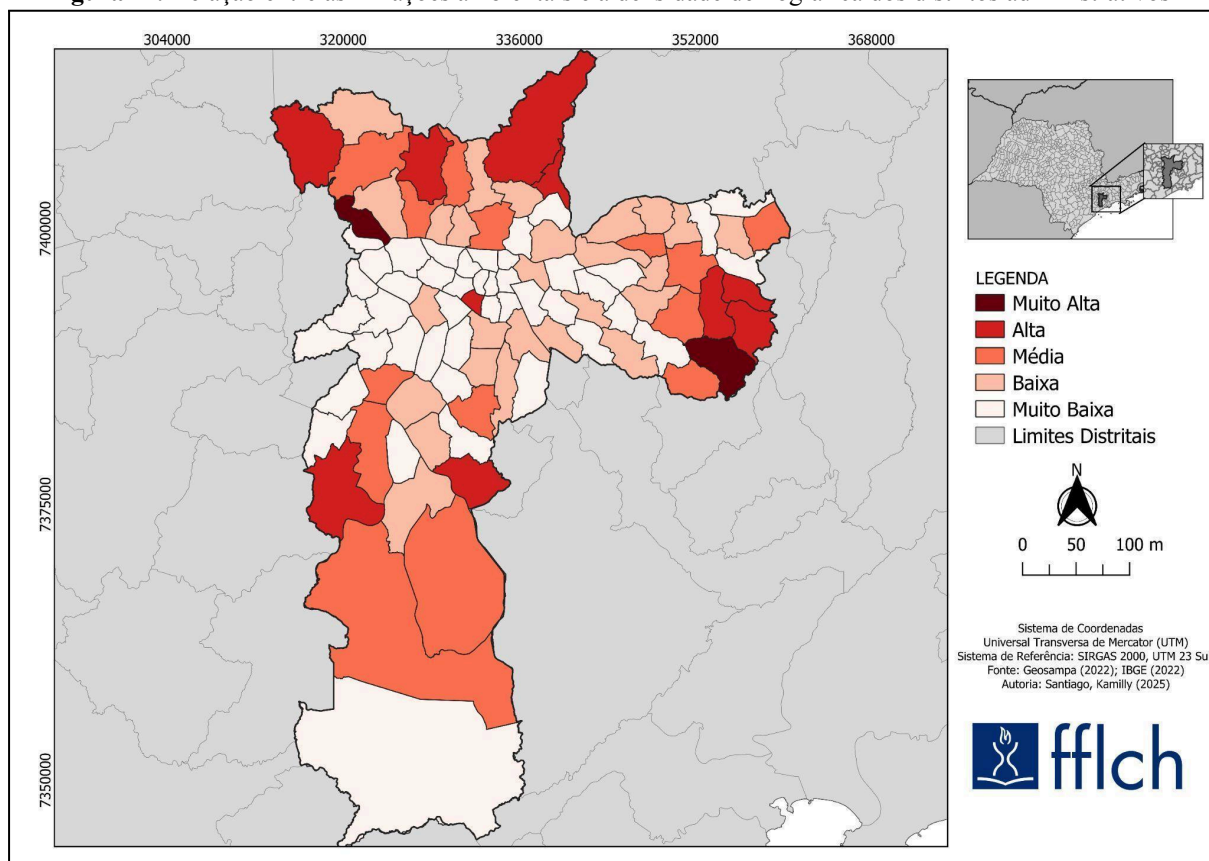
<sup>3</sup> Esse valor foi obtido a partir da análise da tabela de atributos da base cartográfica de loteamentos irregulares, disponibilizada no HabitaSampa (2023), por meio dos procedimentos de filtragem e contagem realizados no software QGIS.

abertura de novos lotes. É relevante pontuar que o Plano Municipal de Habitação de São Paulo, relacionado ao Projeto de Lei Municipal nº619/16, considera para as medidas de regularização fundiária os loteamentos irregulares cuja renda média mensal do chefe da família é inferior a 6 salários mínimos.

#### **6.4 Variáveis socioeconômicas**

A Figura 11 evidencia a relação entre infrações ambientais e densidade demográfica, mostrando que os distritos administrativos com taxas Muito Alta, como Iguatemi e São Domingos, estiveram entre os 10 com maior incidência de infrações, mesmo possuindo áreas menores em comparação às demais. As classificações Alta e Média concentram-se sobretudo nas extremidades do município. Nessas localidades, a densidade demográfica elevada associada ao adensamento urbano, somada à ausência de atuação efetiva do poder público, favorece o surgimento de construções irregulares, o que, por sua vez, provoca danos à vegetação de especial preservação.

