

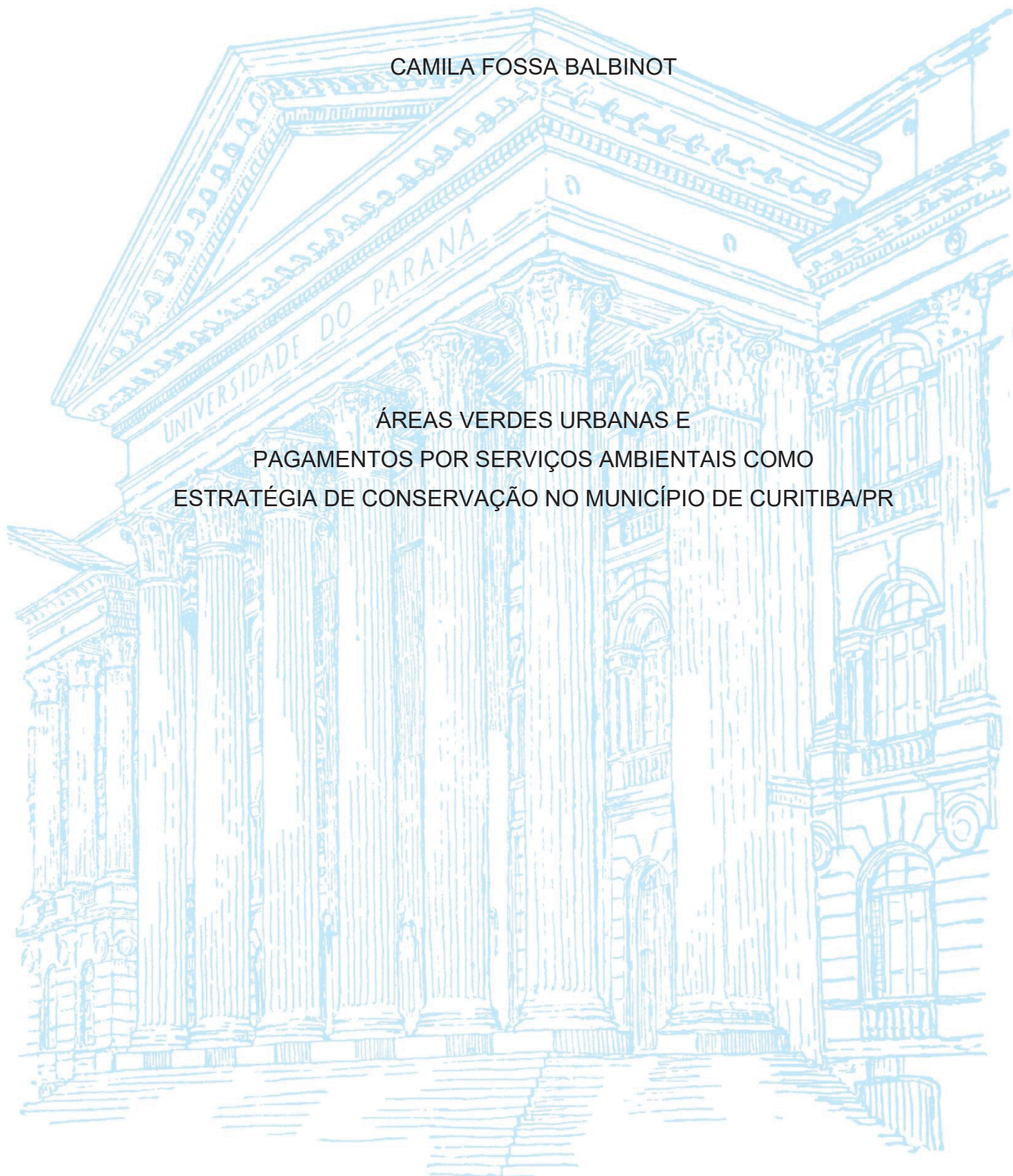
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAMILA FOSSA BALBINOT

ÁREAS VERDES URBANAS E
PAGAMENTOS POR SERVIÇOS AMBIENTAIS COMO
ESTRATÉGIA DE CONSERVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CURITIBA/PR

CURITIBA

2024



CAMILA FOSSA BALBINOT

ÁREAS VERDES URBANAS E
PAGAMENTOS POR SERVIÇOS AMBIENTAIS COMO
ESTRATÉGIA DE CONSERVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CURITIBA/PR

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Tomaz Longhi Santos

Coorientador: Prof. Dr. Alessandro Panasolo

CURITIBA

2024

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Balbinot, Camila Fossa

Áreas verdes urbanas e pagamentos por serviços ambientais como estratégia de conservação no município de Curitiba/PR / Camila Fossa Balbinot. – Curitiba, 2024.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Orientador: Tomaz Longhi Santos

Coorientador: Alessandro Panasolo

1. Florestas urbanas – Curitiba (PR). 2. Proteção ambiental. 3. Serviços ambientais. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento. III. Santos, Tomaz Longhi. IV. Panasolo, Alessandro. V. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO - 40001016029P1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **CAMILA FOSSA BALBINOT** intitulada: **ÁREAS VERDES URBANAS E PAGAMENTOS POR SERVIÇOS AMBIENTAIS COMO ESTRATÉGIA DE CONSERVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CURITIBA/PR**, sob orientação do Prof. Dr. TOMAZ LONGHI SANTOS, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 21 de Junho de 2024.

Assinatura Eletrônica

24/06/2024 13:46:49.0

TOMAZ LONGHI SANTOS

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

24/06/2024 14:17:25.0

LETÍCIA NERONE GADENS

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - SETOR DE TECNOLOGIA)

Assinatura Eletrônica

21/06/2024 17:28:50.0

PHILIFE RICARDO CASEMIRO SOARES

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA)

AGRADECIMENTOS

Ao concluir esta dissertação de mestrado, expresso minha profunda gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Primeiramente, agradeço a Deus, supremo criador do universo, pela dádiva da vida e pela proteção em todos os caminhos que percorri.

À minha família, especialmente aos meus pais, Sonia e Jacir, e ao meu irmão, Bruno, pelo amor incondicional, apoio e incentivo. Vocês são minha maior fonte de inspiração e força. Ainda, não poderia deixar de expressar minha profunda gratidão à minha avó Nair, por sua constante preocupação e encorajamento.

Agradeço especialmente ao meu orientador, Prof. Tomaz Longui Santos, por acreditar neste projeto. Seus ensinamentos, direcionamentos e paciência foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Ao meu coorientador e amigo, Prof. Alessandro Panasolo, por ter sido o maior incentivador deste projeto. Agradeço profundamente pelas conversas diárias e pelo incondicional apoio e generosidade.

Ao amigo e engenheiro florestal Bruno Palka Miranda, pela essencial contribuição na idealização e construção deste projeto, além da parceria e incentivo cotidianos.

Agradeço, igualmente, ao Lucas Bielak Rezende e à Adriane Mallmann, pela significativa colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Aos queridos colegas do escritório De Paola e Panasolo Advogados, pela compreensão e por suprirem minha ausência profissional em diversas vezes durante esta jornada acadêmica.

Ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Federal do Paraná (PPGMADE/UFPR), pela oportunidade de crescimento acadêmico e profissional, e aos professores que contribuíram para minha formação ao longo do curso.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, cooperaram para a realização desta dissertação.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

A contínua expansão das áreas urbanizadas compromete a biodiversidade e a qualidade do meio físico nas cidades, com eventos marcados pela intensificação de desastres naturais, alterações climáticas e perda de florestas urbanas. As áreas verdes urbanas, por sua vez, desempenham funções essenciais para o ecossistema e a saúde física e mental das populações. Este estudo concentra-se em Curitiba, capital do estado do Paraná, destacando a importância desses espaços na promoção da biodiversidade e qualidade de vida em ambientes urbanos. O segundo capítulo analisa a evolução da perda de vegetação urbana entre 2010 e 2019, utilizando dados de sensoriamento remoto, identificando as áreas mais afetadas e suas atuais destinações. Os resultados revelam uma distribuição desigual das áreas verdes urbanas no município, com maior concentração nos seus extremos, bem como supressões mais recorrentes em locais social e economicamente vulneráveis, podendo ser elementos caracterizados de injustiça ambiental. O terceiro capítulo, por meio da metodologia InVEST, verifica a oferta, demanda e balanço de áreas verdes e a relação entre a oferta de áreas verdes e o valor da terra entre os anos de 2010 e 2020 no município de Curitiba. Os resultados indicam um balanço heterogêneo de áreas verdes urbanas, com algumas regionais apresentando superávit enquanto outras enfrentam déficit. Observou-se, também, uma correlação negativa entre a oferta de áreas verdes e o valor da terra, sugerindo que regiões com menos espaços verdes tendem a ter um valor de terra mais alto. O quarto capítulo analisa as diretrizes metodológicas e jurídicas que orientam a operação de parte dos programas brasileiros de pagamento por serviços ambientais (PSA) em âmbito nacional e subnacional, objetivando sistematizar as principais variáveis consideradas na formulação dos programas de PSA, bem como sua fundamentação jurídica, assim como propor a delimitação de um roteiro adequado à criação de uma política pública condizente e oportuna para a realidade de Curitiba/PR.

Palavras-chave: floresta urbana; espaços verdes; políticas de conservação ambiental.

ABSTRACT

The continuous expansion of urban areas compromises biodiversity and the quality of the physical environment in cities, with events marked by the intensification of natural disasters, climate change, and loss of urban forests. Urban green areas, in turn, play essential roles for the ecosystem and the physical and mental health of populations. This study focuses on Curitiba, capital of the state of Paraná, highlighting the importance of these spaces in promoting biodiversity and quality of life in urban environments. The second chapter analyzes the evolution of urban vegetation loss between 2010 and 2019, using remote sensing data to identify the most affected areas and their current uses. The results reveal an unequal distribution of urban green areas in the municipality, with a higher concentration at its extremes, as well as more frequent suppressions in socially and economically vulnerable areas, which may. The third chapter, using the InVEST methodology, assesses the supply, demand, and balance of green areas and the relationship between green area supply and land value between 2010 and 2020 in the municipality of Curitiba. The results indicate a heterogeneous balance of urban green areas, with some regions presenting a surplus while others face deficits. There was also a negative correlation between green area supply and land value, suggesting that regions with fewer green spaces tend to have higher land values. The fourth chapter examines the methodological and legal guidelines that guide the operation of some Brazilian programs for payment for environmental services (PSA) at the national and subnational levels. The objective is to systematize the main variables considered in the formulation of PSA programs, as well as their legal basis, and propose the delineation of an appropriate roadmap for creating a public policy that.

Keywords: urban forest; green spaces; environmental conservation policies.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MAPA DAS REGIONAIS ADMINISTRATIVAS DE CURITIBA/PR	23
FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO GEOESPACIAL DAS RPPNM EM CURITIBA/PR	28
FIGURA 3 – MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO GEOESPACIAL DOS BOSQUES NATIVOS RELEVANTES DAS REGIONAIS ADMINISTRATIVAS DE CURITIBA/PR.....	31
FIGURA 4 – MAPEAMENTO DAS REGIONAIS COM MAIOR PERDA DE ÁREAS VERDES URBANAS– CURITIBA/PR (2010 – 2019).....	35
FIGURA 5 – IMAGEM DE FRAGMENTO DA MAIOR SUPRESSÃO DE ÁREA VERDE – CIC – CURITIBA/PR	37
FIGURA 6 – IMAGEM DE FRAGMENTO DA SEGUNDA MAIOR SUPRESSÃO DE ÁREA VERDE – TATUQUARA – CURITIBA/PR	37
FIGURA 7 – IMAGEM DE FRAGMENTO DA TERCEIRA MAIOR SUPRESSÃO DE ÁREA VERDE – TATUQUARA – CURITIBA/PR	38
FIGURA 8 – IMAGEM DE FRAGMENTO DA QUARTA MAIOR SUPRESSÃO DE ÁREA VERDE – CIC – CURITIBA/PR.....	38
FIGURA 9 – IMAGEM DE FRAGMENTO DA QUINTA MAIOR SUPRESSÃO DE ÁREA VERDE – CIC – CURITIBA/PR.....	39
FIGURA 10 – MAPA DAS REGIONAIS ADMINISTRATIVAS DE CURITIBA/PR	60
FIGURA 11 – HISTOGRAMAS DE OFERTA DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR	69
FIGURA 12 – OFERTA DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR.....	70
FIGURA 13 – DEMANDA DE ÁREAS VERDES EM 2010 E 2020 EM CURITIBA/PR	71
FIGURA 14 – HISTOGRAMAS DE BALANÇO DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR	72
FIGURA 15 – BALANÇO DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR.....	74
FIGURA 16 – HISTOGRAMAS DE VALORES DA TERRA NOS ANOS DE 2010 E 2017, EM CURITIBA/PR.....	75

FIGURA 17 – PLANTA GENÉRICA DE VALORES DA TERRA NOS ANOS DE 2010 E 2017, EM CURITIBA/PR	76
FIGURA 18 – COMPARATIVO ENTRE A OFERTA DE ÁREAS VERDES E O VALOR DA TERRA NOS ANOS DE 2010 E 2017/2019, EM CURITIBA/PR.....	77
FIGURA 19 – COMPARATIVO ENTRE O BALANÇO DE ÁREAS VERDES E O VALOR DA TERRA NOS ANOS DE 2010 E 2017/2019, EM CURITIBA/PR.....	78
FIGURA 20 – FLUXOGRAMA PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS VERDES POTENCIAIS PARA PSA.....	103

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CATEGORIAS E FEIÇÕES VETORIAIS UTILIZADAS NO PRESENTE ESTUDO.....	24
QUADRO 2 – CATEGORIAS E FEIÇÕES VETORIAIS UTILIZADAS NO PRESENTE ESTUDO.....	61

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DADOS DE RPPNM EM CURITIBA.....	27
TABELA 2 – DADOS DE BOSQUES NATIVOS RELEVANTES DE CURITIBA.....	29
TABELA 3 – MAPEAMENTO DA DIMENSÃO DOS FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO SUPRIMIDOS EM CURITIBA (2010 – 2019).....	33
TABELA 4 – MAPEAMENTO DA DIMENSÃO DA SUPRESSÃO DE ÁREAS VERDES NAS REGIONAIS DE CURITIBA/PR (2010 – 2019).....	34
TABELA 5 – FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO SUPRIMIDOS NAS REGIONAIS DE CURITIBA/PR (2010 – 2019).....	36
TABELA 6 – APRESENTAÇÃO DAS ÁREAS OBJETO DOS MAIORES FRAGMENTOS SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO URBANA – CURITIBA/PR (2010 – 2019).....	40
TABELA 7 – NÚMEROS DE HABITANTES POR REGIONAL DE CURITIBA NOS ANOS DE 2010 E 2020	42
TABELA 8 – MAIORES PERDAS DE ÁREAS VERDES URBANAS – CURITIBA (2010 – 2019).....	43
TABELA 9 – RENDIMENTO MÉDIO <i>PER CAPITA</i> DOS DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES POR REGIONAL	43
TABELA 10 – IDEB PARA OS ANOS INICIAIS DA EDUCAÇÃO BÁSICA EM ESCOLAS MUNICIPAIS DE CURITIBA E REGIONAIS – 2019.....	44
TABELA 11 – ALVARÁS COMERCIAIS ATIVOS POR REGIONAL – CURITIBA – 2020	45
TABELA 12 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA OFERTA DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR	68
TABELA 13 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA DEMANDA DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2020, EM CURITIBA/PR	71
TABELA 14 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO BALANÇO DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR	72
TABELA 15 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO VALOR DA TERRA NOS ANOS DE 2010 E 2017, EM CURITIBA/PR.....	75
TABELA 16 – CORRELAÇÕES DE SPEARMAN ENTRE A OFERTA DE ÁREAS VERDES E OS VALORES DA TERRA NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR.....	77

LISTA DE SIGLAS

2SFCA	– <i>Two-Step Floating Catchment Area</i>
APP	– Áreas de Preservação Permanente
BNR	– Bosques Nativos Relevantes
CAE	– Comissão de Assuntos Econômicos
CIC	– Cidade Industrial de Curitiba
CMC	– Câmara Municipal de Curitiba
EUA	– Estados Unidos da América
FAO	– <i>Food and Agriculture Organization</i>
FEMA	– Fundo Estadual de Meio Ambiental
FMMA	– Fundo Municipal do Meio Ambiente
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	– Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDEB	– Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IDH	– Índice de Desenvolvimento Humano
InVEST	– <i>Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs</i>
IPPUC	– Instituto de Pesquisa e Planejamento de Curitiba
MG	– Minas Gerais
MMA	– Ministério do Meio Ambiente
OIT	– Organização Internacional do Trabalho
OMS	– Organização Mundial de Saúde
ONU	– Nações Unidas
PFPSA	– Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais
PMPSA	– Política Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais
PNPSA	– Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais
PNUMA	– Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PPGMADE/UFPR	– Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Federal do Paraná
PR	– Paraná
PSA	– Pagamento por Serviços Ambientais
RPPNM	– Reservas Particulares do Patrimônio Natural Municipal
SBAU	– Sociedade Brasileira de Arborização Urbana
SEAV	– Setor Especial de Áreas Verdes
SEDEST	– Secretaria do Estado do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo
SIG	– Sistemas de Informações Geográficas
SISNAMA	– Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMMA	– Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba
SMU	– Secretaria Municipal de Urbanismo
STF	– Supremo Tribunal Federal
UC	– Unidades de Conservação
UTM	– Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	ÁREAS VERDES URBANAS E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS: A EVOLUÇÃO TEMPORAL DA VEGETAÇÃO URBANA DE CURITIBA/PR	17
2.1	INTRODUÇÃO	17
2.2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.2.1	Áreas verdes urbanas	19
2.2.2	Os serviços ecossistêmicos prestados por áreas verdes urbanas	21
2.3	MATERIAL E MÉTODOS	22
2.3.1	Procedimentos de geoprocessamento	25
2.3.2	Recortes territoriais e temporais.....	25
2.4	RESULTADOS	26
2.4.1	Espacialização das áreas verdes urbanas em Curitiba/PR.....	27
2.4.2	Perda de áreas verdes urbanas em Curitiba/PR entre 2010 e 2019	32
2.4.3	Análise multitemporal do uso do solo e cobertura vegetal dos locais com os maiores fragmentos de supressões de áreas verdes em Curitiba/PR (2010 – 2019)	36
2.5	DISCUSSÃO	40
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
	REFERÊNCIAS	48
3	ANÁLISE TEMPORAL DO BALANÇO DE ÁREAS VERDES URBANAS E SEUS EFEITOS NO PREÇO DA TERRA EM CURITIBA/PR	57
3.1	INTRODUÇÃO	58
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	60

	13
3.2.1	Aquisição de Dados61
3.2.2	Tratamento de Dados.....62
3.2.3	Processamento de Dados62
3.2.3.1	O modelo utilizado.....63
3.2.3.2	Função de decaimento e dicotomia.....64
3.2.3.3	Oferta de Área Verde65
3.2.3.4	Demanda de Área Verde.....66
3.2.3.5	Balanco de Área Verde66
3.2.3.6	Correlação entre oferta de Áreas Verdes e Valor da Terra67
3.3	RESULTADOS68
3.3.1	Oferta de Áreas Verdes.....68
3.3.2	Demanda de Áreas Verdes70
3.3.3	Balanco de Áreas Verdes.....72
3.3.4	Valor da Terra74
3.3.5	Oferta de Áreas Verdes e Valores da Terra76
3.3.6	Balanco de Áreas Verdes e Valores da Terra78
3.4	DISCUSSÕES.....78
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS83
	REFERÊNCIAS84
4	PAGAMENTO POR SERVIÇO AMBIENTAL: UMA PROPOSTA DE POLÍTICA PÚBLICA PARA CONSERVAÇÃO DE ÁREAS VERDES EM CURITIBA/PR.....92
4.1	INTRODUÇÃO93
4.2	MATERIAL E MÉTODOS94
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES96
4.3.1	Os marcos regulatórios e a iniciativa legislativa para implantação do PSA em Curitiba96

4.3.2	Aspectos relevantes para elaboração de política pública ambiental para implantação de Pagamento por Serviço Ambiental para conservação de áreas verdes em Curitiba/PR	100
4.2.1	O papel e metodologia de uma estratégia municipal de PSA para conservação de áreas verdes urbanas	101
4.2.2	A seleção de áreas verdes provedoras de serviços ecossistêmicos para Programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)	104
4.2.3	Custos de implementação do PSA.....	105
4.2.4	Mecanismos de financiamento do PSA.....	107
4.2.4.1	Proposta de obtenção de recursos como contrapartida compensatória pela concessão de licenças ambientais	108
4.2.4.2	Proposta de aferição de recursos a partir da conversão de multas ambientais em serviços de preservação, melhoria e recuperação do meio ambiente	109
4.2.4.3	Proposta de aferição de recursos dos Fundos Estadual e Municipal de Meio Ambiente	111
4.2.4.4	Proposta de obtenção de recursos com fontes alternativas	112
4.2.5	Metodologias para precificação do PSA urbano.....	113
4.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
	REFERÊNCIAS	117
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
	REFERÊNCIAS	129

1 INTRODUÇÃO

O contínuo crescimento das áreas urbanizadas vem provocando modificações significativas na paisagem, comprometendo a biodiversidade e a qualidade do meio físico nas cidades, impactos que podem ser evidenciados pela recorrência de desastres naturais, mudanças climáticas, perda de áreas verdes e intensificação das disparidades regionais e socioeconômicas (Yigitcanlar *et al.*, 2019).

Nesse cenário, as alterações climáticas intensificam as vulnerabilidades existentes nas zonas urbanas, pressionando a capacidade de resiliência das cidades para gestão de eventos extremos (Chirolí *et al.*, 2023), de modo que os principais centros de habitação e atividade humana precisam incorporar elementos ecológicos naturais suficientes para compensar as perturbações na cadeia biológica causadas pela urbanização (Li; Li; Ma, 2022).

As áreas verdes urbanas, por sua vez, desempenham um papel crucial na preservação da saúde e do bem-estar da população urbana, fornecendo serviços ecossistêmicos e benefícios ecológicos, além de oferecer valores recreativos, sociais e culturais (Clot; Grolleau; Méral, 2017).

Curitiba, apesar de ocupar um espaço de destaque na conservação de áreas verdes urbanas, especialmente quando comparada com outras capitais brasileiras, poderá se tornar mais suscetível às secas e às ondas de calor em razão do alto grau de urbanização, caso as áreas verdes continuem a ser substituídas por espaços impermeabilizados (Curitiba, 2022).

Nesse aspecto, a relação entre densidade populacional e áreas verdes urbanas é especialmente relevante, uma vez que a percepção da densidade é influenciada pela presença de infraestrutura verde (Shuda; Bougoulías; Kass, 2020).

No entanto, o acesso e a manutenção de espaços verdes podem conter diferenças regionais significativas dentro de um mesmo município, podendo representar um elemento de desigualdades socioeconômicas e caracterizador de injustiça ambiental (Torres *et al.*, 2023).

Concomitantemente, é perceptível a ausência de políticas públicas efetivas que incentivem a conservação e uso sustentável desses remanescentes de vegetação nativa urbana em propriedades privadas em grande parte dos municípios brasileiros, contexto em que o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) pode

representar uma ferramenta para incentivo da conservação da biodiversidade local (Castro; Young, 2017).

Assim, é justificada a necessidade de estudos destinados à mensuração e monitoramento temporal de florestas urbanas, à verificação das condições de acessibilidade e distribuição desses espaços para as populações, bem como à proposição de ferramentas para criação e restauração de áreas verdes urbanas.

O presente estudo destina-se, de modo geral, a apresentar o monitoramento temporal das áreas verdes urbanas de Curitiba, a fim de verificar a pertinência da proposição uma política pública de pagamento por serviço ambiental- PSA como ferramenta para a conservação dos remanescentes de vegetação urbana.

Baseando-se nessas premissas, o segundo capítulo desta dissertação tem como objetivo a caracterização geral dos remanescentes de vegetação urbana de Curitiba, apresentando um panorama evolutivo de sua perda entre os anos de 2010 e 2019, por meio de imagens e dados obtidos por meio de sensoriamento remoto de bases oficiais. Além disso, visa identificar a destinação atual das áreas que sofreram as maiores supressões de vegetação urbana no mesmo período.

Sequencialmente, o terceiro capítulo se propõe a avaliar a oferta, a demanda e o balanço de áreas verdes urbanas em Curitiba e sua relação com o preço da terra entre os anos de 2010 e 2020. Para isso, a metodologia InVEST foi utilizada para identificar padrões de distribuição espacial e verificar a influência das áreas verdes no valor da terra nas diferentes regiões do município.

No quarto capítulo, objetivou-se a proposição e delimitação de um roteiro adequado para a criação de uma política pública de PSA que seja condizente com a realidade de Curitiba/PR, que poderá servir como ferramenta de conservação da biodiversidade municipal.

Por fim, no quinto capítulo, são apresentadas as considerações finais, com base na síntese das principais conclusões derivadas da análise dos dados e das discussões teóricas desenvolvidas, com o intuito de proporcionar uma visão abrangente das temáticas abordadas na pesquisa.

2 ÁREAS VERDES URBANAS E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS: A EVOLUÇÃO TEMPORAL DA VEGETAÇÃO URBANA DE CURITIBA/PR

RESUMO: As questões ambientais são fundamentais diante das crescentes demandas de infraestrutura e qualidade de vida nas cidades, com as áreas verdes urbanas desempenhando funções essenciais para o ecossistema e a saúde física e mental da população. Este estudo concentra-se em Curitiba, capital do estado do Paraná, destacando a importância das áreas verdes urbanas na melhoria da qualidade do ar, controle das águas pluviais e na promoção da biodiversidade. A pesquisa analisa a evolução da perda de vegetação urbana entre 2010 e 2019, utilizando dados de sensoriamento remoto, identificando as áreas mais afetadas e suas atuais destinações. Os resultados revelam uma distribuição desigual das áreas verdes urbanas no município, com maior concentração nos seus extremos. A supressão da vegetação, frequentemente para uso industrial e residencial, foi mais impactante em regiões socioeconomicamente vulneráveis, evidenciando a necessidade de políticas públicas eficazes para a conservação e distribuição equitativa dos espaços verdes, com intuito de mitigar os impactos das mudanças climáticas e auxiliar a promoção da justiça ambiental e social em Curitiba.

Palavras-chave: floresta urbana; qualidade ambiental urbana; análise multitemporal.