É relevante mencionar que, apesar de Parelheiros e Grajaú apresentarem baixa relação entre a incidência de infrações ambientais e a densidade demográfica, ambos estão entre os 10 distritos com maior número de infrações, por conta da presença de áreas cobertas por remanescentes de Mata Atlântica, o que evidencia que a densidade demográfica não é, isoladamente, um fator explicativo para determinar as ocorrências.

**Figura 11:** Relação entre as infrações ambientais e a densidade demográfica dos distritos administrativos

**Fonte:** DATAGEO (2023), IBGE (2022) e Geosampa (2022). Elaboração própria.

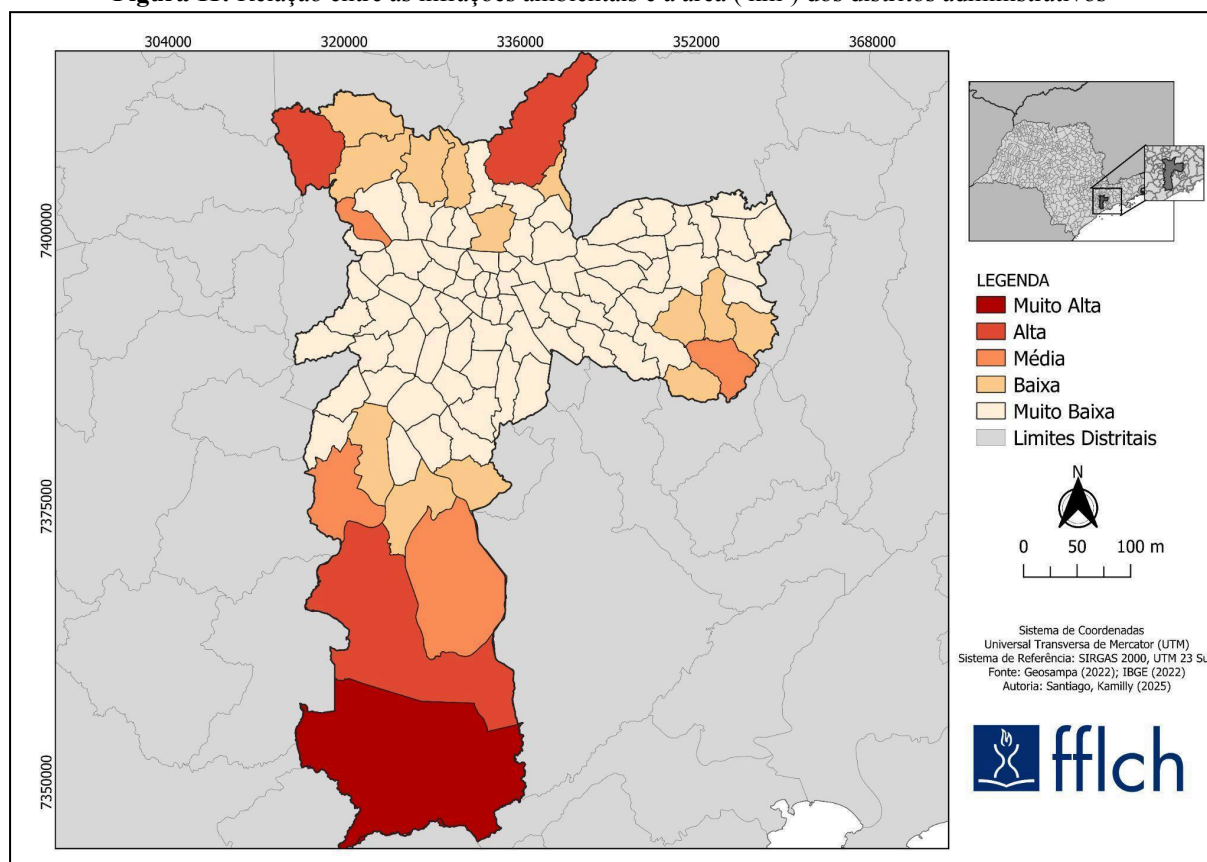
Os valores Baixa e Muito Baixa predominam na área central e na zona oeste, além de ocorrerem em alguns distritos da zona leste. O distrito de Marsilac ganha destaque, pois, apesar de sua ampla extensão territorial e da presença de vegetação, não apresentou relação significativa entre a densidade demográfica e as infrações ambientais, sendo o distrito administrativo com a menor população.

De maneira comparativa à EDK, observa-se um padrão semelhante na concentração de infrações nas extremidades do município. A densidade demográfica constitui um fator explicativo da distribuição de atos contra a flora, embora não determine, sozinha, a incidência nas áreas verificadas.