ABSTRACT: Environmental issues are fundamental in the face of growing demands for infrastructure and quality of life in cities, with urban green areas playing essential roles for the ecosystem and the physical and mental health of the population. This study focuses on Curitiba, capital of the state of Paraná, highlighting the importance of the urban green areas in improving air quality, controlling stormwater, and promoting biodiversity. The research analyzes the evolution of urban vegetation loss between 2010 and 2019 using remote sensing data, identifying the most affected areas and their current uses. The results reveal an unequal distribution of urban green areas in the municipality, with a higher concentration in its outer regions. The suppression of vegetation, often for industrial and residential use, had a more significant impact in socioeconomically vulnerable regions, underscoring the need for effective public policies for the conservation and equitable distribution of green spaces. Such policies aim to mitigate the impacts of climate change and helping to promote of environmental and social justice in Curitiba.

Keywords: urban forest; urban environmental quality; multi-temporal analysis.

2.1 INTRODUÇÃO

As questões relacionadas à gestão urbana, desde o final do século XX (Londe; Mendes, 2014), são relevantes no contexto de crescentes demandas de infraestrutura, habitação e melhoria da qualidade de vida da população (Lima; Amorim, 2011).

Nesse cenário, as áreas verdes urbanas desempenham múltiplas funções benéficas para o ecossistema e a biodiversidade (Beatley, 2012; Benedict, McMahon, 2002; Bianconi *et al.*, 2018; Sugiyama *et al.*, 2008). Como componentes vitais dos ecossistemas urbanos, os espaços verdes exercem um papel crucial em processos ambientais essenciais, tais como na redução de doenças, na melhoria da qualidade do ar e no controle das águas pluviais (Milesi *et al.*, 2005).

Embora não haja um consenso na definição, o termo mais comumente utilizado para descrever a vegetação urbana é “áreas verdes”, cuja presença nas cidades representa um fator essencial na reintegração dos aspectos positivos entre o meio urbano e a natureza, com funções sociais, ecológicas, estéticas, educacionais, inspiradoras e econômicas (Maia *et al.*, 2020). Nesse contexto, a compreensão da diversidade dos aspectos do espaço urbano, em especial as suas dimensões socioambientais, tornou-se uma preocupação cada vez mais presente para o planejamento e para gestão urbana (Bargos; Matias, 2011; Veronez *et al.*, 2017).

Nesse sentido, as áreas verdes, na condição de indicador de qualidade ambiental, precisam ter sua distribuição e dimensão espacial avaliadas, com o objetivo de que o planejamento urbano e ambiental atenda às necessidades da sociedade e não se limite à valorização da vegetação apenas por uma questão de preservação (Morero; Santos; Fidalgo, 2007).

As funções das áreas verdes para a população são evidenciadas quando esses espaços estão presentes em quantidades e qualidades adequadas (Bertolo; Rocha; Young, 2005), o que implica na necessidade de constante monitoramento. Essa tarefa pode ser realizada por meio da interpretação de imagens de sensores remotos, possibilitando a construção de cenários, que quando sobrepostos, indicam variações na cobertura vegetal das áreas verdes ao longo do tempo, bem como a localização dos ganhos e perdas, embora pouco eficientes para avaliação da qualidade dos remanescentes florestais.

Runfola e Hughes (2014) compararam 373 cidades americanas “verdes” e “cinzas”, e verificaram que as localidades com maior foco em iniciativas econômicas tendem a ser mais “cinza”, enquanto as que priorizam ações de justiça social são classificadas como “verdes”. Todavia, estas últimas são mais raras, representando apenas 11% das cidades analisadas pelos autores (Buckeridge, 2015).

Em Curitiba, a Prefeitura Municipal elaborou uma Avaliação de Riscos Climáticos (Curitiba, 2020), a fim de aferir a sua resiliência frente às mudanças climáticas e seus desafios inerentes. O estudo concluiu que Curitiba provavelmente sofrerá com o crescimento dos impactos das alterações climáticas, com ocorrências mais frequentes e intensas de chuvas e tempestades. Além disso, a cidade encontra-se suscetível às secas e às ondas de calor em razão do alto grau de urbanização, que poderão ser intensificadas caso as áreas verdes continuem a ser substituídas por espaços impermeabilizados (Curitiba, 2020).

Baseando-se nessas premissas, este trabalho tem como objetivos:

- a) realizar uma apresentação geral dos remanescentes de vegetação urbana de Curitiba;
- b) apresentar o panorama evolutivo da perda de vegetação nativa urbana entre os anos de 2010 e 2019;;
- c) identificar a destinação atual dos locais das maiores supressões de áreas verdes urbanas entre 2010 e 2019 em Curitiba/PR; e
- d) apresentar os serviços ambientais prestados pelos remanescentes de vegetação urbana.

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.2.1 Áreas verdes urbanas

Partindo-se de um cenário no qual a cobertura florestal foi, na grande maioria das vezes, negligenciada no desenvolvimento das cidades (Nucci, 2001), a variação conceitual do termo “áreas verdes”, especialmente urbanas, dificultou uma análise comparativa das categorizações e índices registrados em diferentes municípios ao longo das últimas décadas (Costa; Colesanti, 2011).

Para Matos e Queiroz (2009) “*área verde urbana*” pode ser compreendida como o local dentro de uma cidade com o solo não impermeabilizado e com presença de vegetação predominante arbórea, de uso público ou privado, incluindo categorias como arborização de ruas, parques, jardins, dentre outras, devendo funções ecológicas, sociais e estéticas, compostas por três segmentos individualizados, mas que estabelecem interfaces notáveis entre si (Senna, 2002).

Ainda, há o termo “floresta urbana”, que começou a ser utilizado na década de 1960 por pesquisadores americanos e canadenses (McBride, 2017), representando uma quebra de paradigmas, na medida em que no meio urbano a vegetação pode ser encontrada de modo isolado ou em grupo, com uma ou variadas espécies, extrapolando o conceito convencional de floresta (Magalhães, 2006).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2023), por sua vez, conceitua as áreas verdes urbanas como o conjunto de áreas intraurbanas que apresentam cobertura vegetal, arbórea (nativa e introduzida), arbustiva ou rasteira (gramíneas) e que contribuem de modo significativo para a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental nas cidades. Essas áreas verdes estão presentes numa enorme variedade de situações: em áreas públicas; em áreas de preservação permanente (APP); nos canteiros centrais; nas praças, parques, florestas e unidades de conservação (UC) urbanas; nos jardins institucionais; e, nos terrenos públicos não edificadas.

A diversidade de conceitos de áreas verdes no espaço urbano, considerando a generalidade dada à matéria, poderá gerar a criação de normativas ineficazes e interpretação equivocada do texto normativo pelos administradores públicos, além de dificultar a aplicação de uma metodologia comparativa entre os municípios para se verificar os índices de áreas verdes.

No entanto, quando se aborda a formulação de políticas públicas destinadas à criação ou preservação de áreas verdes, torna-se evidente a indispensabilidade de fundamentá-las em instrumentos legais que ratifiquem a importância desses espaços (Maia *et al.*, 2020). Por esta razão, neste trabalho, serão privilegiadas as determinações do ordenamento jurídico para distinguir quais espaços podem ser classificados como áreas verdes.

Em meio a tal propósito, será adotado como requisito metodológico, o conceito legal previsto na Lei Municipal nº 15.852, de 01 de julho de 2021, que dispõe sobre a política municipal de proteção, conservação e recuperação do meio ambiente no Município de Curitiba, *in verbis*:

Art. 64. [...]

§ 2º Entende-se por áreas verdes todos os espaços, públicos e privados, que possuem cobertura vegetal natural ou implantada, árvores isoladas e maciços vegetais, representativos da flora do Município, destinadas a conservação de corpos d'água, do habitat da fauna, da estabilidade dos solos, da proteção paisagística, da manutenção da distribuição equilibrada dos maciços vegetais e dos serviços ambientais prestados à comunidade. (Curitiba, 2021)

Ademais, a mesma legislação destaca que o Setor Especial de Áreas Verdes (SEAV) de Curitiba é constituído pelos imóveis que possuem cobertura de bosques nativos relevantes (BNR), de propriedade pública ou privada, situados em qualquer eixo, zona ou setor especial, nos quais há interesse em adequar o seu uso e ocupação para promover a preservação desses espaços verdes, nos termos previstos na Lei de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba e legislação específica (Curitiba, 2021).

2.2.2 Os serviços ecossistêmicos prestados por áreas verdes urbanas

Os benefícios gerados pela conservação das áreas verdes urbanas são notórios, na medida em que elas harmonizam o ambiente excessivamente impactado das cidades e geram melhorias à qualidade de vida das pessoas. Sob essa perspectiva, as questões ambientais têm conquistado importante espaço da sociedade moderna, colocando os recursos ambientais e espaços verdes de qualidade como requisitos básicos em cidades que buscam melhorar a qualidade de vida do cidadão (Panasolo, 2015).

Nesse sentido, alguns autores ressaltam a importância da vegetação urbana e os benefícios gerados pela sua conservação (Jesus; Braga, 2005; Lima *et al.*, 1994; Milano, 1990 *apud* Hardt, 1994; Nucci, 2001; Oliveira; Andrade, 2011; Rahman *et al.*, 2017), destacando suas funções de conservação de solo, de controle de microclima, bem como de contribuição para a estabilidade geomorfológica; de diminuição da poluição do ar e de ruídos; de suporte para a fauna e flora; de bem-estar humano; e de saúde física e mental da população; além do incremento na paisagem da malha urbana e na geração de benefícios financeiros pela valorização econômica da propriedade.

No mesmo sentido Jesus e Braga (2005) destacam que a presença de áreas verdes nas cidades é um fator essencial no resgate dos aspectos positivos da relação das formas urbanas com a natureza. A distribuição das áreas verdes urbanas e a distância entre elas influencia diretamente as suas funções social-lazer, ecológica, estética-integração e econômica (Buckeridge, 2015).

Nas palavras de Estrada *et al.* (2017), os serviços dos ecossistemas representam o conjunto de condições e processos por meio dos quais os sistemas naturais, juntamente com suas espécies associadas, mantêm a vida no planeta.

Por outro lado, para Guzzo; Carneiro e Oliveira Junior (2006), as áreas verdes urbanas proporcionam melhorias no ambiente excessivamente impactado das cidades, e são vários os benefícios gerados pela sua manutenção:

- a) a *função ecológica*: a manutenção da vegetação contribui para não impermeabilização do solo cooperando para a presença de fauna, conseqüentemente gerando um clima mais ameno para as cidades e na qualidade do ar, água e solo;
- b) a *função social*: componente importante que se relaciona com a possibilidade de lazer que essas áreas oferecem à população;
- c) a *função estética*: incremento e diversificação da paisagem, provendo o embelezamento das cidades;
- d) a *função educativa*: relacionada com atividades extraclasse e programas de educação ambiental;
- e) a *função psicológica*: possibilitando, por meio do contato com a natureza, o relaxamento, contemplação, a recreação, o lazer e a diminuição do estresse.

Além dos serviços ambientais comumente atribuídos às áreas verdes urbanas, insta observar que a depender do nível de conservação da área, da distância do centro comercial e do nível de infraestrutura existente no local, é possível atestar sua contribuição positiva e significativa na formação do preço dos imóveis do seu entorno (Panasolo, 2019).

No entanto, a distribuição de áreas verdes muitas vezes não é equitativa, o que pode resultar em disparidades socioeconômicas na acessibilidade e benefícios relacionados (Wolch; Byrne; Newell, 2014).

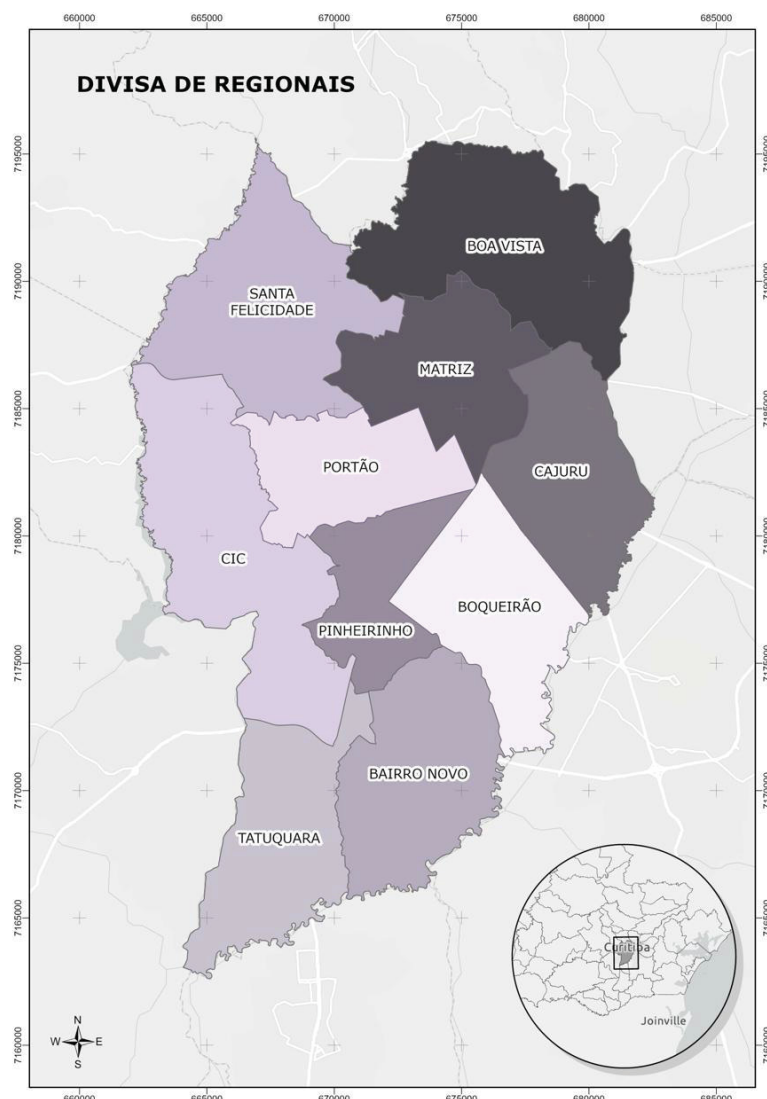
2.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados na presente pesquisa foram obtidos integralmente junto ao Instituto de Pesquisa e Planejamento de Curitiba (IPPUC), órgão vinculado à Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU). Tais dados são disponibilizados por meio de diversos aplicativos *online* na plataforma GeoCuritiba (IPPUC, [2022a]), em

especial, às ferramentas do Mapa Cadastral (Versão 1.5.1 – Base Pública), Base Cartográfica e das imagens de satélite produzidas e disponíveis pelo Instituto.

O município de Curitiba, tem área de 435,036 km², completamente urbanizada, com 75 bairros, agrupados em dez regionais administrativas (IPPUC, [2022b]) (Figura 1), com uma população estimada em 1.871.789 habitantes, com densidade demográfica de 4.406,96 hab./km² (IBGE, 2022).

FIGURA 1 – MAPA DAS REGIONAIS ADMINISTRATIVAS DE CURITIBA/PR



FONTE: A autora (2023). Análises realizadas a partir de dados brutos disponibilizados oficialmente (em arquivo digital) pelo IPPUC, mediante solicitação. No entanto, podem ser consultados individualmente no site oficial da instituição.

As bases de dados vetoriais correspondem às feições geométricas de pontos, linhas e/ou polígonos, que representam entidades físicas em um ambiente virtual de sistemas de informações geográficas. Cada uma dessas feições apresenta posição conhecida no espaço, por meio de coordenadas dos pontos e vértices de cada entidade. Da mesma forma, a conexão de diferentes entidades permite o cálculo preciso de áreas e distâncias, por meio de um sistema de coordenadas conhecido e pré-definido.

Os dados vetoriais utilizados neste estudo foram obtidos junto ao IPPUC, para diferentes feições e categorias de uso do solo, conforme apresentado na Quadro 1. Todos os dados foram referentes ao último levantamento e cadastramento do IPPUC em Curitiba, realizado no ano de 2019. Especificamente para a classe de vegetação, do Cadastro de Áreas Verdes, foram utilizadas duas bases temporais: para o ano de 2010 e para o ano de 2019, com o objetivo de comparar no tempo as variações da vegetação no período analisado.

QUADRO 1 – CATEGORIAS E FEIÇÕES VETORIAIS UTILIZADAS NO PRESENTE ESTUDO

Camada	Categoria	Feição	Tipo de vetor
Mapa Cadastral	Limites Legais	Divisa de Regionais	Polígonos
		Divisa de Bairros	
Base Cartográfica	Áreas Verdes	Áreas Verdes (2019)	Polígonos
		Áreas Verdes (2010)	
		Cadastro de Reservas Particulares do Patrimônio Natural Municipal (RPPNM) Cadastro de Bosques (Secretaria Municipal do Meio Ambiente – SMMA)	

Fonte: IPPUC ([2022a]).

Todas as bases de dados vetoriais foram analisadas por um sistema de coordenadas projetadas Universal Transversa de Mercator (UTM), no fuso 22J, e com o Datum SIRGAS2000.

Os dados matriciais, ou dados *raster*, são dados representados por uma matriz, composta por um número finito de células ou, como são conhecidas, de *pixels*, com dimensões variáveis. Cada uma dessas células, ou *pixels*, possui um

atributo relacionado, que representa algum dado descritivo, ou mesmo, uma codificação, que pode ser analisada e transformada em uma imagem. Geralmente, dados *raster* representam imagens, com diferentes tamanhos de *pixels* que, por fim, representam a sua resolução espacial. Quanto menor o tamanho do *pixel*, maior será a resolução espacial de uma imagem (matriz).

Com apoio da base de dados de imagens de satélite do IPPUC, as imagens utilizadas no presente estudo, em especial, foram referentes aos anos de 2010 e de 2019. A imagem de 2019 foi gerada para a Prefeitura Municipal de Curitiba através da técnica de Perfilamento a Laser Scanner Aerotransportado. Essa técnica gera uma nuvem de pontos que, após procedimentos de classificação automática, gera as diferentes feições para criação de uma imagem, bem como da criação de vetores.

2.3.1 Procedimentos de geoprocessamento

As diferentes bases de dados, tanto vetoriais quanto matriciais, foram analisadas e trabalhadas em ambiente de geoprocessamento, pelo uso do *software* QGis, de modo a compilar as informações necessárias para a discussão de resultados do presente trabalho.

As variadas rotinas e ferramentas de gestão de dados vetoriais, como extração de dados, sobreposições, intersecções, transformações, projeções, disponíveis no *software*, foram utilizadas para o cálculo, em especial, da área e/ou distâncias, dos polígonos de cada entidade vetorial avaliada. Os cálculos de área levaram em conta o método euclidiano, com resultados extraídos em metros quadrados e, posteriormente, em hectares. Os resultados das distâncias foram apresentados em metros ou, eventualmente, em quilômetros.

2.3.2 Recortes territoriais e temporais

O recorte territorial são as áreas verdes urbanas do município de Curitiba, com especial destaque para os remanescentes de vegetação cadastrados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba, contemplando os BNR e as RPPNM. A metodologia utilizada para mapeamentos oficiais das áreas verdes

urbanas de Curitiba analisou a cobertura arbórea integrando todas as situações, não havendo classificações distintas para árvores isoladas, grupos ou florestas urbanas.

Nos termos do Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Curitiba (Curitiba, 2012), a cidade de Curitiba detém quase 26% da área do município com vegetação arbórea, o que representa aproximadamente 11.087,55 ha, distribuídos em áreas públicas e privadas, representando uma média de 59,24 m² de área verde por habitante (IPPUC, 2023).

Os imóveis com cobertura florestal significativa são cadastrados pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA) no Setor Especial de Áreas Verdes, tendo taxa de utilização determinada de acordo com a área, cobertura e tipologia florestal de cada propriedade (Ribeiro, 2012).

Além disso, fixou-se como recorte temporal os dados obtidos a partir 2010, ano referencial da base cartográfica disponibilizada pelo IPPUC, anterior a publicação do atual Código Florestal (Lei nº 12.651/2012). Por outro lado, os dados utilizados terão como limitador temporal o ano de 2019, sendo este o último período e o mais atual com informações consolidadas, por meio da mesma metodologia, pelo IPPUC.

Ainda, como recorte temático serão privilegiadas as determinações do ordenamento jurídico para distinguir quais espaços podem ser classificados como áreas verdes, adotando-se como requisito metodológico o conceito legal previsto na Lei Municipal nº 15.852, de 01 de julho de 2021, que dispõe sobre a política municipal de proteção, conservação e recuperação do meio ambiente no Município de Curitiba.

2.4 RESULTADOS

Os resultados obtidos na pesquisa foram sistematizados por:

- 1) espacialização das áreas verdes urbanas em Curitiba/PR;
- 2) perda de áreas verdes urbanas em Curitiba/PR entre 2010 e 2019; e,
- 3) análise multitemporal do uso do solo e cobertura vegetal dos locais com os maiores fragmentos de supressões de áreas verdes em Curitiba/PR, conforme abordado nos tópicos seguintes.

2.4.1 Espacialização das áreas verdes urbanas em Curitiba/PR

Consoante detalhamento de dados compilados pela SMMA, atualizados em agosto de 2022, o município possui 57 RPPNM, o que corresponde a 763.800 m² (SMMA, 2022), distribuídas em nove das dez regionais administrativas, com expressivo destaque para as regionais de Santa Felicidade e Boa Vista, conforme Tabela 1:

TABELA 1 – DADOS DE RPPNM EM CURITIBA

Regional	Nº de RPPNM	Qtde de RPPNM	Área (hectares)	Área da Regional
Bairro Novo	4	7,02%	4,01	5,25%
Boa Vista	8	14,04%	10,69	14,00%
Boqueirão	0	0,00%	0,00	0,00%
Cajuru	1	1,75%	1,88	2,46%
CIC	0	0,00%	0,00	0,00%
Matriz	1	1,75%	6,49	8,49%
Pinheirinho	0	0,00%	0,00	0,00%
Portão	7	12,28%	6,49	8,49%
Santa Felicidade	35	61,40%	45,49	59,56%
Tatuquara	1	1,75%	1,34	1,75%
Total	57	100,00%	76,38	100,00%

FONTE: A autora (2023) adaptado de SMMA (2022).

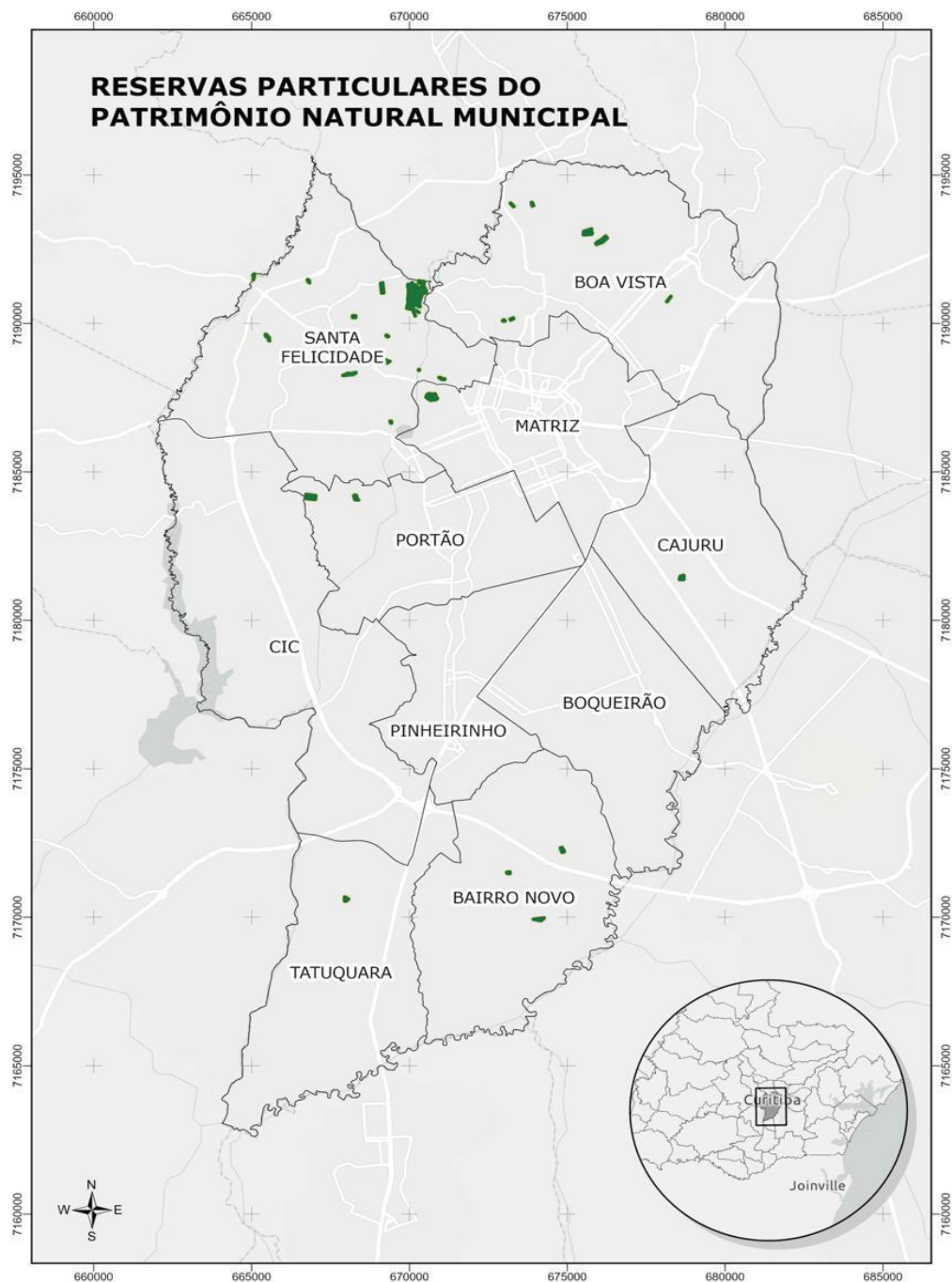
Os dados demonstram uma concentração quantitativa de 61,40% de RPPNM na regional de Santa Felicidade, que corresponde a 59,56% do total de áreas verdes transformadas em RPPNM no Município. Em segundo lugar, embora com bem menos expressividade, está a regional do Boa Vista, que agrega 14,04% das RPPNM, com extensão de 14% da totalidade desta espécie de área verde no município.

Em contrapartida, as regionais do Boqueirão, Pinheirinho e Cidade Industrial de Curitiba (CIC) não possuem qualquer expressividade no que tange a

transformação de remanescentes florestais urbanos em RPPNM, tendo em vista a ausência de imóveis cadastrados até agosto de 2022.

O mapeamento (Figura 2) realizado a partir das coordenadas dos dados cadastrais de acesso público, divulgados pela Prefeitura Municipal de Curitiba, através do IPPUC, tem-se a distribuição geoespacial das RPPNM nas regionais administrativas da cidade.

FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO GEOESPACIAL DAS RPPNM EM CURITIBA/PR



FONTE: A autora (2023) com dados do IPPUC.