A Figura 12 evidencia a relação entre a extensão territorial dos distritos administrativos, em km<sup>2</sup>, e a incidência de infrações ambientais. Quando comparada à extensão territorial, Marsilac apresenta a classificação Muito Alta, pois ocupa 13,7% da área total do município (Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2016). Em seguida, com classificação Alta, notam-se os distritos de Parelheiros e Tremembé, que correspondem ao segundo e ao

quarto maior distrito em extensão territorial (São Paulo, 2019; São Paulo; 2020). Dessa forma, entende-se que a extensão territorial pode favorecer o surgimento de danos à flora.

**Figura 11:** Relação entre as infrações ambientais e a área (km<sup>2</sup>) dos distritos administrativos



**Fonte:** DATAGEO (2023), IBGE (2022) e Geosampa (2022). Elaboração própria.

As áreas classificadas como Média ou Baixa concentram-se predominantemente nas extremidades do município, enquanto a categoria Muito Baixa ocorre na zona oeste, na área central e em porções da zona leste, que correspondem aos distritos administrativos com menores extensões territoriais, com exceção do distrito de Anhanguera, que esteve entre os 10 distritos que mais registraram infrações ambientais.

Apesar de não refletir plenamente o contexto social atual, o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS), baseado no Censo de 2010, ainda fornece uma referência útil para a interpretação da configuração socioeconômica e territorial do município. Diante disso, a Tabela 11 demonstra que a maior incidência de infrações ocorreu no grupo de situação socioeconômica média e de vulnerabilidade muito baixa, com 1.174 registros (45,3%), correspondentes ao Grupo 2. Verificam-se a ausência de infrações no Grupo 6, situação socioeconômica baixa e vulnerabilidade muito alta e o menor número de ocorrências no Grupo 1, com apenas 83 registros (3,2%). Ao agrupar os Grupos 2 e 3, verifica-se um total de

1.578 ocorrências (60,9%), correspondentes às categorias de vulnerabilidade baixa e muito baixa.

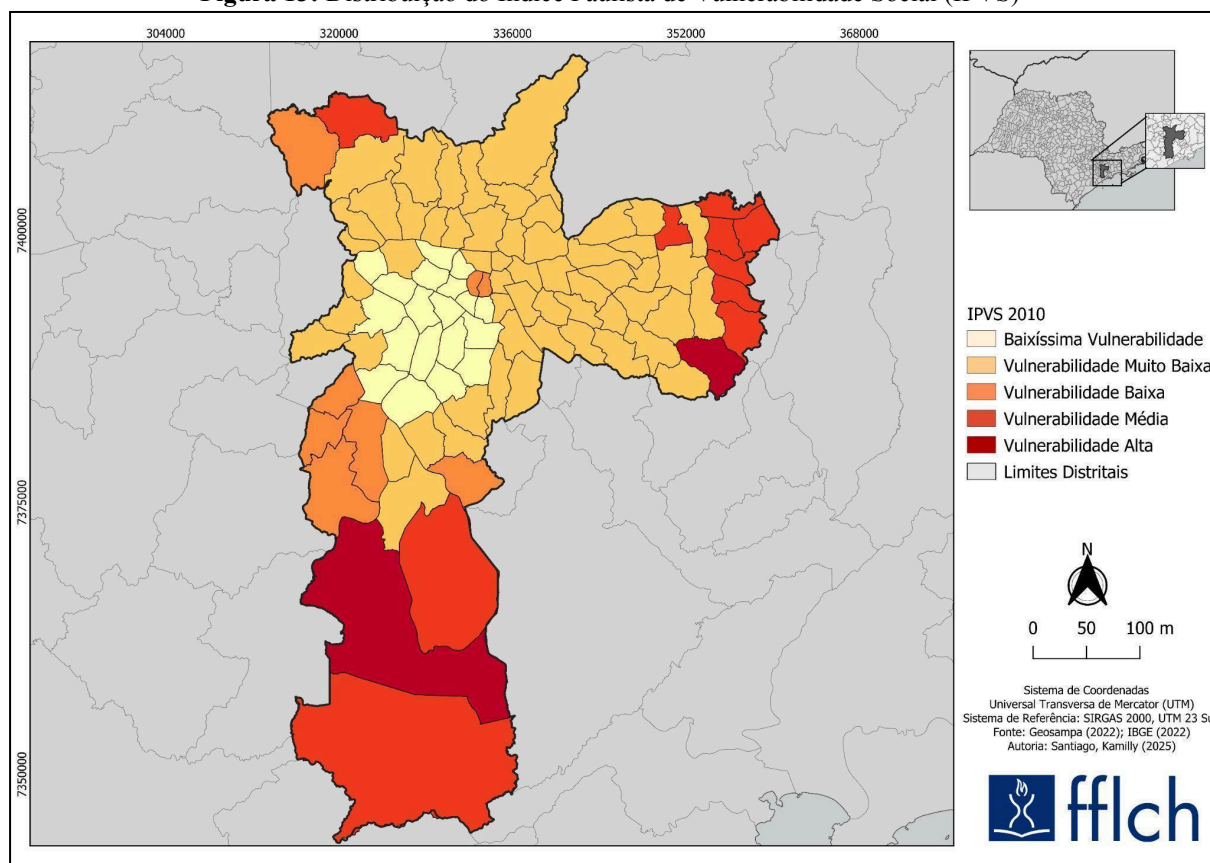
**Tabela 11:** Relação das infrações ambientais com o IPVS

<i>Grupos</i>	<i>Situação Socioeconômica</i>	<i>IPVS2010</i>	<i>n° de infrações</i>	<i>(%)</i>
1	Muita Alta	Baixíssima Vulnerabilidade	83	3,2
2	Média	Vulnerabilidade Muito Baixa	1.174	45,3
3	Média	Vulnerabilidade Baixa	404	15,6
4	Baixa	Vulnerabilidade Média	427	16,5
5	Baixa	Vulnerabilidade Alta	504	19,4
6	Baixa	Vulnerabilidade Muito Alta	0	0,0
<b>TOTAL</b>			2.592	100

**Fonte:** Geosampa (2010). Elaboração própria.

A Figura 13 mostra que a vulnerabilidade alta (Grupo 5), associada à condição socioeconômica baixa, predomina nos distritos de Parelheiros e Iguatemi, que apresentaram relação com a extensão territorial e a densidade demográfica, respectivamente. Já a vulnerabilidade média é mais frequente nas zonas sul, leste e noroeste do município, áreas que também concentram remanescentes do bioma Mata Atlântica (Figura 8).

**Figura 13:** Distribuição do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)



**Fonte:** Geosampa (2010) e IBGE (2022). Elaboração própria.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das infrações ambientais entre 2018 e 2023 evidencia oscilações temporais, com tendência de queda em 2022-2023. Com base nas análises espaciais, especificamente na EDK e no Índice de Moran local, revelou-se concentração nas extremidades do município, compostas por importantes áreas protegidas cobertas por remanescentes do bioma Mata Atlântica, bem como menor incidência na área central, o que sugere que as infrações ambientais não estão distribuídas de forma aleatória no território.

Em relação à tipologia das infrações, cerca de 40% das ocorrências ambientais estão relacionadas aos danos cometidos à vegetação de especial preservação, conforme estipulado pelo Decreto Federal nº6.514/2008. Ademais, metade das infrações (56,5%) está associada a danos à flora em áreas classificadas como Não Vegetadas, o que reflete o processo histórico de urbanização e ocupação do município e também constata a presença de meio físico nessas porções.

No que diz respeito ao padrão urbanístico, verificou-se incidência expressiva na ZEPAM e nas ZEIS, o que indica conflitos tanto em áreas destinadas à preservação quanto em áreas voltadas à habitação social. Além disso, as variáveis relacionadas à densidade demográfica, extensão territorial dos distritos administrativos e condições socioeconômicas colaboram na concentração de ocorrências nas extremidades do município, porém não permitem isoladamente explicar a incidência nessas áreas. Tal dinâmica pode estar associada à presença de assentamentos precários, como loteamentos irregulares, e à abertura de novos lotes.

Constata-se que a distribuição das infrações ambientais apresenta um caráter multicritério; isto é, a dinâmica territorial, aliada ao histórico de ocupação e às desigualdades socioambientais, desempenha papel central no padrão observado no município. Por fim, os resultados obtidos buscam orientar o monitoramento e a fiscalização nesses territórios sob pressão antrópica, por meio da identificação de áreas prioritárias, com o intuito de mitigar a degradação ambiental, a perda de habitats e o agravamento da crise climática.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, S. *et al.* **Alarming patterns of mature forest loss in the Brazilian Atlantic Forest.** *Nature Sustainability*, v. 8, p. 256–264, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-025-01508-w>.

ANSELIN, L. **Exploring Spatial Data with GeoDa: A Workbook.** Urbana, IL: Spatial Analysis Laboratory, Department of Geography, University of Illinois, 2005.

ANSELIN, L. **Local indicators of spatial association - LISA.** *Geographical Analysis*, Columbus, v.27, n. 2, p. 93-115, 1995. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.