A mesma metodologia de compilação e análise de dados foi aplicada para verificação da distribuição dos BNR em Curitiba e, nos termos das informações disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Curitiba, por meio do IPPUC, constando-se um total de 71.050.200 m² distribuídos heterogeneamente pelas dez regionais administrativas, nos termos da Tabela 2:

TABELA 2 – DADOS DE BOSQUES NATIVOS RELEVANTES DE CURITIBA

Regional	Nº de Fragmentos	Qtde de BNR	Área (hectares)	Área da Regional
Bairro Novo	563	9,32%	1198,27	16,87%
Boa Vista	1234	20,42%	1211,50	17,05%
Boqueirão	344	5,69%	325,70	4,58%
Cajuru	281	4,65%	155,32	2,19%
CIC	878	14,53%	1074,14	15,12%
Matriz	386	6,39%	196,97	2,77%
Pinheirinho	152	2,52%	92,58	1,30%
Portão	378	6,26%	287,88	4,05%
Santa Felicidade	1363	22,56%	1537,55	21,64%
Tatuquara	463	7,66%	1025,12	14,43%
Total	6042	100,00%	7105,02	100,00%

FONTE: A autora (2023) adaptado de SMMA (2022).

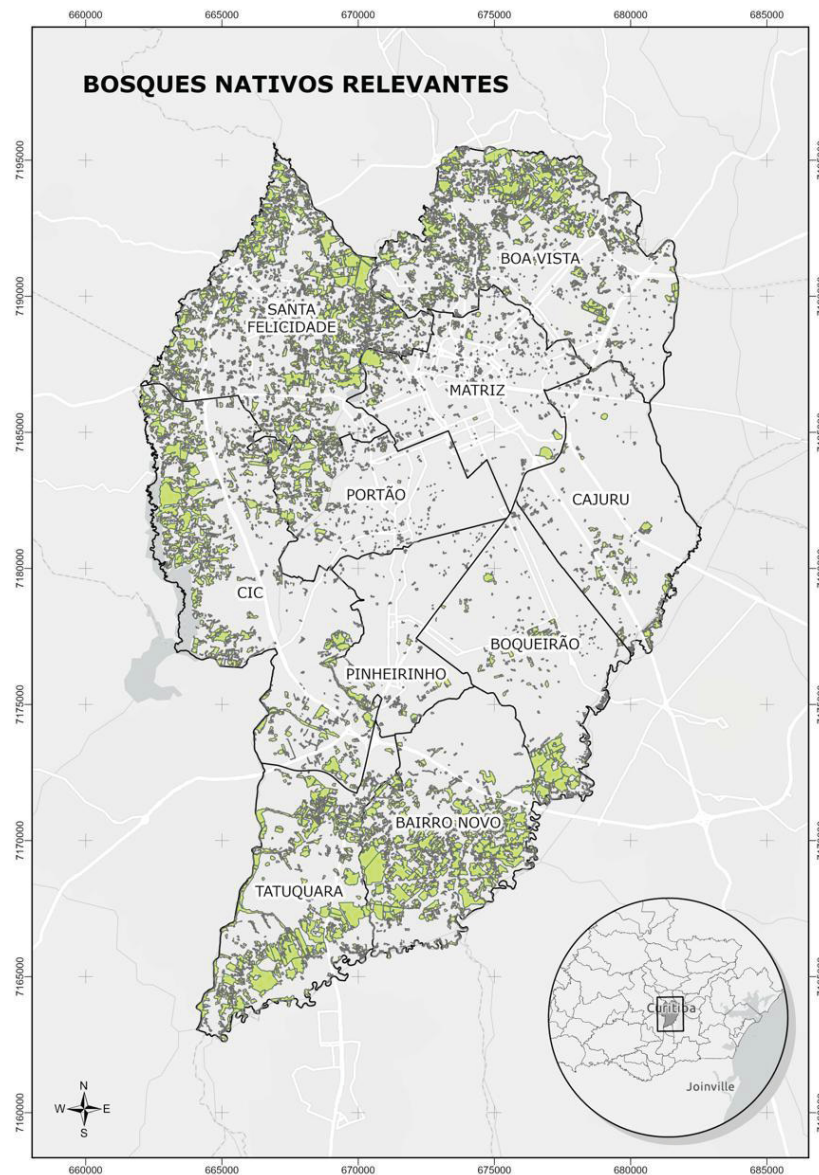
Observa-se que dos 6.042 fragmentos de remanescentes de vegetação nativa cadastrados como relevantes, 1.363 (22,56%) estão localizados na regional de Santa Felicidade, ao passo que 1.234 estão inseridos na regional do Boa Vista (20,42%)

Por outro lado, as regionais do Pinheirinho e Cajuru possuem menor número de fragmentos cadastrados como Bosque Nativo Relevante- BNR, representando quantitativamente 2,52% e 4,65%, respectivamente, do total registrado perante a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba.

Nesse sentido, insta observar que o conceito legal de Bosque Nativo Relevante, nos termos do Decreto Municipal nº 1.783/2021, compreende as formações florestais classificadas como a vegetação primária e a vegetação secundária em estágios avançado ou médio de regeneração da Floresta Ombrófila Mista do Bioma da Mata Atlântica, conforme detalhamento descrito na Resolução nº 02/1994 do CONAMA ou outra que venha a substituí-la ou alterá-la.

Do mesmo modo, a partir das coordenadas dos dados cadastrais de acesso público, divulgados pela Prefeitura Municipal de Curitiba, pelo IPPUC, tem-se a distribuição geoespacial dos fragmentos de vegetação nativa cadastrados como BNR nas regionais administrativas da cidade (Figura 3).

FIGURA 3 – MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO GEOESPACIAL DOS BOSQUES NATIVOS RELEVANTES DAS REGIONAIS ADMINISTRATIVAS DE CURITIBA/PR



FONTE: A autora (2023) com dados do IPPUC.

Nesse sentido, os mapeamentos e quantificações demonstram uma distribuição heterogênea de BNR e RPPNM no município de Curitiba.

Há concentração de RPPNM na região norte da cidade, que tem 75,44% do total de áreas destinadas à criação desta espécie de unidade de conservação.

2.4.2 Perda de áreas verdes urbanas em Curitiba/PR entre 2010 e 2019

Os dados vetoriais utilizados no presente estudo foram obtidos junto ao IPPUC, para diferentes feições e categorias de uso do solo. Especificamente para a classe de vegetação, do Cadastro de Áreas Verdes Urbanas, foram utilizadas duas bases temporais: para o ano de 2010 e para o ano de 2019, com o objetivo de comparar no tempo as variações da vegetação no período analisado.

A metodologia utilizada pelo IPPUC esclarece que parte significativa dos ganhos de vegetação no período analisado ocorreu, em verdade, devido à melhoria da qualidade da imagem, que em 2019 mapeou trechos cobertos por nuvens em 2010. Outra justificativa metodológica para o aumento de áreas verdes identificadas em 2019 em alguns bairros é a diminuição da oclusão das áreas em razão da verticalização pelo modelo digital 3D.

Desse modo, considerando as limitações metodológicas da vetorização das bases cadastrais oficiais, denota-se uma perda de vegetação nativa muito superior a qualquer tipo de incremento na arborização do município, principalmente nas áreas não atingidas pela verticalização ou oclusão da classificação digital da nuvem de pontos. Por essa razão, a pesquisa concentrou-se em identificar e mapear os fragmentos de perdas efetivas de vegetação urbana.

Do referido geoprocessamento dos dados (Tabela 3), constatou-se a perda significativa de áreas verdes urbanas, representando 1.841,45 hectares (18.414.500 m²) de supressão vegetal no período de nove anos (2010 – 2019) em Curitiba/PR.

Para facilitar a análise, os fragmentos de áreas verdes suprimidos foram classificados em oito categorias de tamanho, variando entre zero e cem hectares, em todas as regiões administrativas de Curitiba/PR. Os detalhes estão apresentados na Tabela 3:

TABELA 3 – MAPEAMENTO DA DIMENSÃO DOS FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO SUPRIMIDOS EM CURITIBA (2010 – 2019)

Área (ha)		Nº de fragmentos	%	Área dos fragmentos (ha)	%
0	0,01	278.268	89,3118%	512,06	27,8073%
0,01	0,05	28.725	9,2195%	559,42	30,3794%
0,05	0,1	2.626	0,8428%	179,83	9,7656%
0,1	0,5	1.730	0,5553%	326,14	17,7112%
0,5	1	137	0,0440%	90,51	4,9149%
1	5	79	0,0254%	135,21	7,3424%
5	10	2	0,0006%	11,10	0,6030%
10	100	2	0,0006%	27,18	1,4762%
Total		311.569	100%	1.841,45	100%

FONTE: A autora (2024) adaptado de IPPUC ([2022a]).

Os dados revelam que 89,31% dos 311.569 fragmentos de vegetação urbana suprimidos entre os anos de 2010 e 2019 tinham uma área inferior a 0,01 hectare (ou 1.000 m²), correspondendo a 27,80% do total de vegetação removida durante o período analisado.

Por outro lado, apenas 0,026% da totalidade de fragmentos de áreas verdes suprimidas eram superiores a 1 hectare (10.000 m²). No entanto, quando somados correspondem a 173,49 hectares, equivalente a 1.734.900 m².

Os resultados evidenciam que a regional Boa Vista registrou o maior número de supressões de pequenas áreas verdes no período analisado. Todavia, as regionais Tatuquara e Bairro Novo foram afetadas pela remoção de áreas de tamanhos variáveis, enquanto a CIC concentrou a supressão de vegetação urbana em extensões maiores, conforme registrado na Tabela 4:

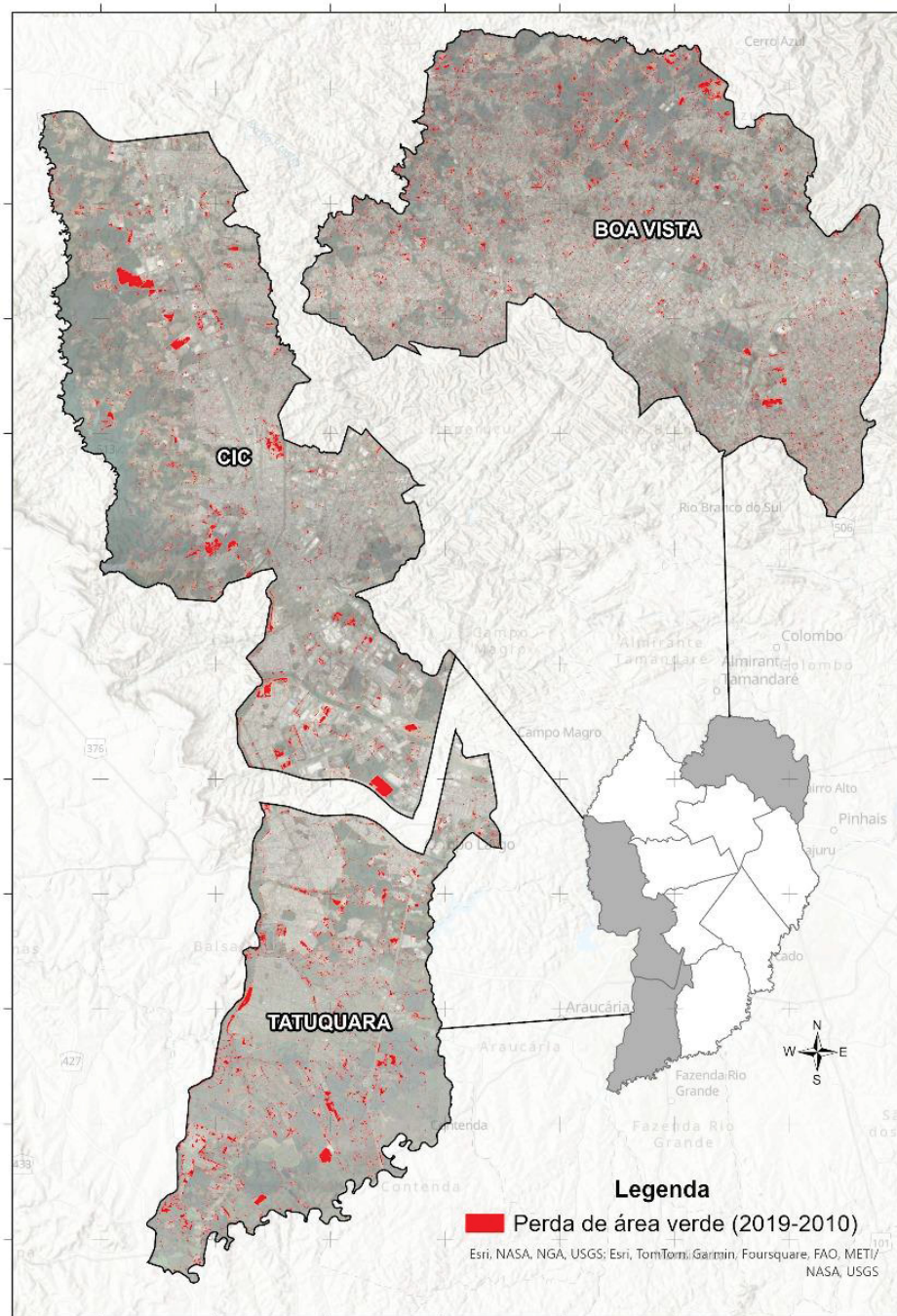
TABELA 4 – MAPEAMENTO DA DIMENSÃO DA SUPRESSÃO DE ÁREAS VERDES NAS REGIONAIS DE CURITIBA/PR (2010 – 2019)

Regional	Área (ha)								Total por regional (ha)
	0-0.01	0.01-0.05	0.05-0.1	0.1-0.5	0.5-1	1-5	5-10	10-100	
Bairro Novo	40	49,23	22,93	54,54	14,43	27,24	0	0	208,37
Boa Vista	90,82	102,08	32,46	49,83	7,52	13,95	0	0	296,66
Boqueirão	46,23	50,63	14,06	23,61	6,29	4,37	0	0	145,19
Cajuru	31,9	45,83	13,56	19,08	8,03	9,23	0	0	127,63
CIC	55,16	51,58	18,55	49,3	16,17	32,92	5,43	27,18	256,29
Matriz	56,21	52,26	11,28	8,22	0	0	0	0	127,97
Pinheirinho	37,56	39,4	7,17	6,52	1,25	0	0	0	91,9
Portão	53,28	51,44	12,95	15,28	3,6	0	0	0	136,55
Santa Felicidade	66,41	70,48	21,54	37,6	7,6	12,58	0	0	216,21
Tatuquara	34,46	46,52	25,33	62,16	25,61	34,93	5,67	0	234,68
Total	512,04	559,44	179,83	326,14	90,51	135,21	11,1	27,18	1.841,45

FONTE: A autora (2024) adaptado de IPPUC (2023).

Os números obtidos evidenciam que as regionais do Boa Vista, CIC e Tatuquara foram as mais afetadas no período observado, haja vista as perdas de áreas verdes urbanas registradas em 2.966.600 m², 2.562.900 m² e 2.346.800 m² respectivamente, conforme ilustrado na Figura 4:

FIGURA 4 – MAPEAMENTO DAS REGIONAIS COM MAIOR PERDA DE ÁREAS VERDES URBANAS– CURITIBA/PR (2010 – 2019)



FONTE: A autora (2024) com dados do IPPUC.

Além disso, após analisar e compilar os dados, verificou-se que na regional Boa Vista registrou o maior número de supressões de áreas verdes durante o período mencionado, além de apresentar a maior extensão total de desmatamento, conforme demonstrado na Tabela 5.

**TABELA 5 – FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO SUPRIMIDOS
NAS REGIONAIS DE CURITIBA/PR (2010 – 2019)**

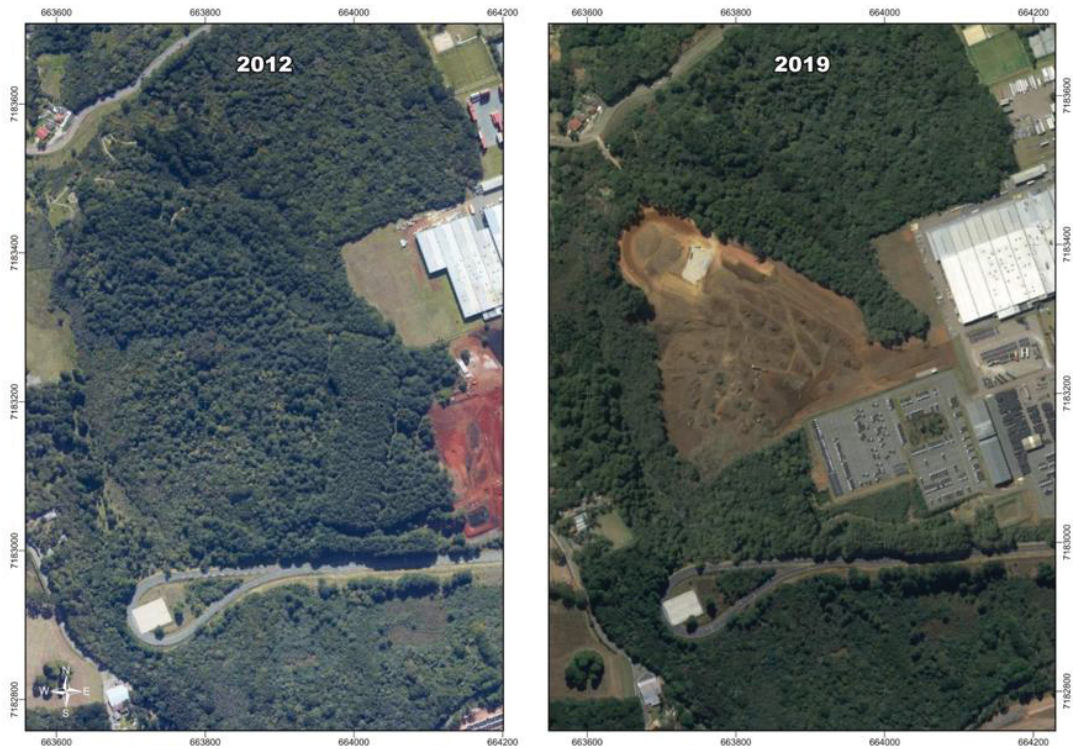
Regional	Nº de fragmentos								Total por regional
	0-0.01	0.01-0.05	0.05-0.1	0.1-0.5	0.5-1	1-5	5-10	10-100	
Bairro Novo	20.808	2.443	331	267	22	14	0	0	23.885
Boa Vista	50.132	5.250	476	285	12	9	0	0	56.164
Boqueirão	22.873	2.689	209	125	10	3	0	0	25.909
Cajuru	17.056	2.292	198	102	12	7	0	0	19.667
CIC	32.198	2.622	271	259	23	17	1	2	35.393
Matriz	33.754	2.811	167	47	0	0	0	0	36.779
Pinheirinho	16.308	2.129	107	37	2	0	0	0	18.583
Portão	27.615	2.648	185	93	6	0	0	0	30.547
Santa Felicidade	39.114	3.612	315	206	12	8	0	0	43.267
Tatuquara	18.408	2.231	367	309	38	21	1	0	21.375
Total	278.266	28.727	2626	1.730	137	79	2	2	311.569

FONTE: A autora (2024) adaptado de IPPUC ([2022a]).

2.4.3 Análise multitemporal do uso do solo e cobertura vegetal dos locais com os maiores fragmentos de supressões de áreas verdes em Curitiba/PR (2010 – 2019)

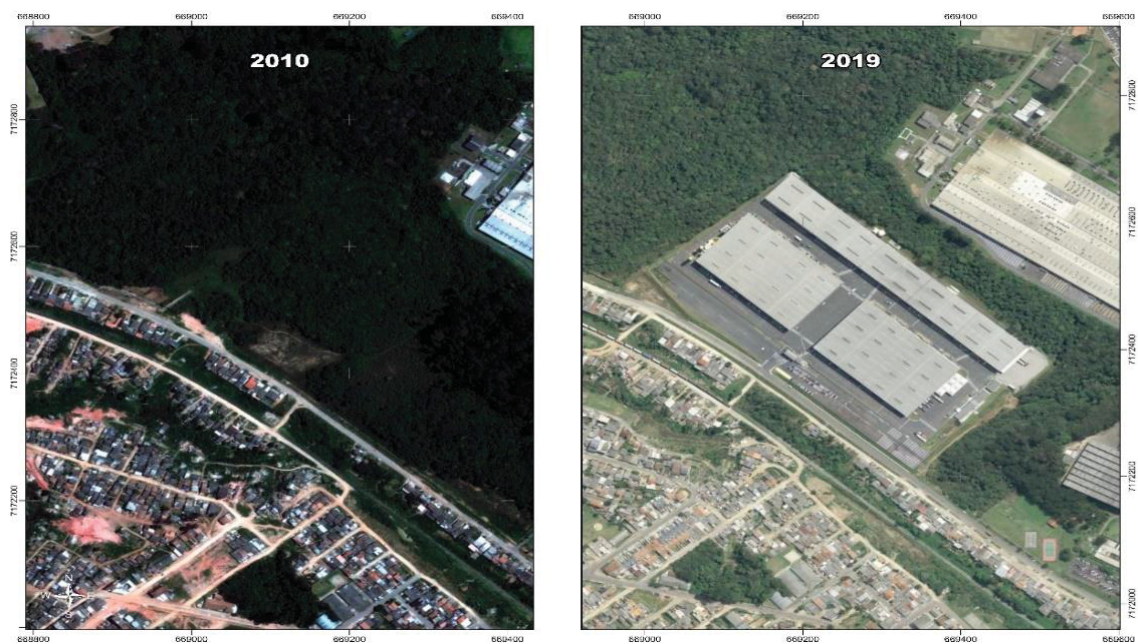
Ao mapear e identificar os fragmentos de supressão de áreas verdes urbanas em Curitiba, no período de 2010 a 2019, foi possível destacar os polígonos que apresentaram as maiores extensões contíguas de áreas desmatadas. Com propósitos analíticos, foram selecionadas as cinco maiores supressões vegetais nesse intervalo de tempo, a fim de apresentar o uso atual do solo nesses locais. Essas indicações estão representadas nas Figuras 5, 6, 7, 8 e 9.

FIGURA 5 – IMAGEM DE FRAGMENTO DA MAIOR SUPRESSÃO DE ÁREA VERDE – CIC – CURITIBA/PR



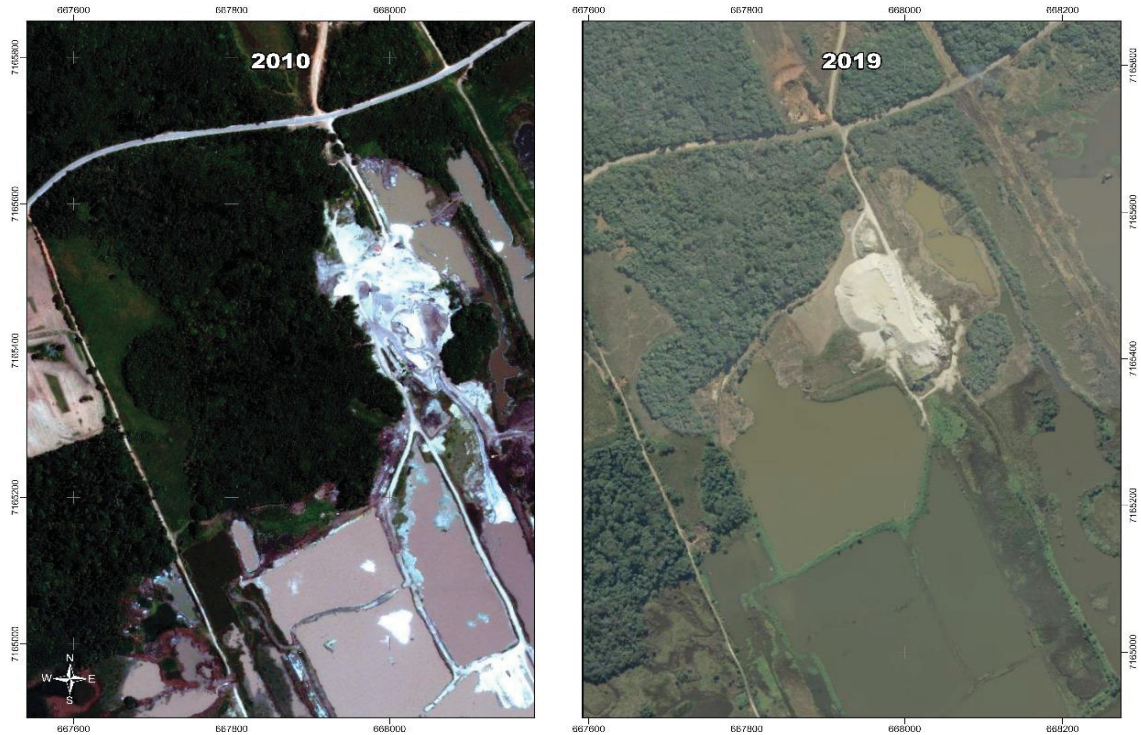
FONTE: Compilação da autora (2024) com imagens coletadas no Google Earth-Mapas, em 15.02.2024.

FIGURA 6 – IMAGEM DE FRAGMENTO DA SEGUNDA MAIOR SUPRESSÃO DE ÁREA VERDE – TATUQUARA – CURITIBA/PR



FONTE: Compilação da autora (2024) com imagens coletadas no Google Earth-Mapas, em 15.02.2024.

FIGURA 7 – IMAGEM DE FRAGMENTO DA TERCEIRA MAIOR SUPRESSÃO DE ÁREA VERDE – TATUQUARA – CURITIBA/PR



FONTE: Compilação da autora (2024) com imagens coletadas no Google Earth-Mapas, em 15.02.2024.

FIGURA 8 – IMAGEM DE FRAGMENTO DA QUARTA MAIOR SUPRESSÃO DE ÁREA VERDE – CIC – CURITIBA/PR



FONTE: Compilação da autora (2024) com imagens coletadas no Google Earth-Mapas, em 15.02.2024.

FIGURA 9 – IMAGEM DE FRAGMENTO DA QUINTA MAIOR SUPRESSÃO DE ÁREA VERDE – CIC – CURITIBA/PR



FONTE: Compilação da autora (2024) com imagens coletadas no Google Earth-Mapas, em 15.02.2024.

A partir da identificação dos polígonos das áreas objeto de supressão de vegetação, a análise *in loco* com pontos georreferenciados permitiu a constatação da finalidade atual dos respectivos imóveis urbanos. Das cinco áreas verificadas, três são destinadas exclusivamente ao uso industrial, hospedando um pátio de manobra de indústria automotiva (Figura 5), uma fábrica de eletrodomésticos (Figura 6) e uma indústria minerária de areia (Figura 7), sendo a quarta área de finalidade mista entre comercial e residencial (Figura 8), e a última exclusivamente residencial (Figura 9), como resumido na Tabela 6:

TABELA 6 – APRESENTAÇÃO DAS ÁREAS OBJETO DOS MAIORES FRAGMENTOS SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO URBANA – CURITIBA/PR (2010 – 2019)

Área Verdes Suprimidas	Tamanho da área (ha)	Regional	Uso atual
Figura 5	16,14	CIC	Industrial
Figura 6	11,04	Tatuquara	Industrial
Figura 7	5,67	Tatuquara	Industrial
Figura 8	5,43	CIC	Comercial – Residencial
Figura 9	4,10	CIC	Residencial

FONTE: A autora (2024).