ANSELIN, L. **The Moran scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association.** In: FISCHER, M.; SCHOLTEN, H. J.; UNWIN, D. (Ed.). *Spatial analytical perspectives on GIS in environmental and socio-economic sciences.* Londres: Taylor & Francis, 1996. p. 111–125.

ANSELIN, L.; GETIS, A. **Spatial statistical analysis and geographic information.** In: ANSELIN, L.; Rey, S.(Ed.). *Perspectives on Spatial Data Analysis.* 2010. p. 35–49.

ANSELIN, L. *et al.* **Spatial analyses of crime.** *Measurement and analysis of crime and justice. Criminal Justice*, v. 4, p. 213–262, 2000.

BALTRUSIS, N. **O mercado imobiliário informal em favelas na região metropolitana de São Paulo: o caso de Guarulhos.** *Cadernos Metr pole*, n. 11, p. 107–136. 2004. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/8816/6537>. Acesso em: 14 set. 2025.

BARNES, T. J. **Spatial analysis.** In: LIVINGSTONE, J. A. & D. N. (Ed.). *The SAGE Handbook of Geographical Knowledge.* 2011. v. 28p. 381–402.

BRICKNELL, S. **Environmental crime in Australia.** 2010. ISBN 978 1 921532 64 1 (Online). Australian Institute of Criminology. Disponível em: <https://www.aic.gov.au/sites/default/files/2020-05/rpp109.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2025.

BRASIL. **Decreto n 4.340, de 22 de agosto de 2002.** Regulamenta artigos da Lei n 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conserva o da Natureza – SNUC, e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4340.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4340.htm). Acesso em: 07 nov. 2025.

BRASIL. **Decreto n 6.514, de 22 de julho de 2008.** Dispõe sobre as infra o es e san o es administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apura o destas infra o es, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil.* Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm). Acesso em: 10 jul. 2024.

BRASIL. **Lei n 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formula o e aplica o, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil.* Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acesso em: 10 jul. 2024.

BRASIL. **Lei nº9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm). Acesso em: 10 jul. 2024.

BRASIL. **Lei nº9.985, de 18 de julho de 2000.** Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm). Acesso em: 01 nov. 2025.

BRASIL. **Lei nº11.428, de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm). Acesso em: 01 nov. 2025.

BRASIL. **Lei nº12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 15 nov. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Cem anos de devastação: revisitada 30 anos depois.** VICTOR, M. A. M. et al. (Org.). Brasília. 2005.

CHAINEDY, S. **Examining the influence of cell size and bandwidth size on kernel density estimation crime hotspot maps for predicting spatial patterns of crime.** Bulletin of the Geographical Society of Liege, v. 60, p. 7–19, 2013.

CHAINEDY, S.; TOMPSON, L.; UHLIG, S. **The utility of hotspot mapping for predicting spatial patterns of crime.** Security Journal, v. 21, n. 4, p. 4–28, 2008.

CHANG, X. *et al.* **Efficient detection of environmental violators: a big data approach.** Production and Operations Management, v. 30, n. 5, p. 1246–1270, May 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/poms.13272>.

CLIFFORD, M. **Environmental Crime: Enforcement, Policy, and Social Responsibility.** Jones & Bartlett Learning, 1998.

COHEN, S. **Environmental crime and punishment: legal/economic theory and empirical evidence on enforcement of federal environmental statutes.** Journal of Criminal Law and Criminology, v. 82, 1992. Disponível em: <https://scholarlycommons.law.northwestern.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=6725&context=jc>. Acesso em: 8 jun. 2025.

DATAGEO. **Sistema Ambiental Paulista.** Disponível em: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=> Acesso em: 10 jan. 2025.

DEAN, W. **A Ferro e Fogo: A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira.** 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 484 p.

ECK, J. *et al.* **Mapping crime: understanding hot spots.** Washington, DC: U.S. Department of Justice, Office of Justice Programs, National Institute of Justice. 2005. Disponível em: <https://www.ojp.gov/pdffiles1/nij/209393.pdf>. Acesso em: 21 maio 2025

ENVIRONMENTAL INVESTIGATION AGENCY - EIA. **Environmental crime: a threat to our future**. 2008. ISBN 0-9540768-5-0. Disponível em: <https://eia-international.org/wp-content/uploads/reports171-11.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2025.

ESTUPIÑÁN-SILVA, R. **Desafíos y respuestas transnacionales frente a los crímenes ambientales**. Revista de Direito Internacional. 2016. Disponível em: <https://www.corteidh.or.cr/tablas/r36652.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.

GEDAMU, W. T.; PLANK-WIEDENBECK, U.; WODAJO, B. T. **A spatial autocorrelation analysis of road traffic crash by severity using Moran's I spatial statistics: A comparative study of Addis Ababa and Berlin cities**. Accident Analysis & Prevention, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107535>.