Destaca-se que as cinco supressões totalizam 42,38 hectares, equivalentes a 423.800 m² de áreas verdes urbanas. A pesquisa não abrangeu informações acerca da prévia existência de processos de licenciamento com autorização ambiental para supressão de vegetação em questão, estágio sucessional e/ou procedimentos de regularização perante os órgãos competentes.

2.5 DISCUSSÃO

As áreas verdes urbanas desempenham um papel crucial no contexto das cidades, pois representam espaços vitais que se destacam no ambiente urbano, oferecendo condições ecológicas que se assemelham mais às da natureza (Amato-Lourenço *et al.*, 2016).

Entre os benefícios ecossistêmicos promovidos por áreas verdes urbanas, destacam-se a diminuição das temperaturas, que contribui para a redução das ilhas de calor, a diminuição do escoamento superficial da água, a redução do ruído e da incidência solar em pavimentos e edificações, além de atuarem como reservatórios de carbono (Frich *et al.*, 2002; McBain; Wilkes; Retter, 2010; Nóbrega; Vital, 2010).

A vegetação também desempenha funções estéticas e recreativas. Propriedades localizadas próximas a áreas verdes ou com vegetação tendem a ter maior valor no mercado imobiliário (Panasolo, 2019).

Em contrapartida, as alterações no uso e ocupação do solo, decorrentes do processo de urbanização, como o parcelamento do solo, a construção de edificações

e o aumento da densidade viária, estão entre os principais fatores associados a elevação da fragmentação das paisagens naturais (Silva *et al.*, 2019). Portanto, é sabido que a intensificação do processo de urbanização ocorre por meio da modificação no uso do solo e da transformação da cobertura natural do mesmo (Monteiro Neto *et al.*, 2021).

Nesse sentido, inclusive, a Avaliação de Riscos Climáticos da Cidade, promovida pela Prefeitura de Curitiba, com verificação projetada da sua resiliência para as próximas décadas, concluiu que serão observados o aumento da temperatura e de alagamentos e inundações, representativos de riscos aos ativos e à população local (Curitiba, 2020).

Percebeu-se, ainda, que a cidade tem vários pontos de atenção, principalmente para ameaças de vendavais e granizo. Além disso, os cenários projetados indicam a intensificação do risco de ocorrência de formação de ilhas de calor, principalmente nas regiões mais urbanizadas e sem cobertura vegetal próxima (Curitiba, 2020).

Em Curitiba, a distribuição de áreas verdes urbanas revela uma notável heterogeneidade, destacando-se as regionais de Santa Felicidade e Boa Vista, situadas no extremo norte do município, como as mais abundantes em vegetação, sendo regiões historicamente caracterizadas por grandes estruturas fundiárias, áreas de expansão urbana e concentração de muitos condomínios fechados. A desigualdade na distribuição de áreas verdes pode ser corroborada por uma análise criteriosa que leva em conta diversos indicadores, tais como a quantidade de bosques cadastrados como nativos relevantes (BNR), áreas destinadas às RPPNM e demais fragmentos de vegetação identificados nos mapeamentos geoespaciais realizados (IPPUC, 2020).

Além disso, uma análise da relação percentual entre a área total das regionais e o quantitativo de vegetação remanescente reforça a constatação de que Santa Felicidade e Boa Vista se destacam como áreas privilegiadas em termos de cobertura vegetal dentro do contexto urbano de Curitiba (IPPUC, 2020).

Nesse cenário, a caracterização de disparidades ambientais não deve se limitar à distribuição dos impactos negativos da exploração de recursos naturais, abarcando também a alocação de bens e serviços ambientais, especialmente nas áreas urbanas (Agyeman *et al.*, 2016).

A desigualdade na distribuição de áreas verdes no município torna-se ainda mais patente ao se constatar que as regionais de Boa Vista e Santa Felicidade se mantiveram como as mais servidas de áreas verdes até 2019, mesmo sendo as registraram que o maior número de fragmentos de vegetação urbana suprimidos entre 2010 e 2019, acentuando a distância do ideal de planejamento urbano com justiça ambiental (Torres *et al.*, 2023).

Em termos de extensão total, independentemente do número de fragmentos de vegetação suprimidos, as regionais Boa Vista, CIC e Tatuquara, em números totais, foram as mais afetadas pelas perdas de áreas verdes urbanas no período analisado (IPPUC, 2020). Proporcionalmente, essas localidades registraram significativo aumento populacional entre 2010 e 2020, conforme os dados apresentados na Tabela 7:

TABELA 7 – NÚMEROS DE HABITANTES POR REGIONAL DE CURITIBA NOS ANOS DE 2010 E 2020

Regional	2010	2020
Bairro Novo	145.433	170.655
Boa Vista	240.626	266.891
Boqueirão	197.346	208.286
Cajuru	223.575	248.420
CIC	184.482	206.342
Matriz	205.722	209.807
Pinheirinho	147.528	152.614
Portão	207.971	223.861
Santa Felicidade	117.265	136.990
Tatuquara	81.959	124.758
Totais	1.751.907	1.948.624

FONTE: A autora (20224) adaptado de IPPUC (2020).

É notável a relação direta entre o aumento populacional e a diminuição de áreas verdes no município de Curitiba, refletindo o padrão comumente associado ao

rápido processo de impermeabilização decorrente do crescimento da região urbanizada (Mendonço; Mendes, 2007).

A expansão urbana frequentemente é impulsionada por interesses econômicos, o que por vezes leva à negligência das barreiras e limitações do meio físico, as quais, por sua vez, deveriam atuar como diretrizes para o crescimento urbano em regiões ambientalmente vulneráveis (Stanganini; Lollo, 2018).

Por outro lado, quando considerado os tamanhos das regionais administrativas da cidade, proporcionalmente, a regional do Tatuquara sofreu a maior perda de área verde urbana em Curitiba entre 2010 e 2019 (Tabela 8), (IPPUC, 2020):

TABELA 8 – MAIORES PERDAS DE ÁREAS VERDES URBANAS – CURITIBA (2010 – 2019)

Regional	Área Regional (ha)	Perda Área Verde (ha)
Boa Vista	5.834	296,66
CIC	6.346	256,29
Tatuquara	4.103	234,68

FONTE: A autora (2024) adaptado de IPPUC (2020).

Nesse panorama, cabe destacar que a regional Tatuquara possuía o menor rendimento médio *per capita* dos domicílios particulares permanentes em 2010, representando aproximadamente um quinto do rendimento observado na matriz, localidade que abarca o centro comercial da cidade (Tabela 9).

TABELA 9 – RENDIMENTO MÉDIO *PER CAPITA* DOS DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES POR REGIONAL

Regional	Rendimento médio <i>per capita</i>
Bairro Novo	R\$ 609
Boa Vista	R\$ 1.193
Boqueirão	R\$ 901
Cajuru	R\$ 1.011
CIC	R\$ 657
Matriz	R\$ 2.612

Pinheirinho	R\$ 928
Portão	R\$ 1.799
Santa Felicidade	R\$ 1.578
Tatuquara	R\$ 492

FONTE: A autora (2024) adaptado de IPPUC (2021).

Além disso, em 2019, a regional apresentava o menor Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) das escolas municipais de Curitiba, ficando abaixo da meta prevista para esse núcleo educacional (Tabela 10).

TABELA 10 – IDEB PARA OS ANOS INICIAIS DA EDUCAÇÃO BÁSICA EM ESCOLAS MUNICIPAIS DE CURITIBA E REGIONAIS – 2019

Regional	IDEB
Bairro Novo	6,3
Boa Vista	6,4
Boqueirão	6,6
Cajuru	6,3
CIC	6,6
Matriz	6,6
Pinheirinho	6,4
Portão	6,7
Santa Felicidade	6,7
Tatuquara	6,1

FONTE: A autora (2024) adaptado de IPPUC (2020).

Ainda, a regional em questão apresentava 8.261 alvarás comerciais ativos em 2020, representando um montante corresponde a 2% do total registrado em Curitiba, o que a classificava como a menos servida por atividades econômicas. Quando relativizado o número de estabelecimentos pela projeção populacional, mantinha-se um baixo indicador, apresentando a taxa de aproximadamente 68 alvarás a cada 1.000 habitantes (IPPUC, 2020):

TABELA 11 – ALVARÁS COMERCIAIS ATIVOS POR REGIONAL – CURITIBA – 2020

Regional	Alvarás Comerciais
Bairro Novo	21.578
Boa Vista	58.485
Boqueirão	47.419
Cajuru	44.003
CIC	27.068
Matriz	112.833
Pinheirinho	34.914
Portão	57.715
Santa Felicidade	30.215
Tatuquara	8.261

FONTE: A autora (2024) adaptado de IPPUC (2020).

A descaracterização da finalidade essencialmente comercial da regional Tatuquara, aliada ao crescimento populacional de 52,22% entre 2010 e 2020 (IPPUC, 2020), pode ser indicativo de ocupação e supressão de vegetação de áreas verdes urbanas para viabilização da ocupação residencial.

De outro lado, a regional CIC, que suportou as maiores perdas de áreas verdes contínuas no período analisado (2010 – 2019), com fragmentos de supressão vegetal variando entre 10 e 100 hectares (100.000 m² e 1.000.000 m²), também apresentava o terceiro menor rendimento médio *per capita* dos domicílios particulares permanentes em 2010 (IPPUC, 2020).

A análise da distribuição dos riscos e danos ambientais resultantes das atividades de antropização da vegetação urbana, considerando variáveis como escolaridade, segurança, desenvolvimento comercial e nível de renda, pode revelar elementos adicionais sobre as distintas realidades do espaço urbano de Curitiba (Cartier *et al.*, 2009). Essa abordagem destaca questões como a falta de serviços e o planejamento inadequado da infraestrutura em regiões distantes do centro comercial da cidade.

Em escala mundial, uma pesquisa realizada a partir do conjunto de dados de florestas globais identificou um padrão espaço-temporal de mudança florestal

com perda de vegetação em países de renda mais baixa, enquanto o ganho de floresta foi evidenciado em localidades com maior renda *per capita* (Estoque *et al.*, 2022).

Para contextualização em nível nacional, merece destaque um estudo que avaliou a correlação espacial entre áreas verdes urbanas e vulnerabilidade social em cinco regiões metropolitanas brasileiras: Distrito Federal, Manaus, Porto Alegre, Recife e São Paulo. No total, foram analisados 117 municípios, que juntos representavam 20% da população urbana do país. A conclusão foi de que no cenário mais representativo a problemática não diz respeito à falta de espaços verdes urbanos, mas à ausência de políticas públicas para a implementação de equipamentos urbanos complementares nesses espaços (Silva; Lima; Saito, 2023).

Sob essa ótica, inclusive, Calderón-Contreras e Quiroz-Rosas (2017), em a pesquisa realizada na Cidade do México, revelaram que a maioria da infraestrutura verde tem baixa qualidade, dificultando a provisão de áreas verdes urbanas necessárias para construir a resiliência do município.

Embora Curitiba tenha sido apontada como a primeira entre as cinco cidades do mundo mais inspiradoras em natureza urbana, com alegado reconhecimento na preservação de áreas verdes urbanas (Curitiba, 2022b; Gosling, [2022]), a análise quantitativa dessas áreas, dissociada dos critérios socioeconômicos e equidade de distribuição na infraestrutura municipal, pode criar um discurso de excelência ambiental distante da realidade de algumas regiões do município (Moro *et al.*, 2014).

Para fins comparativos a nível internacional, destaca-se um estudo realizado na Alemanha, especificamente nas cidades de Munique, Leipzig, Bad Honnef e Wesel, concluiu que em ambientes urbanos com espaço natural limitado, bairros mais verdes são um recurso valioso e aumentam o preço dos apartamentos ao redor e podem se tornar inacessíveis para famílias de menor renda, verificando que os níveis de renda individual mais altos estavam associados a locais com maior verde na vizinhança (Markevych *et al.*, 2017).

Assim como em Curitiba, os dados obtidos em pesquisa executada na cidade de Hartford, Connecticut, Estados Unidos da América (EUA), confirmaram a tendência de maiores perdas de vegetação em locais com menor índice de desenvolvimento econômico no município (Li; Li; Ma, 2015).

Do mesmo modo, o estudo efetuado em Shenzhen, China, demonstrou que a quantidade de espaços verdes urbanos diminui com o grau de desvantagem distrital de renda, ocupação e moradia (You, 2016).

Nesse contexto, o histórico de dados de Curitiba apresentado nesta pesquisa pode ser indicativo da repetição do padrão espaço-temporal identificado em proporção global, na medida em se verifica a perda acelerada de vegetação urbana em regiões com índices insatisfatórios de desenvolvimento socioeconômico.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mapeamentos e quantificações demonstram uma distribuição heterogênea de áreas verdes nas regionais do município de Curitiba/PR, com remanescente vegetal concentrado nos extremos norte e sul da cidade, caracterizando um vazio delimitado nas porções centrais da cidade.

Ainda, observa-se que os locais de concentração de áreas verdes urbanas coincidem com as poligonais mais impactados pelas supressões de vegetação durante o período de nove anos analisado, tanto em número de intervenções quanto em dimensionamento total do impacto ambiental.

A distribuição desigual dessas áreas verdes pode agravar disparidades socioeconômicas e ambientais, destacando a necessidade de um planejamento urbano que preserve e expanda a floresta urbana de forma equitativa.

Os maiores fragmentos de vegetação suprimidos são atualmente destinados à atividade industrial, ao passo em que as localidades que receberam o maior número de supressões menores são, em grande parte, residenciais.

A perda acelerada de vegetação urbana em regiões de baixo desenvolvimento socioeconômico em Curitiba reflete um padrão espaço-temporal observado em escala global, onde países e regiões de renda mais baixa tendem a perder cobertura florestal, enquanto áreas de maior renda *per capita* apresentam ganhos em vegetação. Esse padrão indica que questões socioeconômicas desempenham um papel crucial na conservação ou degradação dos recursos naturais.

É essencial reavaliar as estratégias de conservação da vegetação urbana, buscando garantir sua distribuição mais equitativa por todo o município, através de políticas públicas destinadas à arborização e de incentivos à conservação dos

remanescentes de áreas verdes, por exemplo, como ocorre nos programas de PSA e/ou soluções baseadas na natureza.

Essa abordagem, no entanto, deve ser sensível às diversas demandas da gestão urbana, abrangendo uma gama ampla de interesses e considerando os múltiplos desafios do planejamento urbano e da fragmentação do espaço, com intuito de promover a sustentabilidade urbana e a criação de cidades mais resilientes e inclusivas.

REFERÊNCIAS

AGYEMAN, Julian; SCHLOSBERG, David; CRAVEN, Luke; MATTHEWS, Caitlin. Trends and Directions in Environmental Justice: From Inequity to Everyday Life, Community, and Just Sustainabilities. **Annual Review of Environment and Resources**. v. 41, p. 321-340, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-090052>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-environ-110615-090052>. Acesso em: 17 abr. 2024.

AMATO-LOURENÇO, Luis Fernando; MOREIRA, Tiana Carla Lopes; ARANTES, Bruna Lara de; SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira da; MAUAD, Thais. Metrôpoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. **Metrópole e Saúde – Estudos Avançados**, São Paulo, v. 30, n. 86, 113-130, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/79qP5WjNmMPYKCCQK3G78LD/>. Acesso em: 17 abr. 2024.

BARGOS, Danúbia Caporusso; MATIAS, Lindon Fonseca. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana – REVSBAU**, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v6i3.66481>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66481>. Acesso em: 31 maio 2024.

BEATLEY, Timothy. **Planning for coastal resilience**: Best practices for calamitous times. Island Press, 2012.

BENEDICT, Mark A.; McMAHON, Edward T. Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century. **Renewable Resources Journal**, v. 20, n. 3, p. 12-17, 2002. Disponível em: <https://www.merseyforest.org.uk/files/documents/1365/2002+Green+Infrastructure+Smart+Conservation+for+the+21st+Century..pdf>. Acesso em: 20 jan. 2024.

BERTOLO, Lúdia Sanches; ROCHA, Jansle Vieira; YOUNG, Andrea Ferraz. Evolução temporal do índice de vegetação da área urbana de Curitiba-PR. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2051-2058. Disponível em: <http://martes.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.00.11/doc/2051.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

BIANCONI, Fabio; CLEMENTE, Matteo; FILIPPUCCI, Marco; SALVATI, Luca. Re-sewing the urban periphery. A green strategy for fontivegge district in Perugia. **TeMA – Journal of Land Use, Mobility and Environment**, v. 11, n. 1, p. 107-118, 2018. Disponível em: <http://eprints.bice.rm.cnr.it/17735/>. Acesso em: 31 maio 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. D.O.U. de 28.05.2012, seção 1, p. 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 07 fev. 2024.

BUCKERIDGE, Marcos. Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 85-101, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/dT7wSH4wQN9rFrTZQBvmbTt/>. Acesso em: 17 abr. 2024.

CALDERÓN-CONTRERAS, Rafael; QUIROZ-ROSAS, Laura Elisa. Analysing scale, quality and diversity of green infrastructure and the provision of Urban Ecosystem Services: A case from Mexico City, **Ecosystem Services**, v. 23, p. 127-137, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.12.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041616305381>. Acesso em: 31 maio 2024.

CARTIER, Ruy; BARCELLOS, Christovam; HÜBNER, Cristiane; PORTO, Marcelo Firpo. Vulnerabilidade social e risco ambiental: uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, n. 12, p. 2695-2704, dez. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2009001200016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/53xmW4nCBqMpwppffTSWK5P/>. Acesso em: 17 abr. 2024.

COSTA, Renata Geniany Silva; COLESANTI, Marlene Muno. A contribuição da percepção ambiental nos estudos das áreas verdes. **RA'E GA – O Espaço Geográfico em Análise**, v. 22, p. 238-251, jun. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v22i0.21774>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/21774>. Acesso em: 01 mai. 2024.

CURITIBA. **Avaliação de Riscos Climáticos da Cidade de Curitiba**. Prefeitura Municipal, 2020. Disponível em: <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2020/00305799.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2024.

CURITIBA. **Centros de bairros equilibram os fluxos urbanos em Curitiba.** Prefeitura Municipal, 04.01.2022a. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/centros-de-bairros-equilibram-os-fluxos-urbanos-emcuritiba/62200>. Acesso em: 25 mar. 2023.

CURITIBA. Curitiba é a cidade mais inspiradora do mundo em preservação de áreas verdes. **Agência de Notícias da Prefeitura de Curitiba**, 26.05.2022b. Disponível em: <https://familiafolhas.curitiba.pr.gov.br/noticias/Curitiba-%C3%A9-a-cidade-mais-inspiradora-em-preservacao-de-areas-verdes/63933>. Acesso em: 31 maio 2024.

CURITIBA. **Lei nº 15.852**, de 01 de julho de 2021. Dispõe sobre a política municipal de proteção, conservação e recuperação do meio ambiente no Município e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2021/1586/15852/lei-ordinaria-n-15852-2021-dispoe-sobre-a-politica-municipal-de-protacao-conservacao-e-recuperacao-do-meio-ambiente-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 10 fev. 2022.

CURITIBA. **Parques e Bosques de Curitiba.** Prefeitura Municipal, Atualização: Junho/2023. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/parques-e-bosques-de-curitiba/267>. Acesso em: 31 maio 2024.

CURITIBA. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica Curitiba – PR.** Prefeitura Municipal, 2012. Disponível em: <http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2012/00125055.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2023.

ESTOQUE, Ronald C.; DASGUPTA, Rajarshi; WINKLER, Karina; AVITABILE, Valerio; JOHNSON, Brian A.; MYINT, Soe W.; GAO, Yan; Ooba, Makoto; MURAYAMA, Yuji; LASCO, Rodel D. Spatiotemporal pattern of global forest change over the past 60 years and the forest transition theory. **Environmental Research Letters**, v. 17, n. 8, 2022, 084022. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac7df5>. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac7df5>. Acesso em: 17 abr. 2024.

ESTRADA, Francisco; BOTZEN, W. J. Wouter; TOL, Richard S. J. A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 6, p. 403-406, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate3301>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317648223_A_global_economic_assessment_of_city_policies_to_reduce_climate_change_impacts. Acesso em: 31 maio 2024.

FRICH, PL.; ALEXANDER, Lisa; DELLA-MARTA, Paul M.; GLEASON, B.; HAYLOCK, M.; KLEIN, Tank Amg; PETERSON, TC. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. **Climate Research**, v. 19, n. 3, p. 193-212, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.3354/cr019193> Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/240143729_Observed_coherent_changes_in_climatic_extremes_during_2nd_half_of_the_20th_century. Acesso em: 17 abr. 2024.

GOSLING, Sharon. **Six cities making room for nature**. BBC Earth, [2022]. Disponível em: <https://www.bbcearth.com/news/six-cities-making-room-for-nature>. Acesso em: 31 maio 2024.

GUZZO, Perci; CARNEIRO, Regina Maria Alves; OLIVEIRA JUNIOR, Hamilton de. Cadastro Municipal de Espaços Livres Urbanos de Ribeirão Preto (SP): Acesso Público, Índices e Base para Novos Instrumentos e Mecanismos de Gestão. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 1, n. 1, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v1i1.66437>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66437/38275>. Acesso em: 15 mar. 2023.

HARDT, Letícia Peret Antunes. **Subsídios ao planejamento de sistemas de áreas verdes baseado em princípios de ecologia urbana - aplicação a Curitiba - PR**. 1994. 189 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 1994. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/28666>. Acesso em: 31 maio 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/curitiba.html>. Acesso em: 07 abr. 2023.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Equipamentos Urbanos**. [2022a]. Disponível em: <http://geoapp.ippuc.org.br/equipamentosurbanos/>. Acesso em: 07 abr. 2023.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Equipamentos urbanos de Curitiba**. [2022b]. Disponível em: <https://geocuritiba.ippuc.org.br/portal/apps/MapSeries/index.html?appid=998b255ba3a54966bd738910077f0b52>. Acesso em: 07 abr. 2023.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Curitiba em dados**. 2020. Disponível em: <http://www.ippuc.org.br>. Acesso em: 11 abr. 2023.

JESUS, Silvia Cristina de; BRAGA, Roberto. Análise espacial das áreas verdes urbanas da Estância de Águas de São Pedro – SP. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, MG, v. 6, n. 16, p. 207-224, 2005. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG61615460>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15460>. Acesso em: 05 nov. 2022.

LI, Xin; LI, Xiaoshun; MA, Xiaodong. Spatial optimization for urban green space (UGS) planning support using a heuristic approach. **Applied Geography**, v. 138, 102622, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2021.102622>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622821002381>. Acesso em: 17 abr. 2024.

LIMA, Ana Maria Liner Pereira; CAVALHEIRO, Felisberto; NUCCI, João Carlos; SOUSA, Maria Alice de Lourdes Bueno; FIALHO, Nilva de Oliveira; DEL PICCHIA, Paulo Celso Dornelles. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2, 1994. São Luiz/MA. **Anais...** São Luiz: Imprensa Emater/MA, 1994. p. 539-553. Disponível em: <https://www.erambiental.com.br/var/userfiles/arquivos69/documentos/12925/LimaEtAl-AreasVerdes-1994.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

LIMA, Valéria; AMORIM, Margarete Cristiane da Costa Trindade. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Formação (Online)**, v. 1, n. 13, 2011. DOI: <https://doi.org/10.33081/formacao.v1i13.835>. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/835>. Acesso em: 01 jun. 2024.

LONDE, Patrícia Ribeiro; MENDES, Paulo Cezar. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Hygeia – Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 10, n. 18, p. 264-272, 2014. DOI: <https://doi.org/10.14393/Hygeia1026487>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/26487>. Acesso em: 17 fev. 2024.

MAGALHÃES, Luís Mauro S. Arborização e florestas urbanas terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. **Série Técnica Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 1, p. 23-26, 2006. Disponível em: <https://app.periodikos.com.br/article/587fb62b0e8825696bb65ffd/pdf/stfloram-0-23.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

MAIA, Israel de Paula; SANTOS, Alisson Almeida dos; SANTOS, Roberto de Souza. A importância das áreas verdes em espaços urbanos: reflexões sobre qualidade de vida e marcos legais. **Revista Produção Acadêmica – Núcleo de Estudos Urbanos Regionais e Agrários/NURBA**, v. 6, n. 1, p. 2-23, 2020. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/producao academica/article/view/12092>. Acesso em: 31 maio 2024.

MARKEYVYCH, Iana; MAIER, Werner; FUERTES, Elaine; LEHMANN, Irina; VON BERG, Andrea; BAUER, Carl-Peter; KOLETZKO, Sibylle; BERDEL, Dietrich; SUGIRI, Dorothea; STANDL, Marie; HEINRICH, Joachim. Neighbourhood greenness and income of occupants in four German areas: GINIplus and LISApplus. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 21, p. 88-95, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866715300868>. Acesso em: 31 maio 2024.

MATOS, Eloina; QUEIROZ, Luciano Paganucci. **Árvores para cidades**. Salvador: Ministério Público do Estado da Bahia: Solisluna, 2009.

McBAIN, Will; WILKES, David; RETTER, Matthias. **Flood resilience and resistance for critical infrastructure**. CIRIA C688, CIRIA Project RP913, CIRIA, London, UK, 2010.

McBRIDE, Joe R. **The World's Urban Forests**. Springer International Publishing: Cham, v. 8. p. 221-223, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-52108-4>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313492825_The_World's_Urban_Forests. Acesso em: 31 maio 2024.

MENDIONDO, Eduardo Mário; MENDES, Heloísa Mendes. Histórico da expansão urbana e incidência de inundações: o caso da Bacia do Gregório, São Carlos-SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, v. 12, n. 1, p. 17-27, 2007. DOI: 10.21168/rbrh.v12n1.p17-27. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=21&SUMARIO=300>. Acesso em: 31 maio 2024.

MILESI, Cristina; RUNNING, Steven W.; ELVIDGE, Christopher D.; DIETZ, John B.; TUTTLE, Benjamin T.; NEMANI, Ramakrishna R. Mapping and Modeling the Biogeochemical Cycling of Turf Grasses in the United States. **Environmental Management**, v. 36, p. 426-438, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0316-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-004-0316-2>. Acesso em: 31 maio 2024.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Parques e áreas verdes**, 2023. Disponível em: <http://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/parques-e-%C3%A1reas-verdes.html>. Acesso em: 07 fev. 2024.

MONTEIRO NETO, Albertino; BATISTA, Lucas Mota; SOUSA, Marina Costa de; FREITAS, Kemuel Maciel; ARAÚJO, Suzana Romeiro. Sensoriamento remoto na análise de variáveis ambientais influenciadas pela implantação da usina hidrelétrica de Belo Monte (PA). **Caderno de Geografia**, v. 31, n. 66, p. 823-841, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2021v31n66p823>. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/26826>. Acesso em: 31 maio 2024.

MORERO, Andrea Maria; SANTOS, Rozely Ferreira dos; FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso. Planejamento ambiental de áreas verdes: estudo de caso em Campinas – SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 19-30, jun. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.24278/2178-5031.2007191334>. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/339235>. Acesso em: 31 maio 2024.

MORO, Carolina Corrêa; MANTELLI, Gabriel Antonio Silveira; PROVASI, Gisela; BURJATO, Juliana de Faria; NAKANO, Juliana Mary Yamanaka; REBELLO, Leonardo Fernandes; SIQUEIRA, Mariana Hanssen Bellei Nunes de; DUQUE, Vinicius. Áreas verdes urbanas e o ideário de justiça ambiental nas políticas públicas municipais. In: 19º Congresso Brasileiro de Direito Ambiental, São Paulo, 2014. **Anais ...** Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341422858_Areas_verdes_urbanas_e_o_ideario_de_justica_ambiental_nas_politicas_publicas_municipais. Acesso em: 31 maio 2024.

NÓBREGA, Ranyére Silva; VITAL, Luis Augusto de Bakker. Influência da Urbanização sobre o Microclima de Recife e Formação de Ilha de Calor (Influence of Urbanization on the Climate of Recife and Development of Heat Island). **Revista Brasileira De Geografia Física**, v. 3, n. 3, p. 151-156, 2010. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v3i3.232670>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgf/article/view/232670>. Acesso em: 17 abr. 2024.

NUCCI, João Carlos. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: Um estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2. ed. Curitiba: O Autor, 2008. Disponível em: <https://tgpusp.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/05/qualidade-ambiental-e-adensamento-urbano-nucci-2008.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

OLIVEIRA, Sandra; ANDRADE, Henrique; VAZ, Teresa. The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. **Building and Environment**, v. 46, n. 11, p. 2186-2194, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.04.034>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257171832_The_cooling_effect_of_green_spaces_as_a_contribution_to_the_mitigation_of_urban_heat_A_case_study_in_Lisbon. Acesso em: 31 maio 2024.

PANASOLO, Alessandro. **Conservação de Áreas Verdes Urbanas Privadas**: Proposta de modelo de Transferência do Potencial Construtivo como estímulo para criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPNM's em Curitiba. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2015. Disponível em: http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2015/d700_0899-M.pdf. Acesso em: 02 fev. 2022.

PANASOLO, Alessandro. **Identificação, Valoração e Remuneração de Serviços Ecossistêmicos em Remanescentes de Vegetação Urbana – Estudo de Caso: Curitiba-Pr**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2019. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/63001>. Acesso em: 31 maio 2024.

RAHMAN, Mohammad A.; MOSER, Astrid; RÖTZER, Thomas; PAULEIT, Stephan. Within canopy temperature differences and cooling ability of *Tilia cordata* trees grown in urban conditions. **Building and Environment**, v. 114, p. 118-128, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132316305091>. Acesso em: 17 abr. 2024.

RIBEIRO, Juliana Baladelli. Critérios para a seleção de áreas prioritárias para a criação de unidades de conservação em áreas urbanas. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Positivo, Curitiba, Paraná, 2012. Disponível em: <https://repositorio.cesuca.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2412/1/Juliana%20Baladelli%20Ribeiro.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2023.

RUNFOLA, Daniel M.; HUGHES, Sara. What makes green cities unique? Examining the economic and political characteristics of the grey-to-green continuum. **Land**, v. 3, n. 1, p. 131-147, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/land3010131>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261309035_What_Makes_Green_Cities_Unique_Examining_the_Economic_and_Political_Characteristics_of_the_Grey-to-Green_Continuum. Acesso em: 17 abr. 2024.

SENNA, Dayse Cristina. **Estado actual de la informacion sobre arboles fuera del bosque**. FAO, 2002. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ad399s/AD399s04.htm>. Acesso em: 22 nov. 2022.

SILVA, Alessandra Leite da; LONGO, Regina Márcia; BRESSANE, Adriano; CARVALHO, Marcius Fabius Henriques de. Classificação de fragmentos florestais urbanos com base em métricas da paisagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1254-1269, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509830201>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/30201>. Acesso em: 31 maio 2024.

SILVA, Romero Gomes Pereira da; LIMA, Cláudia Lins; SAITO, Carlos Hiroo. Urban green spaces and social vulnerability in Brazilian metropolitan regions: Towards environmental justice, **Land Use Policy**, v. 129, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106638>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837723001047>. Acesso em: 31 maio 2024.

STANGANINI, Fábio Noel; LOLLO, José Augusto de. O crescimento da área urbana da cidade de São Carlos/SP entre os anos de 2010 e 2015: o avanço da degradação ambiental. **urbe – Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, n. 1, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.010.supl1.a014>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328147854_O_crescimento_da_area_urbana_da_cidade_de_Sao_CarlosSP_entre_os_anos_de_2010_e_2015_o_avanco_da_degradacao_ambiental. Acesso em: 17 abr. 2024.

SUGIYAMA, Takemi; LESLIE, Eva; GILES-CORTI, Billie; OWEN, Neville. Associations of neighbourhood greenness with physical and mental health: do walking, social coherence and local social interaction explain the relationships? **Journal of Epidemiology & Community Health**, v. 62, n. 5, p. e9-e9, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1136/jech.2007.064287>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/5420708_Associations_of_neighbourhood_greenness_with_physical_and_mental_health_Do_walking_social_coherence_and_local_social_interaction_explain_the_relationships. Acesso em: 31 maio 2024.

TORRES, Pedro Henrique Campello; SOUZA, Daniele Tubino Pante de; MOMM, Sandra; TRAVASSOS, Luciana; PICARELLI, Sophia B. N.; JACOBI, Pedro Roberto; MORENO, Robson da Silva. Just cities and nature-based solutions in the Global South: A diagnostic approach to move beyond panaceas in Brazil. **Environmental Science & Policy**, v. 143, p. 24-34, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.02.017>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901123000503>. Acesso em: 17 abr. 2024.

VERONEZ, Diana; LIMA, Livia da Rocha; BARTOLLO, Sandrine Caporlingua; BEZERRA, Maria do Carmo de Lima. Áreas Verdes Urbanas e as Unidades de Conservação: O caso do Parque Nacional de Brasília. **ANAIS SNCMA**, v. 8, n. 1, 2017. Disponível em: <https://anais.unievangelica.edu.br/index.php/sncma/article/view/216>. Acesso em: 15 dez. 2023.

WOLCH, Jennifer R.; BYRNE, Jason; NEWELL, Joshua P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, p. 234-244, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204614000310>. Acesso em: 17 abr. 2024.

YOU, Heyuan. Characterizing the inequalities in urban public green space provision in Shenzhen, China. **Habitat International**, v. 56, p. 176-180, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.05.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0197397516301771>. Acesso em: 31 maio 2024.

3 ANÁLISE TEMPORAL DO BALANÇO DE ÁREAS VERDES URBANAS E SEUS EFEITOS NO PREÇO DA TERRA EM CURITIBA/PR

RESUMO: Este estudo destaca a importância das áreas verdes urbanas para a saúde e bem-estar da população, bem como para a conservação ambiental. Apesar dos esforços significativos que o município de Curitiba dispense na preservação de áreas verdes, desafios como a ocupação desordenada e a distribuição desigual ameaçam esses espaços vitais. A pesquisa explora a distribuição e acessibilidade das áreas verdes urbanas em Curitiba, utilizando a metodologia InVEST para avaliar a oferta, demanda e balanço de áreas verdes e a relação entre oferta de áreas verdes e o valor da terra entre os anos de 2010 e 2020. Os resultados indicaram uma disparidade no balanço de áreas verdes, com algumas regionais apresentando superávit enquanto outras enfrentam déficit. Observou-se também uma correlação negativa entre a oferta de áreas verdes e o valor da terra, sugerindo que regiões com menos espaços verdes tendem a ter um valor de terra mais alto. A pesquisa destacou a importância de políticas públicas e estratégias de planejamento urbano que promovam um equilíbrio na distribuição de áreas verdes, visando uma cidade mais sustentável e equitativa. Os achados reforçam a necessidade de proteger e otimizar as áreas verdes urbanas, considerando os benefícios ecossistêmicos e sociais que proporcionam, além de seu impacto econômico.

Palavras-Chave: InVEST; espaços naturais; floresta urbana; espaços verdes; planejamento urbano; desigualdades ambientais.

ABSTRACT: This study highlights the importance of urban green spaces for population health and well-being, as well as environmental conservation. Despite significant efforts in Curitiba to preserve green areas, challenges such as disorderly occupation and unequal distribution threaten these vital spaces. The research explores the distribution and accessibility of urban green spaces in Curitiba, using the InVEST methodology to assess supply, demand, and balance of green areas and the relationship between green area supply and land value between the years 2010 and 2020. The results indicated a disparity in the balance of green areas, with some regions showing a surplus while others face deficits. A negative correlation was also observed between green area supply and land value, suggesting that regions with fewer green spaces tend to have higher land values. The research highlighted the importance of public policies and urban planning strategies that promote a balance in the distribution of green areas, aiming for a more sustainable and equitable city. The findings reinforce the need to protect and optimize urban green spaces, considering the ecosystemic and social benefits they provide, as well as their economic impact.

Keywords: InVEST; natural spaces; urban forest; green spaces; urban planning; environmental inequalities.

3.1 INTRODUÇÃO

As áreas verdes urbanas são espaços essenciais para a saúde e bem-estar das populações das cidades (Kolimenakis *et al.*, 2021), sendo ambientes que oferecem oportunidades importantes de recreação, e benefícios sociais, psicológicos e de saúde física (Bratman *et al.*, 2019). Essas áreas contribuem para a melhoria da qualidade do ar, a conservação da biodiversidade e a redução do efeito de ilhas de calor (Gunawardena; Wells; Kershaw, 2017; Piracha; Chaudhary, 2022).

Curitiba é uma cidade que se destaca por sua dedicação à preservação de áreas verdes e à qualidade da vida urbana. Segundo a Prefeitura Municipal, a cidade possui mais de 13 milhões de metros quadrados de áreas verdes, incluindo parques, bosques e outras unidades de conservação (Curitiba, 2022b). A estratégia de Curitiba para a preservação de áreas verdes começou há décadas, com políticas públicas que priorizavam a proteção de fundos de vale para evitar o assoreamento e a poluição dos rios (Curitiba; SPVS, 2018).

No entanto, apesar dos esforços do poder público em preservar as áreas verdes, a cidade enfrenta desafios que ameaçam esses espaços vitais. Um dos principais problemas é a ocupação desordenada, que pode levar à redução das áreas verdes em razão do desenvolvimento imobiliário (Crispim *et al.* 2014). Outra questão importante é a distribuição desigual das áreas verdes, com uma concentração maior na região Norte e menos espaços naturais nas áreas centrais e em outras regiões da cidade, o que pode limitar o acesso das pessoas aos benefícios ecossistêmicos proporcionados por esses espaços (Panasolo, 2019). Além disso, a legislação existente precisa ser aplicada de modo a proteger essas áreas de ocupações irregulares e de atividades que possam colocar em risco a biodiversidade local (Benjamin, 2007).

De outro lado, a utilização de ferramentas analíticas é fundamental para entender a dinâmica das áreas verdes urbanas e garantir seu desenvolvimento e manutenção sustentáveis. A oferta, demanda e o balanço de áreas verdes são aspectos críticos que influenciam diretamente a qualidade de vida nas cidades (Bratman *et al.*, 2019). Ferramentas como o *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* (InVEST) permitem uma avaliação precisa desses fatores, fornecendo dados essenciais para o planejamento urbano eficaz (Stanford, 2023).

A metodologia do InVEST possibilita a análise de como as áreas verdes urbanas podem ser otimizadas para proporcionar benefícios ecossistêmicos máximos para as comunidades locais. Por meio da integração de dados geográficos e socioeconômicos, a metodologia oferece uma visão abrangente sobre a distribuição e a acessibilidade das áreas verdes, identificando regiões carentes e potenciais espaços para desenvolvimento sustentável (Liu *et al.*, 2020).

Nesse contexto, a pesquisa tem como objetivo geral avaliar a oferta, a demanda e o balanço de áreas verdes urbanas em Curitiba e sua relação com o preço da terra, entre os anos de 2010 e 2020, utilizando a metodologia do InVEST para identificar padrões de distribuição espacial. E, especificamente, procura-se:

- (a) obter a oferta de áreas verdes por habitante, nos anos de 2010 e 2019 no município de Curitiba/PR;
- (b) obter a demanda por áreas verdes por pixel (100 m²), nos anos de 2010 e 2020, nas regionais de Curitiba/PR;
- (c) estudar o balanço de áreas verdes, comparando a oferta e demanda de áreas verdes para identificar as regiões com déficit ou superávit de espaços naturais; e,
- (d) avaliar a influência das áreas verdes no valor da terra, investigando como a proximidade de áreas verdes influenciam o valor da terra nas diferentes regiões de Curitiba/PR.

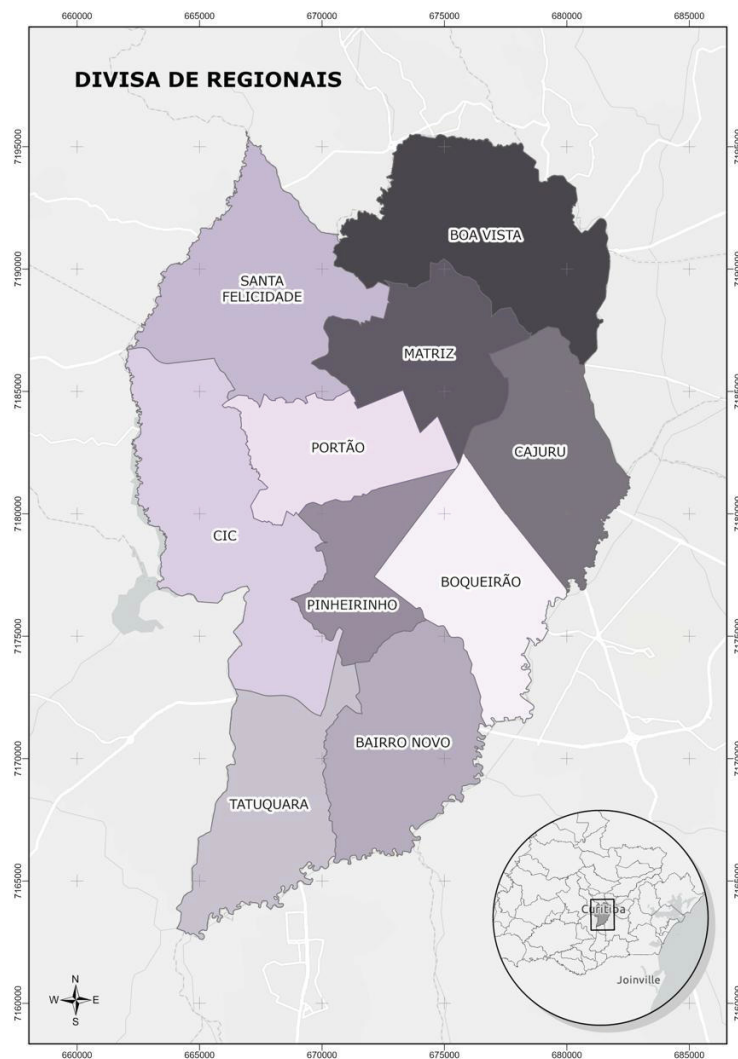
Além disso, também, é objetivo deste trabalho responder se:

- 1) A metodologia espacial do InVEST em Curitiba poderá revelar uma disparidade na oferta e na demanda por áreas verdes urbanas entre as diversas regionais da cidade?;
- 2) Há uma correlação entre a oferta de áreas verdes, obtida por meio da modelagem espacial InVEST, e o valor da terra das regionais de Curitiba no período analisado?; e,
- 3) Os imóveis urbanos com maior disponibilidade de áreas verdes apresentam uma desvalorização econômica relativa em comparação àqueles com menor oferta de área verde?

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Curitiba, capital do estado do Paraná, com coordenada central 25°25'40" S de latitude, 49°16'23" W de longitude e 924 metros de altitude. Segundo a classificação de Köppen, o município é caracterizado por clima do tipo subtropical úmido (Cfb), com precipitação média anual de 1.630 milímetros e temperatura média de 17,2 °C (Alvares *et al.*, 2013). A cidade, com 75 bairros, está dividida em dez regionais administrativas (Figura 10): (1) Bairro Novo; (2) Boa Vista; (3) Boqueirão; (4) Cajuru; (5) Cidade Industrial de Curitiba (CIC); (6) Matriz; (7) Pinheirinho; (8) Portão; (9) Santa Felicidade; e, (10) Tatuquara.

FIGURA 10 – MAPA DAS REGIONAIS ADMINISTRATIVAS DE CURITIBA/PR



FONTE: A autora (2023).

3.2.1 Aquisição de Dados

Os dados relacionados à localização e distribuição de áreas verdes urbanas (2010 – 2019), preço da terra e população em Curitiba, utilizados na presente pesquisa, foram obtidos integralmente junto ao IPPUC, órgão vinculado à Secretaria Municipal de Urbanismo. Tais dados são disponibilizados por meio de diversos aplicativos online. Na plataforma GeoCuritiba (IPPUC, [20--]), foram obtidos dados de Mapa Cadastral (Versão 1.5.1 – Base Pública) e Base Cartográfica.

Os dados vetoriais das áreas verdes urbanas são componentes essenciais dos sistemas de informações geográficas (SIG), representando entidades físicas por meio de feições geométricas como pontos, linhas e polígonos. Cada feição é definida espacialmente pelas coordenadas de seus pontos e vértices. Os dados vetoriais adquiridos do IPPUC, que incluem uma variedade de feições e categorias de uso do solo, estão detalhados no Quadro 2.

QUADRO 2 – CATEGORIAS E FEIÇÕES VETORIAIS UTILIZADAS NO PRESENTE ESTUDO

Camada	Categoria	Feição	Tipo de vetor
Mapa Cadastral	Limites Legais	Divisa de Regionais	Polígono
Base Cartográfica	Áreas Verdes	Áreas Verdes (2010)	Polígono
		Áreas Verdes (2019)	Polígono
	Planta Genérica de Valores	Valor da Terra (2010)	Polígono
		Valor da Terra (2017)	Polígono

FONTE: A autora (2023) adaptado de IPPUC (2020).

Ademais, as informações relacionadas à presença e distribuição das áreas verdes urbanas e limites administrativos de Curitiba, empregadas neste estudo são oriundas dos levantamentos mais atuais realizados pelo IPPUC, disponibilizados em 2019. Para a análise da vegetação, conforme registrado no Cadastro de Áreas Verdes, adotaram-se duas séries temporais: um referente ao ano de 2010 e outra ao ano de 2019. Quanto aos valores da terra, também se utilizaram duas séries temporais, correspondentes aos anos de 2010 e 2017. A distribuição populacional por regional corresponde ao ano de 2020 deriva de dados tabelados para os diagnósticos regionais publicados pelo IPPUC (2020). Todos os dados estão

alinhados ao sistema de coordenadas UTM, fuso 22J, e baseados no Datum SIRGAS2000, garantindo precisão geoespacial.

3.2.2 Tratamento de Dados

As diferentes bases de dados foram processadas e analisadas no ambiente de geoprocessamento, utilizando o *software* QGIS, versão 3.34. Esse procedimento assegurou a compatibilidade e integração dos dados para análises subsequentes. As diversas ferramentas de manipulação de dados vetoriais do *software*, incluindo funções como extração, sobreposição, intersecção, transformação e projeção, foram empregadas.

No *shapefile* “Divisa de Regionais”, adicionou-se uma coluna para quantificar os habitantes e, em seguida, dividiu-se esse número por 100 m², correspondendo ao tamanho do pixel (10 m × 10 m). Após essa etapa, o *shapefile* foi convertido em um raster de densidade populacional, em que cada pixel passou a ter atribuído o número de pessoas.

Para os *shapefiles* “Áreas Verdes” dos anos 2010 e 2019, atribuiu-se o valor 1 aos polígonos com vegetação e 0 aos sem vegetação, seguido pela conversão desses dados em raster com resolução espacial de 10 m. Nos *shapefiles* “Valor da Terra” de 2010 e 2017, utilizou-se a ferramenta “*Fill no data*” para interpolar valores nas áreas sem dados, como as ruas. Esses procedimentos permitiram a criação de mapas temáticos detalhados para análise espacial.

3.2.3 Processamento de Dados

O InVEST, desenvolvido pela Universidade de Stanford, é conjunto de modelos de *software* gratuitos e de código aberto usados para mapear e avaliar os bens e serviços da natureza que sustentam e satisfazem a vida humana, em cooperação para o *Projeto Capital Natural*, que reúne pesquisadores interdisciplinares, profissionais e líderes mundiais (Stanford, 2023).

O conjunto de ferramentas InVEST inclui modelos distintos de serviços ecossistêmicos projetados para ecossistemas terrestres, de água doce, marinhos e costeiros, além de várias ferramentas auxiliares que ajudam na localização e

processamento de dados de entrada, bem como na compreensão e visualização dos resultados. Os modelos InVEST são espacialmente explícitos, utilizando mapas como fontes de informação e produzindo mapas como resultados em termos biofísicos ou econômicos, permitindo uma resolução espacial das análises flexível, viabilizando a análise de questões em escala local, regional ou global (Stanford, 2023).

3.2.3.1 O modelo utilizado

A partir da conversão dos dados para os formatos compatíveis, utilizou-se o conjunto de *software* InVEST, empregando especificamente o modelo *Urban Nature Access* em sua configuração padrão, desenvolvido pela Universidade de Standford. O modelo *Urban Nature Acess*, conforme o *Natural Capital Project* (2024), visa facilitar a análise do acesso das populações às áreas verdes urbanas. O modelo estima esse acesso considerando a distribuição e a quantidade de vegetação, a densidade populacional e a demanda *per capita* por espaços naturais urbanos (Stanford, 2023).

A plataforma de dados e ciência do Projeto Capital Natural, ancorado pelo conjunto de Software InVEST tem sido utilizada em mais de 180 países para mapear, quantificar e avaliar os serviços ecossistêmicos em apoio a uma diversidade de mecanismos políticos e financeiros (Mandle *et al.*, 2019, p. 6).

Os dados de entrada para o modelo *Urban Nature Acess* são dados espacializados em formato raster e incluem: densidade populacional, expressa pelo número de pessoas por pixel, correspondendo a cada 100 m², áreas verdes, indicada por um valor binário, onde 0 representa a ausência de vegetação e 1 a presença de vegetação. Esses dados são fundamentais para calcular três métricas principais:

- (i) *oferta de área verde*: quantidade total de área verde disponível para os residentes em um pixel de 100 m²;
- (ii) *demanda de área verde*: a necessidade ou demanda de área verde da população residente em um pixel;
- (iii) *balanço de área verde*: a diferença entre a oferta e a demanda de área verde em um pixel, indicando a suficiência ou deficiência de espaços verdes.

3.2.3.2 Função de decaimento e dicotomia

As pessoas costumam acessar com frequência as áreas verdes que se encontram mais próximas das suas casas (Andkjaer; Arvidsen, 2015). E, segundo o *Natural Capital Project* (2024), essa frequência diminui à medida que a distância aumenta devido a chamada “decaência de distância”. O modelo *Urban Nature Access* descreve esse decaimento da distância entre a área verde e a população pela função de decaimento $f(d_{ij}, d_0)$ em que d_{ij} é a distância entre a área verde e um pixel populacional, e d_0 é uma distância de pesquisa definida pelo usuário para pesquisar pixels da área verde. A distância de pesquisa é sempre a distância euclidiana (distância em linha reta entre os pontos centrais dos pixels) e assume pixels quadrados.

O modelo fornece várias funções de redução de distância para o usuário escolher, porém nessa pesquisa foi utilizada a função dicotômica. A opção de dicotomia trata todos os pixels dentro de uma distância de pesquisa definida de um pixel como igualmente acessíveis. Esta opção é recomendada quando uma política para a área verde ou espaços verdes visa uma certa quantidade de vegetação a uma determinada distância das residências das pessoas. Por exemplo, pesquisas reportam suposta recomendação da Organização Mundial de Saúde (OMS) de meta de pelo menos 12 m² de área verde por pessoa num raio de 300 m (PNUMA, 2003; Lopes, Guerra, 2016; Ramos; Nunes; Santos, 2020), embora não haja documento oficial da instituição confirmando tal métrica para o Brasil (Rocha; Nucci, 2018). Todavia, o parâmetro foi adotado como oficial pela Prefeitura de Curitiba (Curitiba, 2022a). Por outro lado, Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) recomenda um índice mínimo de 15 m² de áreas verdes destinadas à recreação por habitante (Amato-Lourenço *et al.*, 2016; Nucci, 2008).

A matriz dicotômica considera todos os pixels dentro da distância de pesquisa d_0 de um pixel com a vegetação para ser igualmente acessível.

$$f(d_{ij}, d_0) = \begin{cases} 1 & \text{if } d_{ij} \leq d_0 \\ 0 & \text{if } d_{ij} > d_0 \end{cases} \quad (1)$$

Onde:

$f(d_{ij}, d_0)$ é a função de decaimento; d_{ij} é a distância entre a área verde e um pixel populacional; e,
 d_0 é uma distância de pesquisa definida pelo usuário para pesquisar pixels da área verde (300 m).

3.2.3.3 Oferta de Área Verde

O cálculo da oferta de área verde para cada pixel populacional é realizado por meio do método *Two-Step Floating Catchment Area (2SFCA)* (Stanford, 2023; Mao; Nekorchuk, 2013; Xing; Liu; Liu, 2018). Assim como descrito pelo *Natural Capital Project* (2024), dado um pixel de área verde j , todos os pixels de população com o raio de pesquisa d_0 são pesquisados. A relação área verde/população (R_j) para este pixel é calculado usando a área do pixel natural (S_1) dividido pela população total dentro do raio de pesquisa, ponderada de acordo com o peso baseado na distância do kernel de pesquisa selecionado. Então, centrado em cada pixel do raster populacional, todos os pixels naturais, dentro da área de captação ponderada pela distância, são pesquisados. Todos os R_j desses pixels naturais são somados para calcular a oferta de área verde *per capita* (A_i) para cada pixel da população. A relação natureza urbana/população R_j é definido como:

$$R_j = \begin{cases} \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{jk} \leq d_0\}} P_k \cdot f(d_{jk})} & \text{if } P_k \cdot f(d_{jk}) \geq 1 \\ S_j & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

Em que:

R_j é a proporção de área verde/população do pixel da vegetação j ;

S_j é a área verde em um pixel j ;

d_0 é o raio de pesquisa (300 m);

k é o pixel da população dentro do raio de pesquisa do pixel natural j ;

d_{jk} é a distância entre o pixel natural j e o pixel de população k ;

P_k é a população de pixels k ;

$f(d)$ é a função de decaimento selecionada.