GESTÃO URBANA. **Marco Regulatório: Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo – Zoneamento**. Prefeitura de São Paulo. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/zoneamento/>. Acesso em: 01 nov. 2025.

GIBBS, C. *et al.* **Introducing conservation criminology: towards interdisciplinary scholarship on environmental crimes and risks**. British Journal of Criminology, v. 50, n. 1, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1093/bjc/azp045>

GONZÁLEZ, C; URPINA, C. **El análisis geográfico del delito y los mapas de la delincuencia**. Revista de Derecho Penal y Criminología, [S. l.], n. 9, p. 419–448, 2019. Disponível em: <https://revistas.uned.es/index.php/RDPC/article/view/24567>. Acesso em: 02 nov. 2025.

GOODCHILD, M. F. **The current status of GIS and spatial analysis**. Journal of Geographical Systems, v. 2, p. 5–10, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s101090050022>. Acesso em: 1 ago. 2025.

GOYES, D. R.; NARIÑO, A. **Environmental crime in Latin America and Southern Green Criminology**. Department of Criminology and Sociology of Law, University of Oslo; Antonio Nariño University, Colombia, 2021.

HAINING, R. **Spatial Data Analysis: Theory and Practice**. Cambridge University Press, 2003.

HALL, M. **Environmental harm and environmental victims: Scoping out a 'green victimology'**. International Review of Victimology, v. 20, n. 1, p. 129-143, 2014. DOI: 10.1177/0269758013508682.

HU, Y. *et al.* **A spatio-temporal kernel density estimation framework for predictive crime hotspot mapping and evaluation**. Applied Geography, v. 99, p. 89–97, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.08.001>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **São Paulo: Panorama**. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>. Acesso em: 9 ago. 2025.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL – ISA. **Mananciais: diagnóstico e políticas habitacionais**. 2009. Disponível em:

<https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/publications/N4L00008.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2025.

JAMBOZORG, M. *et al.* **Challenges ahead of codification of environmental crime indices as an international crime**. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 12, 2015. DOI: 10.1007/s13762-015-0830-1.

KARPOFF, J. *et al.* **The reputational penalties for environmental violations: empirical evidence**. *Journal of Law and Economics*, v. 48, n. 2, p. 653–675, 2005.

MAPBIOMAS. **Descrição das classes da legenda da coleção 9 do MapBiomias Brasil**. 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/08/Legenda-Colecao-9-Descricao-Detalhada-PDF-PT.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2025.

MAPBIOMAS. **Plataforma MapBiomias**. 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 15 ago. 2025.

PASTERNAK, S. **Loteamentos irregulares no município de São Paulo: uma avaliação espacial urbanística**. *Planejamento e Políticas Públicas*, v. 23, p. 170–183, 2010. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/170/183>. Acesso em: 13 set. 2025.

PEREIRA, V. *et al.* **Análise de dependência espacial da taxa de mortalidade por Covid-19 nos municípios brasileiros**. *Confins [Online]*, n. 52, 2021. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/40509>. Acesso em: 10 mar. 2025.

PILATI, L. C.; LEITE, J. R. M. **Evolução da responsabilidade civil ambiental: 25 anos da Lei nº6.983/81**. In: ROCHA, J. C. C.; HENRIQUES FILHO, T. H. P.; CAZZETA, U. (org.). *Política Nacional do Meio Ambiente: 25 anos da Lei n. 6.938/81*. 1. ed. Belo Horizonte: Del Rey, 2007. p. 259-296.

RODRÍGUEZ MANZANERA, L. **Criminología**. 2. ed. [S.l.]. Pestalozzi, 1981. ISBN 968-432-300-X. Disponível em: <https://yorchdocencia.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/06/criminologic3ada-rodrc3ad-guez-manzanera-luis.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.

ROLNIK, R. São Paulo: **O planejamento da desigualdade**. 2022. São Paulo: Fósforo.

SALAZAR, J. I.; CARPIO-DOMÍNGUEZ, J. L.; VARGAS-OROZCO, C. M. **Mapas delictivos y análisis espacial de la criminalidad ambiental: México 2006-2018**. *Revista Criminalidad*, v. 65, n. 1, p. 103-119, 2023. Bogotá: [s.n.], 2023. DOI: <https://doi.org/10.47741/17943108.404>.

SANTOS, R. **Crime Analysis with Crime Mapping**. 5. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2023. ISBN 9781071831403.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº51.686, de 22 de março de 2007**. Regulamenta dispositivos da Lei estadual nº12.233, de 16 de janeiro de 2006, - Lei Específica Guarapiranga, que define a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga - APRM-G. Disponível em:

<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2007/decreto-51686-22.03.2007.html>. Acesso em: 07 nov. 2025.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº55.342, de 13 de janeiro de 2010**. Regulamenta dispositivos da Lei nº 13.579, de 13 de julho de 2009, que define a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings (APRM-B), e dá providências correlatas. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2010/decreto-55342-13.01.2010.html>. Acesso em: 07 nov. 2025.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº62.061, de 27 de junho de 2016**. Regulamenta dispositivos da Lei nº 15.913, de 2 de outubro de 2015 — que dispõe sobre a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Tietê Cabeceiras (APRM-ATC). Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2016/decreto-62061-27.06.2016.html>. Acesso em: 01 dez. 2025.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº62.062, de 27 de junho de 2016**. Regulamenta dispositivos da Lei nº15.790, de 16 de abril de 2015, que dispõe sobre os limites da Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Juquery – APRM-AJ. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2016/decreto-62062-27.06.2016.html>. Acesso em: 01 dez. 2025.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº64.456, de 10 de setembro de 2019**. Dispõe sobre o procedimento para apuração de infrações ambientais e imposição de sanções. 2019. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2019/decreto-64456-10.09.2019.html>. Acesso em: 9 ago. 2025.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº9.866, de 28 de novembro de 1997**. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1997/lei-9866-28.11.1997.html>. Acesso em: 15 out. 2025.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº12.233, de 16 de janeiro de 2006**. Define a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga (APRM-G). Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2006/compilacao-lei-12233-16.01.2006.html>. Acesso em: 01 nov. 2025.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº13.579, de 13 de julho de 2009**. Define a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings – APRM-B. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13579-13.07.2009.html>. Acesso em: 01 nov. 2025.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº15.790, de 16 de abril de 2015**. Dispõe sobre os limites da Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Juquery – APRM-AJ e dá providências correlatas. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2015/lei-15790-16.04.2015.html>. Acesso em: 02 nov. 2025.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº15.913, de 02 de outubro de 2015.** Define normas para a Área de Proteção e Recuperação de Mananciais – APRM-ATC (Alto Tietê e Corredor), e dá outras providências. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2015/lei-15913-02.10.2015.html>. Acesso em: 07 nov. 2025

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº16.568, de 10 de novembro de 2017.** Dispõe sobre a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Cotia – APRM-AC, suas Áreas de Intervenção, diretrizes e normas de uso do solo para proteção e recuperação dos mananciais. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2017/lei-16568-10.11.2017.html>. Acesso em: 01 dez. 2025.

SÃO PAULO (Município). **Lei nº13.136, de 09 de junho de 2001.** Cria a Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos (APA Capivari-Monos), e dá outras providências. Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-13136-de-9-de-junho-de-2001>. Acesso em: 01 nov. 2025.

SÃO PAULO (Município). **Lei nº16.050, de 31 de julho de 2014.** Estabelece o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16050-de-31-de-julho-de-2014>. Acesso em: 22 set. 2025.

SÃO PAULO (Município). **Lei nº16.402, de 22 de março de 2016.** Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº16.050, de 31 de julho de 2014 – Plano Diretor Estratégico (PDE). Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16402-de-22-de-marco-de-2016>. Acesso em: 13 out. 2025.

SÃO PAULO (Município). **Lei nº17.794, de 27 de abril de 2022.** Disciplina a arborização urbana, quanto ao seu manejo, visando à conservação e à preservação, e dá outras providências. Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-17794-de-27-de-abril-de-2022>. Acesso em: 01 nov. 2025.

SÃO PAULO (Município). **Mapa Digital da Cidade de São Paulo.** São Paulo. 2025. Disponível em: [https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/\\_SBC.aspx](https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx). Acesso em: 15 out. 2025.

SÃO PAULO (Município). Prefeitura de São Paulo. **Histórico – Jaçanã: o bairro e sua história.** 2020. Disponível em: [https://prefeitura.sp.gov.br/web/jacana\\_tremembe/w/historico/315](https://prefeitura.sp.gov.br/web/jacana_tremembe/w/historico/315). Acesso em: 08 set. 2025.