Em seguida, a razão área verde/população é ponderada pela função de decaimento selecionada e somada dentro do raio de pesquisa para fornecer a oferta de espaços verdes (A_i).

$$A_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_0\}} R_j \cdot f(d_{ij}) \quad (3)$$

Em que:

i é qualquer pixel no raster da população;

A_i é área verde *per capita* fornecida ao pixel i ;

d_{ij} é a distância entre pixels i e pixels naturais j ;

d_0 é o raio de pesquisa (300 m).

3.2.3.4 Demanda de Área Verde

Derivado da camada populacional e da procura de área verde definida pelo usuário, a demanda de área verde mede a quantidade da área verde acessível necessária para abastecer adequadamente todas as pessoas em cada pixel.

$$D_i = P_i \cdot g_{cap} \quad (4)$$

Onde:

i é um pixel;

D_i é a área de área verde (m^2) necessária para a população residente no pixel i , a fim de satisfazer plenamente as necessidades de área verde;

P_i é a população (pessoas por pixel) em pixel i ($100 m^2$);

g_{cap} é o requisito de área verde *per capita* definido pelo usuário ($12 m^2$).

3.2.3.5 Balanço de Área Verde

Documentos de planejamento local ou metas de planejamento urbano muitas vezes afirmam que cada residente de uma região deve receber uma certa quantidade de área verde (g_{cap}), no caso de Curitiba não há um valor especificado, por isso, nessa pesquisa foi utilizado o valor de $12 m^2$, conforme meta reconhecida como oficial pela Prefeitura de Curitiba (Curitiba, 2022b). O orçamento *per capita* de

oferta/demanda de área verde $B_{i,cap}$ em pixels i , é definido avaliando o equilíbrio entre área verde fornecida e a meta de planejamento para a natureza (geralmente espaços verdes) *per capita* por pixel (5). Para determinar o balanço de área verde para todas as pessoas em cada pixel, $B_{i,cap}$ é multiplicado pela população P_i em um pixel i (6).

$$B_{i,cap} = A_i - g_{cap} \quad (5)$$

$$B_i = B_{i,cap} \cdot P_i \quad (6)$$

Onde:

$B_{i,cap}$ é o orçamento *per capita* de oferta/demanda de área verde;

B_i é o balanço de área verde do pixel i ;

A_i é área verde *per capita* fornecida ao pixel i ;

g_{cap} é o requisito de área verde *per capita* definido pelo usuário (12 m²);

P_i é a população no pixel i .

3.2.3.6 Correlação entre oferta de Áreas Verdes e Valor da Terra

Para avaliar a relação entre a oferta de áreas verdes com o valor da terra nas regionais de Curitiba, foi realizado o teste de correlação de Spearman por pixel, teste não paramétrico que avalia a associação entre duas variáveis não lineares. Seu cálculo é dado pela expressão (7). A correlação é interpretada de acordo com a sua magnitude e direção, valores de ρ próximos de 1 indicam forte correlação positiva, valores próximos a -1 indicam forte correlação negativa e valores próximos a 0 indicam que não há correlação entre as variáveis.

$$\rho = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2-1)} \quad (7)$$

Em que:

ρ é a correlação de Spearman;

d é a diferença entre os ranks das observações nas duas variáveis;

n é o número total de observações.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Oferta de Áreas Verdes

Com base nas estatísticas descritivas (Tabela 12) e nos histogramas (Figura 11) observa-se uma diminuição na média de área verde por habitante de 2010 para 2019, indicando uma possível redução na oferta ou aumento da densidade populacional.

O valor mínimo permaneceu constante, indicando que nos anos avaliados existiram locais sem oferta de área verde, mas não necessariamente os mesmos. O valor máximo diminuiu, o que pode refletir uma redução nas maiores áreas verdes disponíveis por habitante ou uma distribuição mais uniforme.

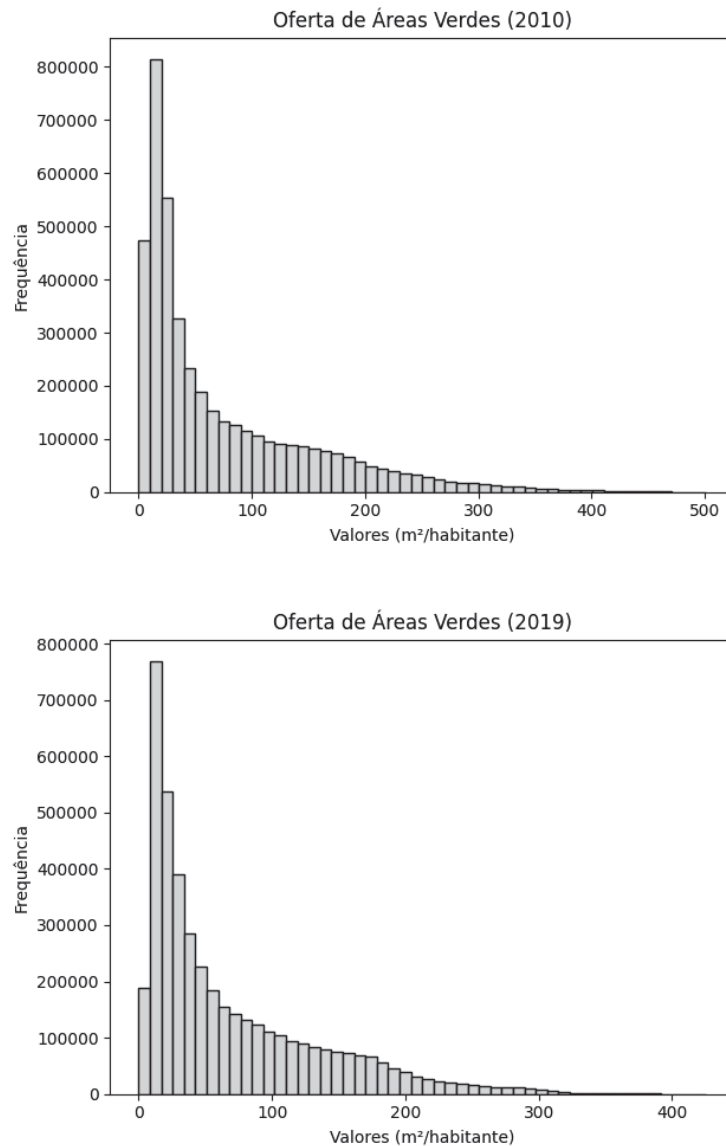
Por fim, o desvio padrão menor em 2019 sugere que a variação na quantidade de área verde por habitante é mais homogênea do que em 2010, podendo ser justificado pela otimização da política de arborização urbana e/ou da melhoria da metodologia de mapeamento espacial de áreas verdes pelo IPPUC.

TABELA 12 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA OFERTA DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR

Estatísticas	Valores (m².hab⁻¹) 2010	Valores (m².hab⁻¹) 2019
Média	75,92	69,41
Mínimo	0,00	0,00
Máximo	500,86	425,32
Desvio Padrão	80,76	66,41

FONTE: A autora (2024).

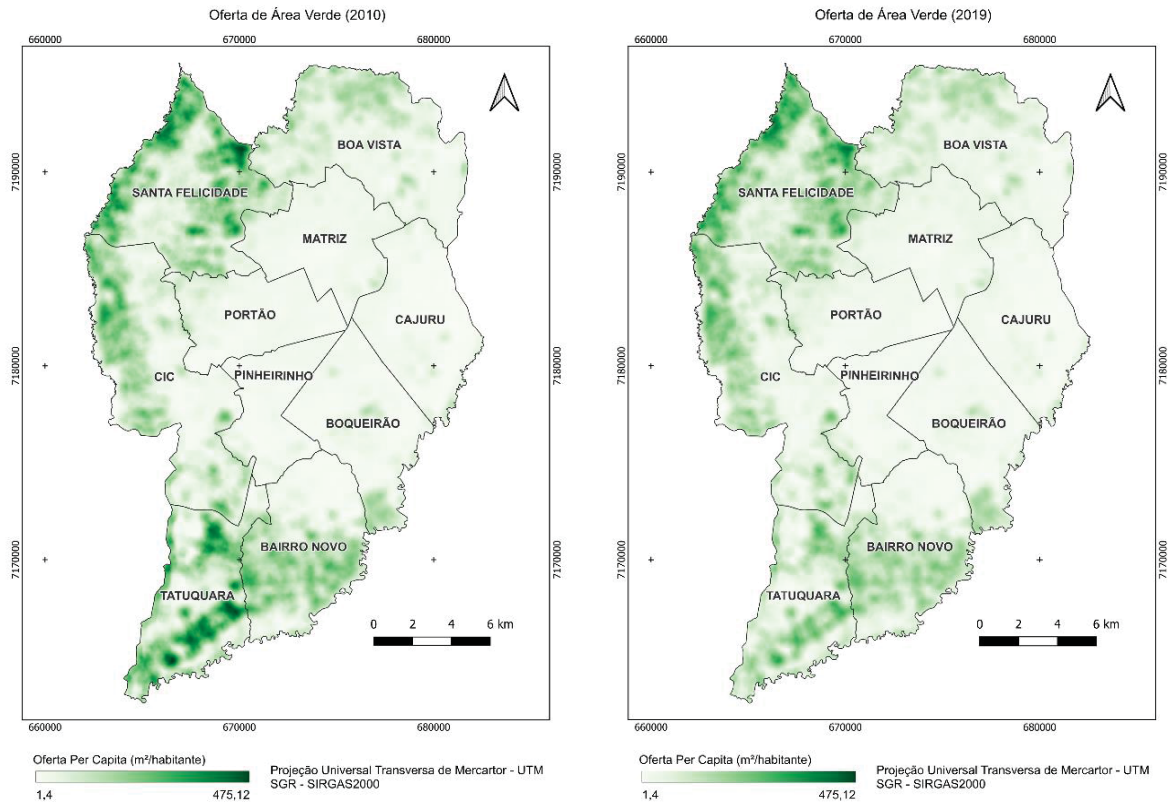
FIGURA 11 – HISTOGRAMAS DE OFERTA DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR



FONTE: A autora (2024).

Os mapeamentos construídos a partir dos dados obtidos (Figura 12) ilustram a distribuição das áreas verdes urbanas. As regiões com tonalidades mais escuras de verde indicam uma maior disponibilidade de áreas verdes por habitante, enquanto as áreas em tons mais claros de verde denotam uma oferta menor desses espaços nos anos de 2010 e 2019. A variação na intensidade da cor verde destaca visualmente o contraste na distribuição espacial das áreas verdes, permitindo uma comparação direta entre a oferta desses espaços essenciais ao longo do tempo.

FIGURA 12 – OFERTA DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR



FONTE: A autora (2024).

3.3.2 Demanda de Áreas Verdes

Cabe observar a identificação de um aumento na média da demanda por áreas verdes por pixel de 2010 para 2020 (Tabela 13), sugerindo que há uma maior necessidade por espaço verde na cidade de Curitiba. O valor mínimo também aumentou, o que pode indicar que a menor demanda de áreas verdes por pixel é maior em 2020 do que era em 2010. Ainda, resta demonstrado que o valor máximo subiu, refletindo que a demanda máxima de áreas verdes por pixel também cresceu. O desvio padrão diminuiu ligeiramente, o que sugere que a variação na demanda de áreas verdes entre os pixels tornou-se menos dispersa em 2020.

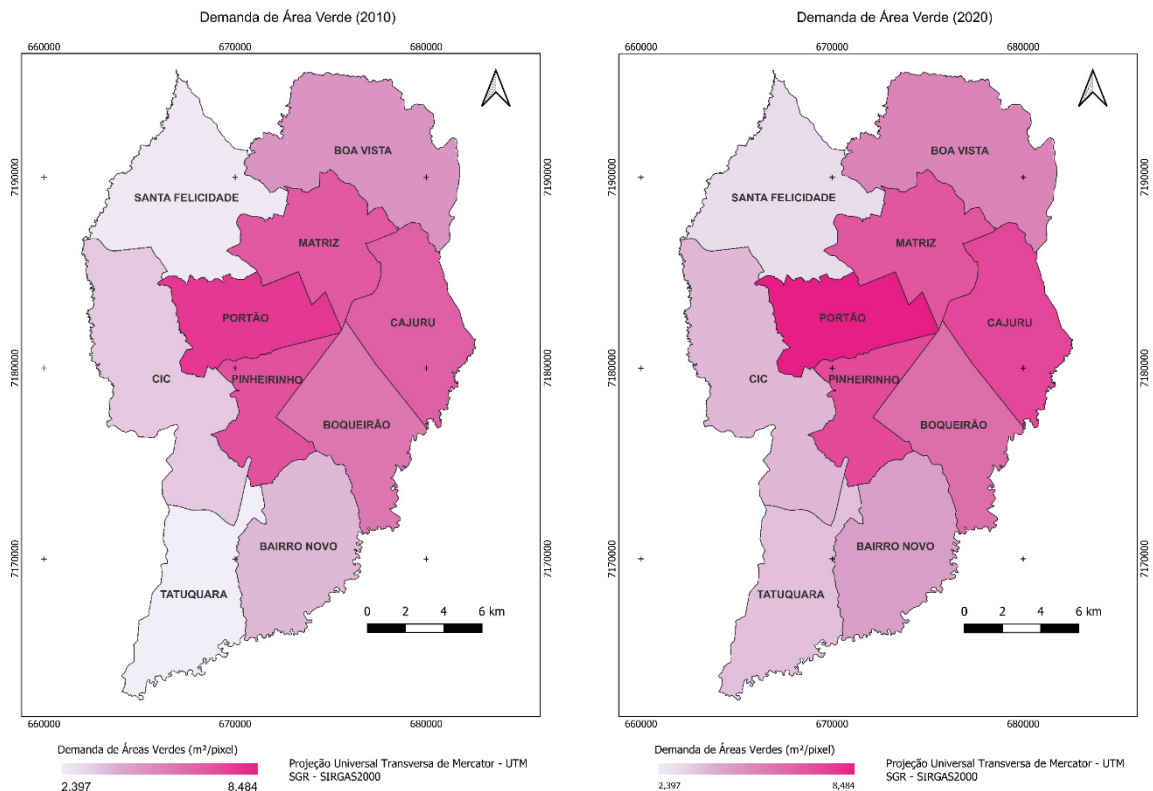
TABELA 13 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA DEMANDA DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2020, EM CURITIBA/PR

Estadísticas	Valores (m ² .pixel ⁻¹) 2010	Valores (m ² .pixel ⁻¹) 2020
Média	4,84	5,37
Mínimo	2,40	2,99
Máximo	7,88	8,48
Desvio Padrão	1,83	1,74

FONTE: A autora (2024).

Essa tendência é visualmente confirmada pelos mapas de demanda de áreas verdes (Figura 13), nos quais as tonalidades mais escuras sinalizam uma demanda elevada por esses espaços, enquanto as nuances mais suaves apontam para uma demanda reduzida nas diversas regionais de Curitiba/PR, durante os anos de 2010 e 2020.

FIGURA 13 – DEMANDA DE ÁREAS VERDES EM 2010 E 2020 EM CURITIBA/PR



FONTE: A autora (2024).

3.3.3 Balanço de Áreas Verdes

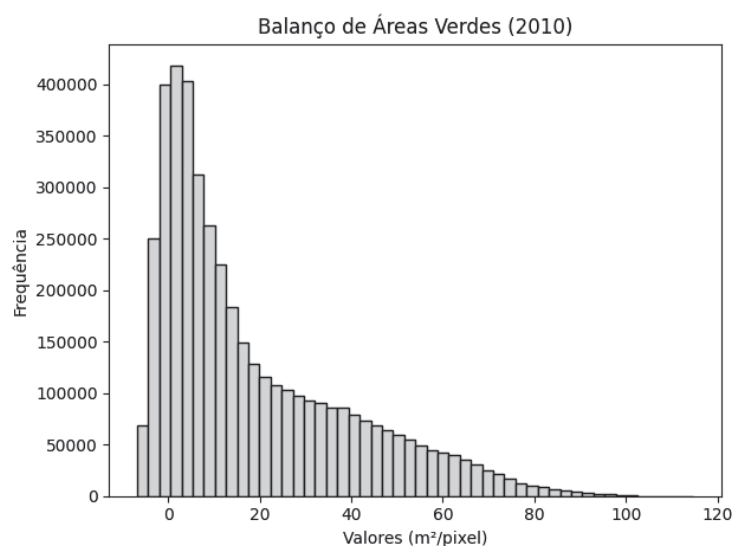
O aumento na média do balanço de áreas verdes por pixel de 2010 para 2019, pode ser observado na Tabela 14 e a visualização dos histogramas da Figura 14. O valor mínimo permaneceu constante, indicando que a menor quantidade de área verde por pixel não mudou. O valor máximo teve uma leve diminuição, o que pode refletir uma distribuição mais homogênea das áreas verdes ou uma redução nas maiores áreas verdes disponíveis por pixel. O desvio padrão praticamente inalterado sugere que a variação no balanço de áreas verdes entre os pixels manteve-se estável.

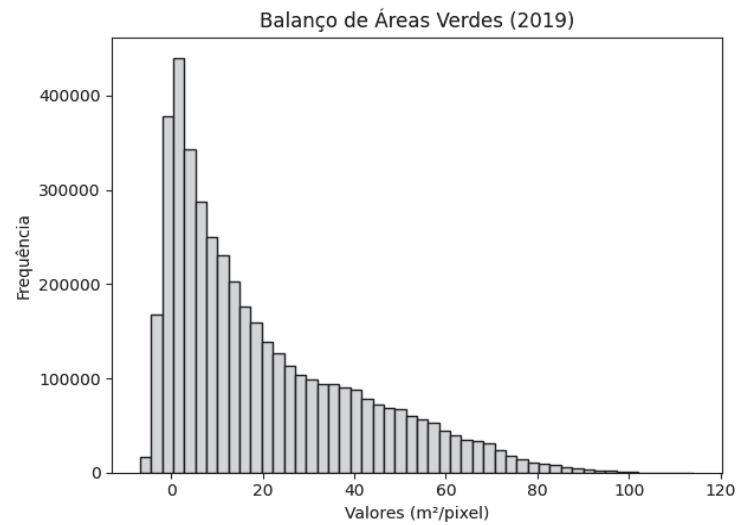
TABELA 14 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO BALANÇO DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR

Estatísticas	Valores (m².pixel⁻¹) 2010	Valores (m².pixel⁻¹) 2019
Média	18,52	20,12
Mínimo	-6,77	-6,77
Máximo	114,78	114,17
Desvio Padrão	20,72	20,74

FONTE: A autora (2024).

FIGURA 14 – HISTOGRAMAS DE BALANÇO DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR

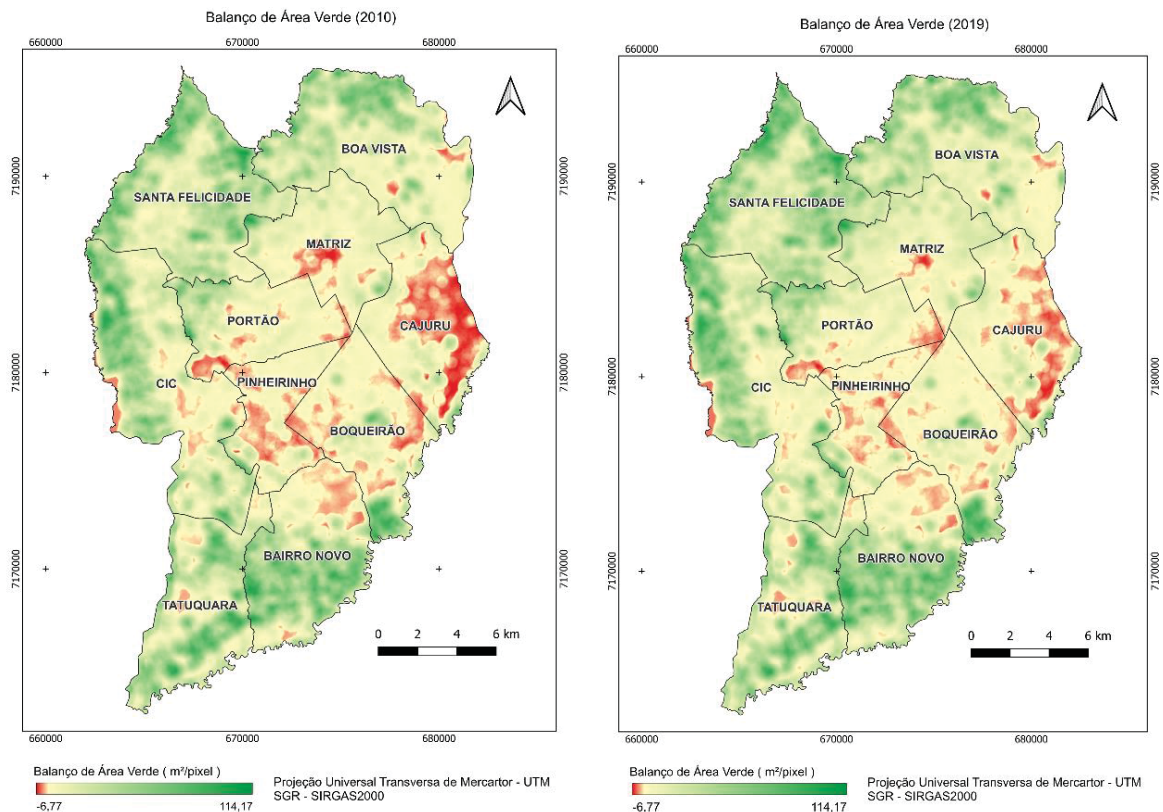




FONTE: A autora (2024).

O balanço de áreas verdes nos anos de 2010 e 2019 (Figura 15) destaca a diferença entre a oferta e a demanda desses espaços. As regiões coloridas em vermelho indicam um déficit na oferta de áreas verdes, com valores inferiores a 12 m² por habitante, enquanto as áreas em verde escuro sinalizam um superávit. A análise dos mapas revela uma redução das regiões com déficit de áreas verdes, apontando para uma melhoria na distribuição desses espaços essenciais ao longo da década, embora a disparidade de acesso a esses espaços ainda seja alta.

FIGURA 15 – BALANÇO DE ÁREAS VERDES NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR



FONTE: A autora (2024).

3.3.4 Valor da Terra

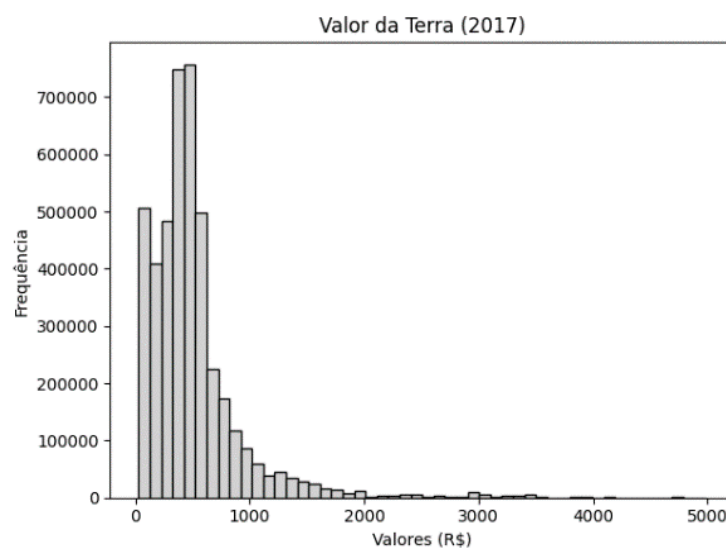
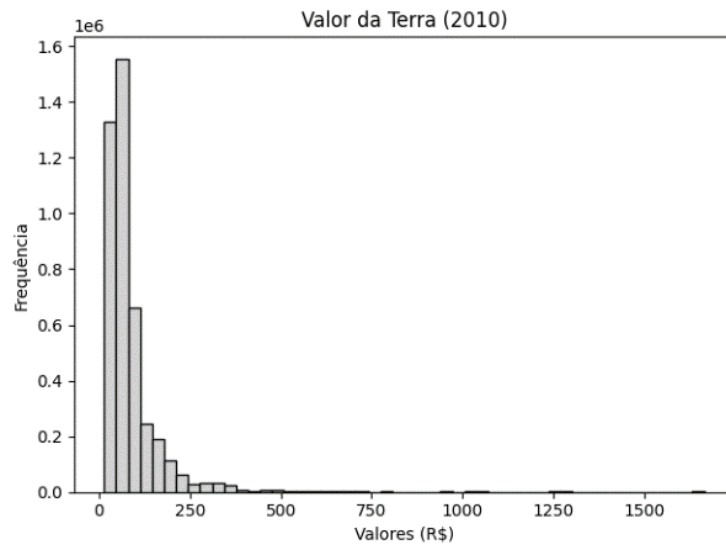
A análise dos dados constantes na Tabela 15 e nos histogramas (Figura 16) revela um aumento substancial na média do valor da terra entre 2010 e 2017 em Curitiba. Considerando o crescimento do valor mínimo, é possível verificar que o custo mais baixo do metro quadrado de terra aumentou. Além disso, o valor máximo apresentou um aumento considerável, refletindo um pico no preço das áreas urbanas, que pode estar associado aos locais de alto valor imobiliário. Por outro lado, o desvio padrão maior em 2017 indica uma maior variação nos preços da terra.

TABELA 15 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO VALOR DA TERRA NOS ANOS DE 2010 E 2017, EM CURITIBA/PR

Estatísticas	Valores (R\$.m⁻²) 2010	Valores (R\$.m⁻²) 2017
Média	89,67	509,19
Mínimo	14,00	27,58
Máximo	1.665,00	4.987,18
Desvio Padrão	109,08	444,56

FONTE: A autora (2024).