SÃO PAULO (Município). Prefeitura de São Paulo. **Parelheiros: uma cidade do interior dentro da metrópole.** 2019. Disponível em: <https://prefeitura.sp.gov.br/web/parelheiros/w/historico/411>. Acesso em: 08 set. 2025.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Habitação (SEHAB). **HabitaSampa: mapa interativo da política habitacional de São Paulo.** São Paulo. Disponível em: <https://mapa.habitasampa.inf.br/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Habitação. **Plano Municipal de Habitação – Caderno para discussão pública**. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.favelasaopaulomedellin.fau.usp.br/wp-content/uploads/2016/09/CadernoPMH.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Habitação. **Plano Municipal de Habitação de São Paulo – Projeto de Lei nº619/16**. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 2016. Disponível em: [https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/20161221\\_PMH\\_PL\\_bxa.pdf](https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/08/20161221_PMH_PL_bxa.pdf). Acesso em: 24 set. 2025.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. **O fenômeno da ocupação esparsa no processo de expansão da área urbanizada no Município de São Paulo**. Informes Urbanos, n. 58. 2023. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2023/06/INFORME-URBANO-58.pdf>. Acesso em: 08 out. 2025.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Coordenação de Planejamento Ambiental. **Mapeamento digital da cobertura vegetal do Município de São Paulo: Relatório final**. Coordenação: OLIVEIRA, Vivian Prado de. São Paulo: SVMA, 2020.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **O que é o PMMA?** 2025. Disponível em: [https://prefeitura.sp.gov.br/web/meio\\_ambiente/w/pmma/191882](https://prefeitura.sp.gov.br/web/meio_ambiente/w/pmma/191882). Acesso em: 15 jul. 2025.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Plano Municipal da Mata Atlântica (PMMA). **Mapa dos Remanescentes da Mata Atlântica no Município de São Paulo**. Coordenação: MELGES, Alice Maria Calado. São Paulo: SVMA, 2017.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação**. 2025. Disponível em: [https://prefeitura.sp.gov.br/web/meio\\_ambiente/w/unid\\_de\\_conservacao/3339](https://prefeitura.sp.gov.br/web/meio_ambiente/w/unid_de_conservacao/3339). Acesso em: 08 set. 2025.

SÃO PAULO (Município). Subprefeitura de São Mateus. **São Mateus**. 2021. Disponível em: [https://transparencia.prefeitura.sp.gov.br/adm\\_direta/sao-mateus/](https://transparencia.prefeitura.sp.gov.br/adm_direta/sao-mateus/). Acesso em: 01 nov. 2025.

SEADE. **Índice Paulista de Vulnerabilidade Social**. São Paulo: SEADE, 2013. Disponível em: <http://ipvs.seade.gov.br/view/pdf/ipvs/metodologia.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2025.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA (SEMIL). **Mananciais**. São Paulo. 2025. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/sma/portalmananciais/>. Acesso em: 01 nov. 2025.

SITU, Y; EMMONS, D. **Environmental crime**. 1. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2000.

SIVARANJANI, S.; AASHA, M.; SIVAKUMARI, S. **Hot spot identification using kernel density estimation for serial crime detection**. In: ZELINKA, I.; SENKERIK, R.; PANDA,

G.; KANTHAN, P. L. (Ed.). *Soft Computing Systems*. Singapore: Springer, 2018. DOI: 10.1007/978-981-13-1936-5\_28.

SOH, Y. *et al.* **Performance evaluation of various functions for kernel density estimation**. *Open Journal of Applied Sciences*, v. 3, n. 1, p. 58–64, 2013. DOI: 10.4236/ojapps.2013.31B012.

SOS Mata Atlântica. **Mata Atlântica**. 2025. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

TOWNSLEY, M. **Crime Mapping and Spatial Analysis**. In: LECLERC, B.; SAVONA, E. U. (eds.). *Crime Prevention in the 21st Century*. Springer International Publishing Switzerland, 2017.

VALASIK, M. **Crime Mapping and Spatial Analysis**. *Oxford Research Encyclopedia of Criminology*. 2024. Disponível em: <https://oxfordre.com/criminology/view/10.1093/acrefore/9780190264079.001.0001/acrefore-9780190264079-e-821>. Acesso em: 03 nov. 2025.

WHITE, R. **The conceptual contours of green criminology**. In: WALTERS, R.; WESTERHUIS, D. S.; WYATT, T. (Org.). *Emerging Issues in Green Criminology: Critical Criminological Perspectives*. London: Palgrave Macmillan, 2013. DOI: 10.1057/9781137273994\_2.

WORTLEY, R.; MAZEROLLE, L. **Environmental criminology and crime analysis: situating the theory, analytic approach and application**. In: WORTLEY, R.; MAZEROLLE, L. (Ed.). *Environmental Criminology and Crime Analysis*. Cullompton: Willan Publishing, 2008.

ZHOU, G.; LIN, J.; ZHENG, W. **A web-based geographical information system for crime mapping and decision support**. In: *IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications (ICCPSNA)*, 2012. DOI: 10.1109/ICCPS.2012.6384228.