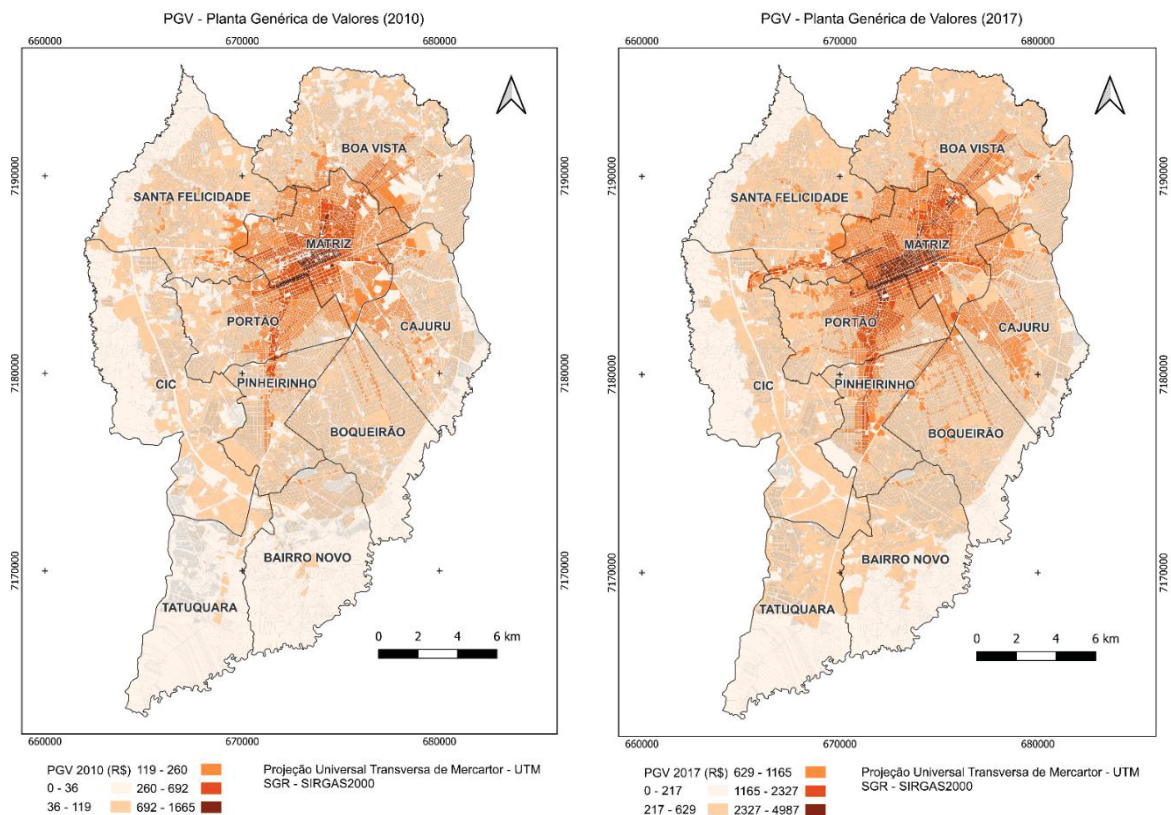
FIGURA 16 – HISTOGRAMAS DE VALORES DA TERRA NOS ANOS DE 2010 E 2017, EM CURITIBA/PR



FONTE: A autora (2024).

Insta, ainda, observar a evolução dos valores da terra em Curitiba/PR, comparando-os entre os anos de 2010 e 2017 (Figura 17). Nota-se uma concentração de valores elevados nas áreas adjacentes à região da Matriz, indicadas pelo tom de laranja mais intenso. À medida que se distancia do centro, há uma gradativa redução nos valores, evidenciada pelas cores progressivamente mais suaves, com exceção dos eixos estruturais.

FIGURA 17 – PLANTA GENÉRICA DE VALORES DA TERRA NOS ANOS DE 2010 E 2017, EM CURITIBA/PR

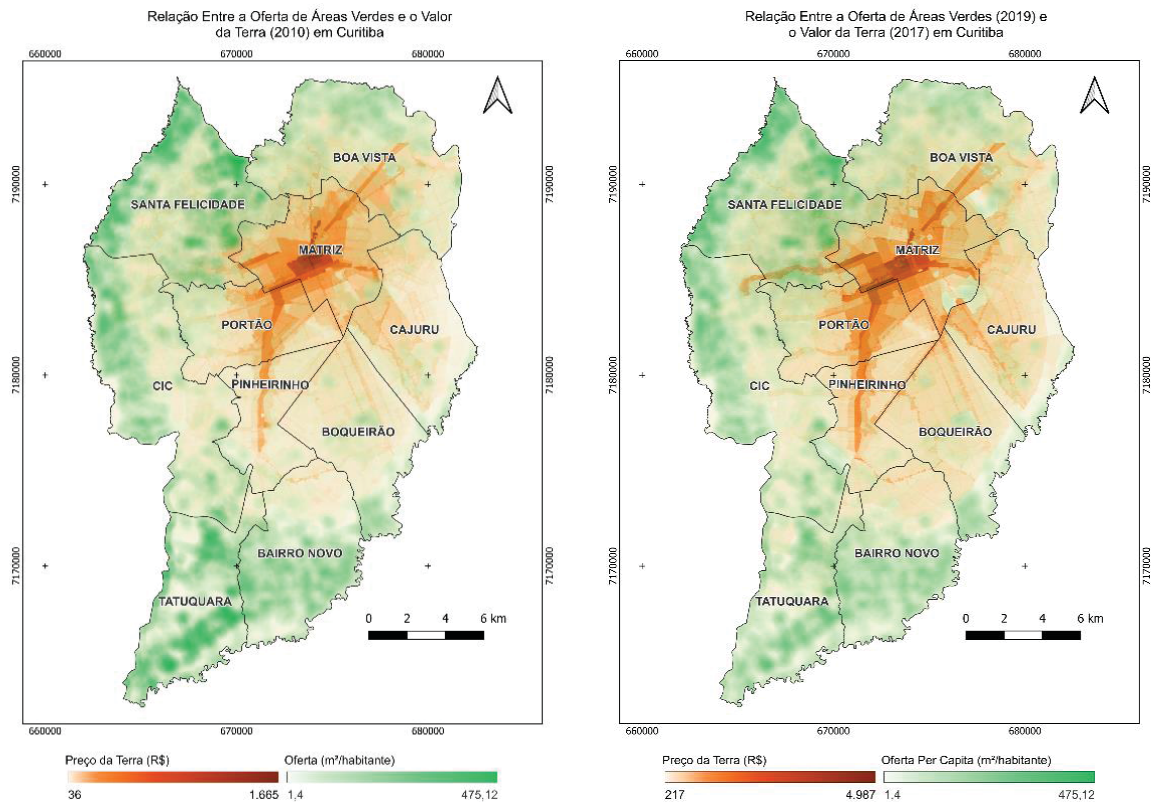


FONTE: A autora (2024).

3.3.5 Oferta de Áreas Verdes e Valores da Terra

A partir da análise comparativa entre a oferta de áreas verdes urbanas (2010 – 2019) e o valor da terra (2010-2017) para o município de Curitiba/PR (Figura 18), apresentam-se as correlações de Spearman por pixel para oferta de áreas verdes e valores da terra por regional (Tabela 16), refletindo que as localidades com maior disponibilidade de áreas verdes urbanas, em geral, são economicamente menos valorizadas.

FIGURA 18 – COMPARATIVO ENTRE A OFERTA DE ÁREAS VERDES E O VALOR DA TERRA NOS ANOS DE 2010 E 2017/2019, EM CURITIBA/PR



FONTE: A autora (2024).

TABELA 16 – CORRELAÇÕES DE SPEARMAN ENTRE A OFERTA DE ÁREAS VERDES E OS VALORES DA TERRA NOS ANOS DE 2010 E 2019, EM CURITIBA/PR

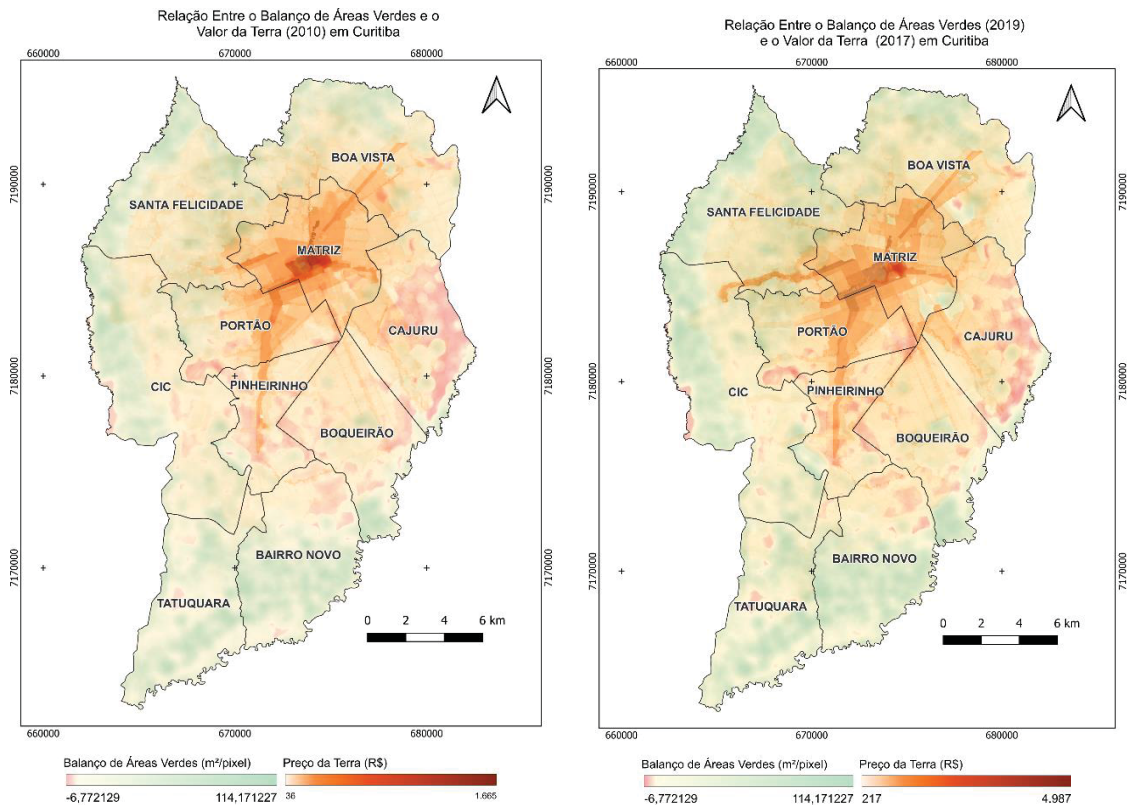
Regional	Correlação de Spearman 2010	Correlação de Spearman 2019
Bairro Novo	-0,51	-0,62
Boa Vista	-0,40	-0,31
Boqueirão	-0,16	-0,29
Cajuru	0,34	0,29
Cic	-0,45	-0,52
Matriz	-0,57	-0,50
Pinheirinho	-0,09	-0,31
Portão	-0,21	-0,08
Santa Felicidade	-0,42	-0,44
Tatuquara	-0,21	-0,26

FONTE: A autora (2024).

3.3.6 Balanço de Áreas Verdes e Valores da Terra

Na Figura 19 é apresentado um comparativo entre o balanço de áreas verdes e o valor da terra, nos anos de 2010 e 2017/2019 para o município de Curitiba/PR.

FIGURA 19 – COMPARATIVO ENTRE O BALANÇO DE ÁREAS VERDES E O VALOR DA TERRA NOS ANOS DE 2010 E 2017/2019, EM CURITIBA/PR



FONTE: A autora (2024).

3.4 DISCUSSÕES

A redução na média de oferta de área verde urbana por habitante de 2010 para 2019, de $75,92 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$ para $69,41 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$ (Tabela 12), sugere uma pressão crescente sobre os espaços verdes existentes, seja por expansão urbana ou aumento populacional.

Nesse sentido, a análise visual dos mapas de oferta de áreas verdes urbanas reforça a interpretação acerca da diminuição de localidades com maior oferta (coloração verde escuro), especialmente nas regionais Tatuquara e Santa Felicidade, seguidas das regionais Bairro Novo e CIC (Figura 12), o que indica que

essas regiões enfrentam uma maior pressão para manutenção das suas florestas urbanas, pois estão situadas em zonas de expansão urbana.

Comparativamente, os estudos realizados com metodologias e recortes temporais semelhantes, identificaram que a oferta de áreas verdes urbanas na Europa é bastante heterogênea, variando desde 4 m² *per capita* nas cidades do sul da Itália, Espanha e Macedônia, chegando a 200 m² *per capita* em cidades da Áustria, Alemanha e Bélgica (Fuller; Gaston, 2009).

Ainda, uma pesquisa sobre a estatística de distribuição dos espaços verdes em nove regiões de Perth, maior cidade da Austrália Ocidental, constatou que a distribuição de áreas verdes urbanas é bastante variável entre as regiões citadas, oscilando entre 74,83 m² e 241,33 m² por habitante (Lin *et al.*, 2024).

Por outro lado, o estudo realizado em Guangzhou, China, cidade que detinha o maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do país em 2016, apresentava 17,3 m² de áreas exclusivamente de parques públicos por habitante (Ma; Brindley; Lange, 2024), índice semelhante ao verificado em Londres, Reino Unido, que oferecia 16,3 m² de parques por habitante da cidade (Anderson, 2018).

Quanto à demanda de área verde urbana em Curitiba, observa-se um aumento por pixel (100 m²), de 4,84 m².pixel⁻¹ em 2010 para 5,37 m².pixel⁻¹ em 2020. Esses dados indicam que, em média, cada pixel teve um incremento na quantidade de área verde urbana desejada pelos habitantes de Curitiba. Nesse cenário, destaca-se que o valor mínimo da demanda de áreas verdes por pixel aumentou de 2,40 m².pixel⁻¹ para 2,99 m².pixel⁻¹. O valor máximo também cresceu, passando de 7,88 m².pixel⁻¹ para 8,48 m².pixel⁻¹. Por sua vez, o desvio padrão entre a demanda das regionais foi de 1,83 m².pixel⁻¹ para 1,74 m².pixel⁻¹, indicando diminuição da disparidade nos valores de requisição de área verde (Tabela 13).

A verificação e monitoramento do aumento da demanda de áreas verdes urbanas em algumas regionais pode auxiliar no planejamento urbano, identificando regiões que necessitam de maior atenção e investimento em infraestrutura verde, seja através de projetos de arborização e restauração ou por meio da criação de programas de incentivo à manutenção do remanescente florestal já existente, como o PSA, por exemplo (Kong; Yin; Nakagoshi, 2007; Zainora; Norzailawati; Tuminah, 2016).

Ao avaliar o balanço de áreas verdes, o incremento na média de 18,52 m².pixel⁻¹ para 20,12 m².pixel⁻¹, entre os anos 2010 e 2019, revela uma redução nas

regiões com déficit de áreas verdes no período analisado, podendo ser resultado de uma melhoria da distribuição de áreas verdes na cidade, bem como da melhoria da metodologia de mapeamento dos espaços verdes em 2019, que estavam parcialmente oclusos por nuvens e prédios no levantamento geoespacial realizado em 2010 (IPPUC, 2023).

Nesse sentido, não se pode ignorar as constatações de desaparecimento das áreas verdes urbanas em decorrência da expansão urbana não planejada, com destaque nos países em rápido desenvolvimento da África, Ásia e América do Sul (Richards; Belcher, 2020).

O aumento da disponibilidade de áreas verdes urbanas, por outro lado, representa uma melhoria para a qualidade de vida da população, na medida em que tais espaços são conhecidos por seus múltiplos benefícios ambientais e sociais, como a melhoria da qualidade do ar, redução do efeito de ilhas de calor e fornecimento de locais de lazer e recreação para os habitantes (Douglas; Lennon e Scott, 2017; Jonker *et al.*, 2014; Kothencz *et al.*, 2017).

Sobre o tema, merece destaque um estudo realizado em 978 cidades da Europa, aferindo o papel das áreas verdes urbanas na preservação da saúde e bem-estar das populações, concluindo que o cumprimento da recomendação da OMS de acesso a espaços verdes poderia prevenir 42.968 mortes anualmente na região analisada, o que representa 2,3 do total de mortalidade por causa natural e 245 anos de vida perdidos por 100.000 habitantes-ano (Barboza *et al.*, 2021).

Entre as cidades analisadas, Barcelona apresentava, em média, 6,8 m² de áreas verdes disponíveis por habitante, um valor abaixo das métricas recomendadas pela OMS na época. A organização sugeria que cada pessoa tivesse acesso a um espaço verde de, pelo menos, 0,5 hectare dentro de uma distância linear de 300 metros. Seguir essa recomendação poderia ter evitado 116 mortes anuais no município (Mueller *et al.*, 2017).

Em nível estadual, uma pesquisa em 397 municípios paranaenses concluiu que as taxas de internação por doenças respiratórias foram inversamente correlacionadas às taxas de biodiversidade em 2010, de modo que as médias foram menores nos municípios com mais áreas verdes de biodiversidade (Pimentel da Silva *et al.*, 2022).

No entanto, a aplicação da metodologia espacial do InVEST revela a permanência de desigualdades regionais no acesso às áreas verdes urbanas em

Curitiba, podendo ser fonte de disparidade socioeconômicas e de um padrão de insustentabilidade social (Brelsford *et al.*, 2017; Du, Xiaoling, 2020).

Já com relação ao crescimento substancial na média do valor da terra, de 89,67 R\$.m⁻² para 509,19 R\$.m⁻² entre 2010 e 2017 em Curitiba, sugere que, de maneira geral, houve um aumento no preço dos terrenos na cidade. Isso pode ser resultado de uma combinação de fatores, incluindo inflação, desenvolvimento econômico, melhorias na infraestrutura e aumento da demanda por propriedades. Ademais, o aumento no valor mínimo indica que mesmo as áreas menos valorizadas de Curitiba experimentaram um aumento no preço do metro quadrado, como é o caso das regionais Tatuquara e Bairro Novo (Figuras 18 e 19).

A análise dos valores da terra em Curitiba também revela um padrão de desvalorização progressiva à medida que há o afastamento da região central da Matriz, nos anos avaliados, indicando que as áreas centrais mantêm o valor da terra mais alto. Este fenômeno é comum em muitas cidades, onde a proximidade ao centro, densidade de serviços e infraestrutura influenciam positivamente os preços dos imóveis (Panasolo, 2019).

Adicionalmente, é relevante observar-se que as áreas que fazem fronteira com municípios vizinhos da zona metropolitana, como Almirante Tamandaré e Colombo, particularmente nas regionais de Santa Felicidade e Boa Vista, conseguem sustentar valores mais elevados de terra. Isso pode ser atribuído a uma série de fatores, incluindo a urbanização contínua, a demanda por moradia nessas áreas e, possivelmente, à infraestrutura que essas regiões oferecem.

No entanto, a comparação entre a oferta de áreas verdes e o valor da terra em Curitiba (Figura 18) revela uma tendência de valorização econômica em locais com menor oferta de áreas verdes nas regionais, com ocorrências observadas em Santa Felicidade, CIC, Boqueirão e Pinheirinho, que apresentaram um aumento no valor da terra entre 2010 e 2017/2019. Isso é evidenciado pelas correlações negativas verificadas, que se intensificaram no período mencionado, conforme indicado na Tabela 16, indicando que as extensões de terra com menor índice de áreas verdes foram valorizadas no período analisado.

A partir da avaliação dos dados, confirmou-se a hipótese da existência de uma correlação negativa entre a oferta de áreas verdes e o valor da terra das regionais de Curitiba foi comprovada em todas as regionais, exceto na regional Cajuru, o que sugere que as políticas públicas que incentivam a conscientização

ambiental tenham funcionado nessa regional, proposição que é fortalecida pela constatação da diminuição da área de balanço de áreas verdes negativas nesta regional.

A força das correlações negativas entre a oferta de áreas verdes e o valor da terra se mostrou variável, indo desde -0,09 (Pinheirinho) até -0,57 (Matriz), no ano de 2010, e de -0,08 (Portão) até -0,62 (Bairro Novo), no ano de 2019. Foi possível comparar a diferença nas intensidades das correlações nos diferentes anos, com a tendência a permanecer negativa em todas as regionais, exceto as mais centrais: Matriz, Portão e Boa Vista. A avaliação da correlação entre a oferta de áreas verdes e o valor da terra, destacou a disparidade na correlação entre essas duas variáveis.

É importante destacar, que em determinadas áreas, o valor da terra pode ser mais fortemente influenciado por determinados fatores, como proximidade ao centro, presença de áreas comerciais e de serviços, bem como o acesso à infraestrutura urbana e às vias de circulação principais (Buccheri Filho; Nucci, 2011). Isso sugere que o aumento do valor da terra nessas regiões pode ocorrer independentemente da presença de áreas verdes, como é o caso das regionais adjacentes à regional Matriz.

Adicionalmente, insta observar que pesquisas em diversas cidades no mundo, como Nova Iorque, Kuala Lumpur, Varsóvia e Curitiba (Du, Xiaoling, 2020; Panasolo *et al.*, 2020; Trojanek; Gluszak; Tanas, 2018; Zainora; Norzailawati; Tuminah, 2016) apontaram o efeito positivo das áreas verdes urbanas no preço dos imóveis residenciais, na medida em que identificaram a valorização das residências localizadas nas proximidades de espaços verdes nas cidades.

Desse modo, vale ressaltar que a presente pesquisa tomou por base os valores apresentados na Planta Genérica de Valores de Curitiba no período analisado (IPPUC, [20--]), instrumento fixado por lei municipal que, mediante critérios como localização, destinação e padrão de construção, fixa o valor do metro quadrado dos imóveis e estipula seu valor venal para fins de tributação pelo IPTU (STF, 2023).

Nesse sentido, é factível a interpretação de que embora os imóveis urbanos com maior oferta de áreas verdes tenham valorização econômica inferior aos que possuem menor disponibilidade dessas áreas, estas possibilitam o aumento dos preços dos imóveis residenciais localizados no seu entorno.

Ainda, destacar que as métricas obtidas pela aplicação da metodologia espacial do InVEST foram baseadas em dados regionais de Curitiba. Resultados mais detalhados poderiam ser alcançados se fossem utilizadas informações populacionais segmentadas por bairros ou até mesmo por pixels, possibilitando a espacialização dos produtos do modelo, como oferta, demanda e balanço de áreas verdes urbanas.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como considerações finais deste estudo ressalta-se a importância das áreas verdes no contexto urbano, especialmente em uma cidade como Curitiba, mundialmente reconhecida por seu planejamento e sustentabilidade. A análise realizada por meio de dados referentes a quase uma década trouxe à tona uma série de disparidades regionais, demonstrando que o acesso equitativo a espaços verdes ainda é um desafio significativo. Isso evidencia a necessidade de medidas políticas mais robustas e inclusivas que garantam a oferta adequada de áreas verdes em todas as regiões da cidade.

O balanço entre oferta e demanda de áreas verdes também revelou que, apesar de melhorias gerais, as pressões urbanísticas e o crescimento populacional têm reduzido a média de áreas verdes por habitante. Esse fenômeno é preocupante, pois pode levar à degradação ambiental e comprometer a qualidade de vida da população. Esse aspecto reforça a urgência de uma abordagem de planejamento que priorize a preservação ambiental junto com o desenvolvimento urbano.

Outro ponto importante destacado foi a relação inversa entre a oferta de áreas verdes e o valor da terra, especialmente em áreas distantes do centro. Esse resultado confirma a complexidade das dinâmicas imobiliárias e territoriais de Curitiba, onde a escassez de espaços verdes tende a aumentar o valor da terra, ao contrário do que seria esperado em uma lógica de valorização da qualidade ambiental.

Entretanto, o padrão divergente observado na regional Cajuru sugere que outros fatores, como a infraestrutura e a proximidade ao centro, também desempenham um papel significativo na determinação do valor da terra. Essas variações reforçam a necessidade de uma análise mais aprofundada e específica de cada região, considerando suas particularidades socioeconômicas e ambientais.

É relevante destacar uma limitação metodológica na análise da relação entre áreas verdes e valor da terra, especificamente quanto às unidades de dados empregadas. A utilização de dados individualizados sobre o valor venal de cada unidade fiscal de Curitiba poderia ter potencialmente aprimorado os resultados do modelo utilizado. No entanto, essa metodologia não pôde ser adotada devido à extensa quantidade de dados e ao tempo limitado disponível para a realização deste estudo. Essa abordagem mais detalhada teria possibilitado uma análise mais precisa e abrangente, fornecendo um panorama mais completo sobre a dinâmica entre oferta de áreas verdes e valorização imobiliária.

No mesmo sentido, as limitações metodológicas encontradas, como a oclusão por nuvens e prédios, indicam que futuras pesquisas podem se beneficiar de dados mais precisos e de maior resolução. Isso permitirá um monitoramento mais eficaz das mudanças na cobertura vegetal e ajudará a criar uma base sólida para decisões políticas que busquem mitigar os impactos do crescimento urbano não planejado.

A qualidade de vida urbana está intrinsecamente ligada à disponibilidade de áreas verdes, e o estudo destaca a relevância do monitoramento contínuo dessas áreas. Tal monitoramento não só contribui para a preservação da biodiversidade urbana, mas também garante que as populações tenham acesso a ambientes saudáveis e equilibrados, fundamentais para o bem-estar social.

Por fim, as constatações deste estudo pretendem inspirar uma reflexão mais ampla sobre a sustentabilidade nas cidades brasileiras, em especial Curitiba, e sobre a importância de políticas públicas focadas em soluções ambientais justas. A conservação das áreas verdes urbanas e a distribuição equitativa de seus benefícios são passos cruciais para o desenvolvimento de uma cidade mais resiliente e inclusiva.

REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; GONÇALVES, José Leonardo de Moraes; SPAROVEK, Gerd. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf. Acesso em: 15 mar. 2024.

AMATO-LOURENÇO, Luis Fernando; MOREIRA, Tiana Carla Lopes; ARANTES, Bruna Lara de; SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira da; MAUAD, Thais. Metrôpoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. **Metrópole e Saúde – Estudos Avançados**, São Paulo, v. 30, n. 86, 113-130, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/79qP5WjNmMPYKCCQK3G78LD/>. Acesso em: 17 abr. 2024.

ANDERSON, Hamish. UK natural capital: Ecosystem accounts for urban areas. Initial natural capital accounts containing information about green space in urban areas. **Office of National Statistics**, v. 30, p. 2020, 2018. Disponível em: https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/lg_24_bg_ons-defra_urban.pdf. Acesso em: 31 maio 2024.

ANDKJAER, Søren; ARVIDSEN, Jan. Places for active outdoor recreation – a scoping review. **Journal of Outdoor Recreation and Tourism**, v. 12, n. 1, p. 25-46, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jort.2015.10.001>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287507495_Places_for_active_outdoor_recreation_-_A_scoping_review. Acesso em: 15 mar. 2024.

BARBOZA, Evelise Pereira; CIRACH, Marta; KHOMENKO, Sacha; IUNGMAN, Tamara; MUELLER, Natalie; BARRERA-GÓMEZ, Jose; ROJAS-RUEDA, David; KONDO, Michelle; NIEUWENHUIJSEN, Mark. Green space and mortality in European cities: a health impact assessment study. **The Lancet Planetary Health**, 2021. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00229-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00229-1) Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(21\)00229-1/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(21)00229-1/fulltext). Acesso em: 17 abr. 2024.

BENJAMIN, Antônio Herman. Constitucionalização do ambiente e ecologização da Constituição brasileira. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; MORATO LEITE, José Rubens. (orgs.). **Direito constitucional ambiental brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2007.

BRASIL. **Lei nº 14.119**, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nºs 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14119.htm. Acesso em: 31 maio 2024.

BRATMAN, Gregory N.; ANDERSON, Christopher B.; BERMAN, Marc G.; COCHRAN, Bobby; DE VRIES, Sjerp de; FLANDERS, Jon; FOLKE, Carl; FRUMKIN, Howard; GROSS, James J.; HARTIG, Terry; KAHN JR, Peter H.; KUO, Ming; LAWLER, Joshua J.; LEVIN, Phillip S.; LINDAHL, Therese; MEYER-LINDENBERG, Andreas; MITCHELL, Richard; OUYANG, Zhiyun; ROE, Jenny; SCARLETT, Lynn; SMITH, Jeffrey R.; BOSCH, Matilda van den; WHEELER, Benedict W.; WHITE, Mathew P.; ZHENG, Hua; DAILY, Gretchen C. Nature and mental health: An ecosystem service perspective. **Science advances**, v. 5, n. 7, eaax0903, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0903>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31355340/>. Acesso em: 15 mar. 2024.

BRELSFORD, Christa; LOBO, José; HAND, Joe; BETTENCOURT, Luís M. A. Heterogeneity and scale of sustainable development in cities. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 34, p. 8963-8968, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1606033114>. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1606033114>. Acesso em: 31 maio 2024.

BUCCHERI FILHO, Alexandre Theobaldo; NUCCI, João Carlos. Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro Alto da XV, Curitiba/PR. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 18, p. 48-59, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.7154/RDG.2006.0018.0005>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237342438_Espacos_livres_areas_verdes_e_cobertura_vegetal_no_bairro_Alto_da_XV_CuritibaPR. Acesso em: 31 maio 2024.

CRISPIM, Diêgo Lima; ANDRADE, Sanduel Oliveira de; MENESES, José Alison Dias de; CHAVES, Alan Del Carlos Gomes; BORGES, Maria da Gloria Borba. Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do espaço urbano: um estudo de caso da cidade de Baixio/CE. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 44, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v9i4.2998>. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2998>. Acesso em: 15 mar. 2024.

CURITIBA [Prefeitura Municipal]; SPVS – Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental. **Diretrizes para conservação da biodiversidade na região metropolitana de Curitiba: Áreas prioritárias, ações estratégicas e integração regional**. 2018. Disponível em: https://issuu.com/spvsbrasil/docs/diretrizes_para_conservacao_maio201. Acesso em: 12 jan. 2024.

CURITIBA. **Curitiba é a cidade mais inspiradora do mundo em preservação de áreas verdes**. Agência de Notícias da Prefeitura de Curitiba, 26.05.2022a. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/curitiba-e-a-cidade-mais-inspiradora-do-mundo-em-preservacao-de-areas-verdes/63933>. Acesso em: 15 dez. 2023.

CURITIBA. **Os números da Curitiba Verde**. Atualização: Maio/2022b. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/os-numeros-da-curitiba-verde/3319>. Acesso em: 20 mar. 2024.

DOUGLAS, Owen; LENNON, Mick; SCOTT, Mark. Green space benefits for health and well-being: A life-course approach for urban planning, design and management. **Cities**, v. 66, p. 53-62, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2017.03.011>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315716709_Green_space_benefits_for_health_and_well-being_A_life-course_approach_for_urban_planning_design_and_management. Acesso em: 15 mar. 2024.

DU, Mengbing; XIAOLING, Zhang. Urban greening: A new paradox of economic or social sustainability? **Land Use Policy**, v. 92, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104487>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026483771930568X>. Acesso em: 17 abr. 2024.

FULLER, Richard A.; GASTON, Kevin J. The scaling of green space coverage in European cities. **Biology Letters**, v. 5, p. 352-355, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0010>. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsbl.2009.0010>. Acesso em: 31 maio 2024.

GUNAWARDENA, Kan-chane R.; WELLS, Mike J.; KERSHAW, Tristan. Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. **The Science of the Total Environment**, v. 584-585, p. 1040-1055, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717301754>. Acesso em: 15 mar. 2024.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Geocuritiba**. [20--]. Disponível em: <https://geocuritiba.ippuc.org.br/portal/apps/sites/#/geocuritiba>. Acesso em: 15 dez. 2023.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Estudos e análises**. 2020. Disponível em: <https://ippuc.org.br/estudos-e-analises>. Acesso em: 07 fev. 2024.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Mapeamento de áreas verdes a partir dados LIDAR**. Apresentação SmartCity 2023.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Equipamentos urbanos de Curitiba**. [20--a]. Disponível em: <https://geocuritiba.ippuc.org.br/portal/apps/MapSeries/index.html?appid=998b255ba3a54966bd738910077f0b52>. Acesso em: 07 abr. 2023.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Equipamentos Urbanos**. [20--b]. Disponível em: <http://geoapp.ippuc.org.br/equipamentosurbanos/>. Acesso em: 07 abr. 2023.

JONKER, Marcel F.; Van LENTHE, Frank; DONKERS, Bas; MACKENBACH, Johan; BURDORF, Alex. The effect of urban green on small-area (healthy) life expectancy. **Journal of Epidemiology & Community Health**, v. 68, n. 10, p. 1002-1999, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/jech-2014-203847>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264164090_The_effect_of_urban_green_on_small-area_healthy_life_expectancy. Acesso em: 05 fev. 2024.

KOLIMENAKIS, Antonios; SOLOMOU, Alexandra D.; PROUTSOS, Nikolaus; AVRAMIDOU, Evangelia V.; KORAKAKI, Evangelia; KARETSOS, Georgios; MAROULIS, Georgios; PAPAGIANNIS, Eleftherios; TSAGKARI, Konstantinia. The Socioeconomic Welfare of Urban Green Areas and Parks; A Literature Review of Available Evidence. **Sustainability**, v. 13, n. 14, p. 7863, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13147863>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/14/7863>. Acesso em: 12 jan. 2024.

KONG, Fanhua; YIN, Haiwei; NAKAGOSHI, Nobukazu. Using GIS and landscape metrics in the hedonic price modeling of the amenity value of urban green space: A case study in Jinan City, China. **Landscape and Urban Planning**, v. 79, n. 3-4, p. 240-252, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.02.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204606000466>. Acesso em: 17 abr. 2024.

KOTHENCZ, Gyula; KOLCSÁR, Ronald; CABRERA-BARONA, Pablo; SZILASSI, Péter. Urban Green Space Perception and Its Contribution to Well-Being. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 7, p. 1-14, 2017. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/gam/jijerp/v14y2017i7p766-d104477.html>. Acesso em: 12 jan. 2024.

LIN, Gang; SONG, Yongze ; XU, Dong; SWAPAN, Mohammad Shahidul Hasan; WU, Peng; HOU, Weitao; XIAO, Zhuoyao. Interpreting differences in access and accessibility to urban greenspace through geospatial analysis. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 129, 103823, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103823>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1569843224001778>. Acesso em: 31 maio 2024.

LIU, Hongxiao; REMME, Roy P.; HAMEL, Perrine; NONG, Huifu; REN, Hai. Supply and demand assessment of urban recreation service and its implication for greenspace planning-A case study on Guangzhou. **Landscape and Urban Planning**, v. 203, 103898, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103898>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204619314240>. Acesso em: 17 abr. 2024.

LOPES, Anaísa Filmiano Andrade; GUERRA, Maria Eliza Alves. As áreas verdes por habitante no contexto da sustentabilidade urbana: um estudo de caso na cidade de Prata/MG. *In*: 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – Contrastes, Contradições e Complexidades. Maceió – Brasil, 05 a 07 de outubro de 2016. **Anais ...** Disponível em: <https://fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%202%20-%20Cidades%20Inovadoras%20e%20%20Inteligentes/Paper1386.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2024.

MA, Yueshan; BRINDLEY, Paul G.; LANGE, Eckart. Comparison of urban green space usage and preferences: A case study approach of China and the UK, **Landscape and Urban Planning**, Volume 249, 2024, 105112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105112>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204624001117>. Acesso em: 31 maio 2024.

MANDLE, Lisa Ann; OUYANG, Zhiyun; SALZMAN, James Edwin; DAILY, Gretchen Cara. (orgs.). **Green Growth That Works: Natural Capital Policy and Finance Mechanisms Around the World (English Edition)**. Washington: Island Press, 2019.

MAO, Liang; NEKORCHUK, Dawn. Measuring spatial accessibility to healthcare for populations with multiple transportation modes. **Health Place**, v. 24, p. 115-122, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2013.08.008>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24077335/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

MUELLER, Natalie; ROJAS-RUEDA, David; BASAGAÑA, Xavier; CIRACH, Marta; COLE-HUNTER, Tom; DADVAND, Payam; DONAIRE-GONZALEZ, David; FORASTER, Maria; GASCON, Mireia; MARTINEZ, David; TONNE, Cathryn; TRIGUERO-MAS, Margarita; VALENTÍN, Antònia; NIEUWENHUIJSEN, Mark. Urban and Transport Planning Related Exposures and Mortality: A Health Impact Assessment for Cities. **Environmental Health Perspectives**, v. 125, n. 1, p. 89-96, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1289%2FEHP220>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5226698/>. Acesso em: 17 abr. 2024.

NATURAL CAPITAL PROJECT. **Urban Nature Access**. 2024. Disponível em: https://storage.googleapis.com/releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/en/urban_nature_access.html. Acesso em: 20 mar. 2024.

NUCCI, João Carlos. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: Um estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. 2. ed. Curitiba: O Autor, 2008. Disponível em: <https://tgpusp.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/05/qualidade-ambiental-e-adensamento-urbano-nucci-2008.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

PANASOLO, Alessandro. **Identificação, Valoração e Remuneração de Serviços Ecosistêmicos em Remanescentes de Vegetação Urbana – Estudo de Caso: Curitiba-Pr**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2019. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/63001>. Acesso em: 31 maio 2024.

PANASOLO, Alessandro; GALVÃO, Franklin; HIGACHI, Hermes Yukio; OLIVEIRA, Edilson Batista de; OLIVEIRA, Fernando Campos de; WROBLEWSKI, Carlos Augusto; GADDA, Tatiana; BALBINOT, Camila Fossa. Urban green areas and real estate prices in Curitiba, Brazil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 6, p. 86-102, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0008>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347665243_Urban_green_areas_and_real_estate_prices_in_Curitiba_Brazil. Acesso em: 07 fev. 2024.

PIMENTEL DA SILVA, Luciene; FONSECA, Murilo Noli da; MOURA, Edilberto Nunes de; SOUZA, Fábio Teodoro de. Serviços Ecosistêmicos e Infraestrutura Verde para Proteção da Saúde Respiratória: uma abordagem de ciência de dados para o Paraná, Brasil. **Sustentabilidade**, v. 14, n. 3, p. 1835, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031835>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/3/1835>. Acesso em: 17 abr. 2024.

PIRACHA, Awais; CHAUDHARY, Muhammad Tariq. Urban air pollution, urban heat island and human health: a review of the literature. **Sustainability**, v. 14, n. 15, p. 9234, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14159234>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/15/9234>. Acesso em: 15 mar. 2024.

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Metodología para la elaboración de los informes GEO Ciudades**. Manual de Aplicación, versión 3. Ciudad de México: PNUMA, 2003. Disponível em: <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/metodologiageociudadesv3.pdf>. Acesso em: 31 maio. 2024.

RAMOS, Helci Ferreira; NUNES, Fabrizia Gioppo; SANTOS, Alex Mota dos. Índice de áreas verdes como estratégia ao desenvolvimento urbano sustentável das Regiões Norte, Noroeste e Meia Ponte de Goiânia-GO, Brasil. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, Bogotá, v. 29, n. 1, p. 86-101, June 2020. DOI: <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29.n1.72844>. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2020000100086&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 17 abr. 2024.

RICHARDS, Daniel R.; BELCHER, Richard N. Global Changes in Urban Vegetation Cover. **Remote Sensing**, v. 12, n. 1, p. 23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12010023>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/1/23>. Acesso em: 17 abr. 2024.

ROCHA, Mariane Félix da; NUCCI, João Carlos. Índices de vegetação e competitividade entre cidades. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, Brasil, v. 22, n. 3, p. 641-655, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2018.133554>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332748350_Indices_de_vegetacao_e_competitividade_entre_cidades. Acesso em: 31 maio. 2024.

STANFORD University. **Natural Capital Project**. 2023. Disponível em: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

STF – Supremo Tribunal Federal. **Municípios podem avaliar imóvel novo não previsto na Planta Genérica de Valores**, 06.06.2023. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/noticias/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=508528&ori=1>. Acesso em: 17 abr. 2024.

TROJANEK, Radoslaw; GLUSZAK, Michal; TANAS, Justyna. The effect of urban green spaces on house prices in Warsaw. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 22, n. 5, p. 358-371, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3846/ijspm.2018.5220>. Disponível em: <https://journals.vilniustech.lt/index.php/IJSPM/article/view/5220>. Acesso em: 17 abr. 2024.

XING, Lijun J; LIU, Yanfang F.; LIU, Xingjian J. Measuring spatial disparity in accessibility with a multi-mode method based on park green spaces classification in Wuhan, China. **Applied Geography**, v. 94, p. 251-261, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.03.014>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324869535_Measuring_spatial_disparity_in_accessibility_with_a_multi-mode_method_based_on_park_green_spaces_classification_in_Wuhan_China. Acesso em: 12 jan. 2024.

ZAINORA, Asmawi M.; NORZAILAWATI, Mohd Noor; TUMINAH, Paiman. A Spatial analysis on gis-hedonic pricing model on the influence of public open space and house price in Klang Valley, Malaysia. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. XLI-B8. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B8-829-2016>. Disponível em: <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XLI-B8/829/2016/isprs-archives-XLI-B8-829-2016.html>. Acesso em: 17 abr. 2024.

4 PAGAMENTO POR SERVIÇO AMBIENTAL: UMA PROPOSTA DE POLÍTICA PÚBLICA PARA CONSERVAÇÃO DE ÁREAS VERDES EM CURITIBA/PR

RESUMO: O estabelecimento de uma política pública municipal para pagamento de serviços ambientais (PSA) em Curitiba, visando a conservação de áreas verdes, enfrenta desafios complexos que demandam estratégias eficazes para sua efetivação. Uma abordagem promissora envolve a adoção de modalidades abrangentes, priorizando áreas urbanas de pequeno e médio porte com alta importância ecológica, e considerando os custos associados à execução do PSA em áreas não prioritárias. Estudos financeiros aprofundados são essenciais para evitar falhas estruturais no sistema de PSA. Além das considerações financeiras, a política pública deve ter um escopo ambiental amplo, fortalecendo a conservação da biodiversidade municipal e promovendo conscientização sobre preservação ambiental. A captação de recursos pode ser feita por meio de várias fontes, como compensações por licenças ambientais e doações privadas. A implementação inicial é crucial para o sucesso, exigindo modelos adaptativos e uma conexão eficaz entre serviços ambientais e beneficiários. Embora não seja uma solução definitiva, o PSA pode complementar políticas existentes e desempenhar um papel relevante na conservação da biodiversidade em Curitiba.

Palavras-Chave: pagamento por serviços ambientais; política pública; instrumentos econômicos.

ABSTRACT: The establishment of a municipal public policy for payment for environmental services (PES) in Curitiba, aimed at the conservation of green areas, faces complex challenges that demand effective strategies for its implementation. A promising approach involves adopting comprehensive modalities, prioritizing small and medium-sized urban areas with high ecological importance, and considering the costs associated with implementing PES in non-priority areas. In-depth financial studies are essential to avoid structural failures in the PES system. Besides financial considerations, the policy should have a broad environmental scope, strengthening the conservation of municipal biodiversity and promoting awareness about environmental preservation. Funding can be obtained from various sources, such as compensations for environmental permits and private donations. The initial implementation is crucial for success, requiring adaptive models and an effective connection between environmental services and beneficiaries. Although not a definitive solution, PES can complement existing policies and play a relevant role in biodiversity conservation in Curitiba.

Keywords: payment for environmental services; public policy; economic instruments.

4.1 INTRODUÇÃO

A reflexão sobre estratégias públicas e privadas de valorização econômica, destinadas à permanência de áreas verdes urbanas, bem como a criação e o aperfeiçoamento de políticas públicas eficientes para tal propósito, são prementes e devem ser considerados pelo Poder Público.

Neste contexto, percebe-se uma lacuna em relação à existência de políticas públicas efetivas que incentivem a conservação e uso sustentável desses remanescentes de vegetação nativa urbana em propriedades privadas, cenário onde o PSA surge como uma ferramenta para incentivo da conservação da biodiversidade local (Young; Castro, 2017).

Da análise das publicações acerca do tema, evidencia-se que provavelmente uma das conhecidas definições para Pagamento por Serviços Ambientais -PSA está vinculada à ideia central que consiste em um instrumento em que beneficiários dos serviços ambientais realizam “pagamentos diretos, contratuais e condicionais para proprietários e possuidores de terras em razão da ação de práticas que garantam a conservação e restauração de ecossistemas” (Wunder, 2007).

Assim, o PSA pode ser conceituado como uma transferência de recursos – sejam eles financeiros, técnicos, operacionais ou de capacitação – entre diversos atores sociais, com objetivo de fomentar decisões individuais e/ou coletivas de uso da terra com o interesse social na gestão sustentável dos recursos naturais (Muradian *et al.*, 2010).

Essa abordagem inovadora para lidar com as externalidades ambientais promete proporcionar melhorias e ganhos ecossistêmicos por meio da compensação financeira direcionada a gestores ou proprietários de terras que participam voluntariamente desses programas (Farley *et al.*, 2010).

Em 2021, Curitiba publicou a Lei nº 15.852, que dispõe sobre a política municipal de proteção, conservação e recuperação do meio ambiente no Município, trazendo o conceito jurídico de áreas verdes urbanas, os critérios para criação de RPPNM, bem como a possibilidade de criação e instituição de um Programa de PSA prestados pelos remanescentes de vegetação urbana.

Nesse cenário, é preciso ter atenção conceitual e normativa para evitar que se excluam do escopo ações que atualmente são reconhecidas como PSA ou, ao

contrário, se incluam critérios e condutas que não se adequem ao instrumento em discussão (Papp, 2019).

Embora o PSA possa potencialmente proporcionar o fornecimento adicional de recursos e serviços ambientais em comparação com o contexto prévio à sua implementação (Coelho, *et al.*, 2021), os benefícios reais estão intrinsecamente ligados à integração com os complexos contextos jurídicos, legislativos e socioecológicos locais, os quais devem guiar o desenho dos esquemas de pagamento (Richards *et al.*, 2015; Richards *et al.*, 2017).

O desafio inicial do PSA “Urbano” é, portanto, conceitual, um sistema que não foi pensado para áreas ou atividades urbanas. O PSA, originalmente, foi desenhado para induzir os agentes econômicos (proprietários ou possuidores de imóveis rurais) a adotar determinados usos do solo e/ou práticas ambientalmente sustentáveis. Com isso, é possível internalizar as externalidades positivas (serviços ambientais) que antes não eram remuneradas pelos agentes econômicos que as utilizam (Altmann, 2012).

O presente estudo analisa as diretrizes metodológicas e jurídicas que orientam a operação de parte dos programas brasileiros de PSA em âmbito nacional e subnacional. Mais especificamente, tem como objetivo:

- 1) sistematizar as principais variáveis consideradas na formulação dos programas de PSA, bem como sua fundamentação jurídica;
- 2) propor a delimitação de um roteiro adequado para a criação de uma política pública condizente e oportuna para a realidade de Curitiba/PR.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa adotou uma abordagem baseada na revisão de literatura, composta por livros, artigos científicos e relatórios técnicos, tendo como propósito uma exploração inicial. Conforme delineado por Gil (2006), as pesquisas exploratórias visam primariamente desenvolver, esclarecer e ajustar conceitos e ideias, a fim de formular problemas mais precisos ou hipóteses investigáveis para estudos subsequentes.

Com o intuito de contribuir para orientação da implementação de política pública de PSA em Curitiba, foram analisados casos de diferentes mecanismos de PSA em outros países e estados brasileiros.

No contexto nacional e municipal, uma etapa preliminar envolveu a avaliação das legislações relativas aos mecanismos estabelecidos e outros instrumentos relevantes. A compreensão do que se pretende implementar permitiu uma consulta à literatura para identificar os principais temas associados à efetivação de políticas de PSA em âmbito municipal.

Inicialmente, a pesquisa teve um escopo amplo, realizando uma busca abrangente em diversas fontes pertinentes ao PSA, seus desafios e oportunidades. Embora haja trabalhos que sintetizem os achados da comunidade científica, a produção geralmente aborda situações relacionadas às iniciativas de PSA em áreas rurais. No entanto, a partir dessas fontes, foram identificados elementos comuns que orientaram a elaboração de temas importantes para a instituição de uma política pública municipal regulamentadora do PSA em ambientes urbanos.

Nessa análise, destacaram-se temas como os marcos regulatórios do PSA em nível nacional, estadual e municipal, os mecanismos de seleção e priorização de áreas para as iniciativas de PSA, a metodologia e os objetivos do programa, os recursos necessários, as fontes de financiamento e as metodologias de valoração.

Para o desenvolvimento e a formulação dos tópicos relevantes para a proposição de uma política ambiental a nível municipal, foi essencial observar não apenas a realidade local, mas também as metodologias legislativas já aplicadas em outros contextos. Nesse sentido, foram analisadas as normas ambientais atualmente em vigor, com ênfase nas legislações do estado do Paraná, servindo como referência para a criação de políticas mais adequadas à realidade de Curitiba.

A análise das legislações municipais e estaduais permitiu identificar boas práticas, diretrizes e mecanismos de proteção ambiental que poderiam ser adaptados e implementados em Curitiba. Essas normas incluem tanto instrumentos de controle do uso do solo quanto estratégias de preservação e ampliação de áreas verdes, além de diretrizes para o planejamento urbano sustentável. As legislações analisadas, ao abordarem aspectos como compensação ambiental, zoneamento ecológico-econômico e proteção de reservas naturais, oferecem um conjunto de ferramentas potencialmente relevantes e que podem ser replicadas ou ajustadas para a realidade local.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões seguem a delimitação de um roteiro sugerido para criação de uma política pública de PSA condizente e oportuna para a realidade de Curitiba/PR, conforme sistematizado nos tópicos subsequentes.

4.3.1 Os marcos regulatórios e a iniciativa legislativa para implantação do PSA em Curitiba

Em janeiro de 2021, o Governo Federal sancionou a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) através da Lei nº 14.119/2021 (Brasil, 2021), marcando um avanço significativo na legislação voltada para a proteção ambiental no Brasil.

No entanto, apesar desse marco legal, é notável o protagonismo assumido por estados e municípios, que têm desenvolvido e normatizado suas próprias políticas de PSA, com destaque para São Paulo e Minas Gerais (Coelho *et al.*, 2021). Nesse sentido, ao menos dez estados brasileiros já estabeleceram programas de PSA por meio de legislação específica (Young; Castro, 2017), criando um cenário que evidencia não apenas a relevância do tema, mas, também, a descentralização das ações e a participação ativa de diferentes esferas governamentais na promoção da conservação ambiental.

Com o advento da lei nacional de PSA, tornou-se oportuno discutir qual seria sua melhor estruturação para o contexto brasileiro, uma vez que legislação apresenta várias lacunas, cuja definição é postergada para regulamentação infralegal, condicionando-a a confecção de planos estaduais e municipais para definição de metas e critérios, como explicativamente, observa-se no artigo 11 da referida Lei Federal nº 14.119/2021:

Art. 11. O poder público fomentará assistência técnica e capacitação para a promoção dos serviços ambientais e para a definição da métrica de valoração, de validação, de monitoramento, de verificação e de certificação dos serviços ambientais, bem como de preservação e publicização das informações (Brasil, 2021).

A PNPSA tem quatorze objetivos principais, em seu artigo 4º, dos quais destacam-se os incisos II, IV, VII, XI e XIV:

Art. 4º. [...]

II – estimular a conservação dos ecossistemas, dos recursos hídricos, do solo, da biodiversidade, do patrimônio genético e do conhecimento tradicional associado; [...]

IV – evitar a perda de vegetação nativa, a fragmentação de habitats, a desertificação e outros processos de degradação dos ecossistemas nativos e fomentar a conservação sistêmica da paisagem; [...]

VII – reconhecer as iniciativas individuais ou coletivas que favoreçam a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos, por meio de retribuição monetária ou não monetária, prestação de serviços ou outra forma de recompensa, como o fornecimento de produtos ou equipamentos; [...]

XI – estabelecer mecanismos de gestão de dados e informações necessários à implantação e ao monitoramento de ações para a plena execução dos serviços ambientais; [...]

XIV – fomentar o desenvolvimento sustentável. (Brasil, 2021).

Ainda, a legislação federal delimita quais áreas podem ser objeto do Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA), contemplando as cobertas com vegetação nativa, as sujeitas a restauração ecossistêmica, a recuperação da cobertura vegetal nativa ou a plantio agroflorestal, as prioritárias para a conservação da biodiversidade, assim definidas por ato do Poder Público, entre outras, consoante artigo 8º:

Art. 8º. Podem ser objeto do PFPSA:

I – áreas cobertas com vegetação nativa;

II – áreas sujeitas a restauração ecossistêmica, a recuperação da cobertura vegetal nativa ou a plantio agroflorestal;

III – unidades de conservação de proteção integral, reservas extrativistas e reservas de desenvolvimento sustentável, nos termos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000;

IV – terras indígenas, territórios quilombolas e outras áreas legitimamente ocupadas por populações tradicionais, mediante consulta prévia, nos termos da Convenção 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) sobre Povos Indígenas e Tribais;

V – paisagens de grande beleza cênica, prioritariamente em áreas especiais de interesse turístico;

VI – áreas de exclusão de pesca, assim consideradas aquelas interditadas ou de reservas, onde o exercício da atividade pesqueira seja proibido transitória, periódica ou permanentemente, por ato do poder público;

VII – áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, assim definidas por ato do poder público (Brasil, 2021)

Em relação aos imóveis urbanos privados, são elegíveis para provimento de serviços ambientais aqueles que estejam em conformidade com o plano diretor, nos termos do inciso II do artigo 9º da Lei nº 14.119/2021 (Brasil, 2021).

Na esfera governamental de Curitiba, a Lei nº 15.852/2021 dispõe sobre a política municipal de proteção, conservação e recuperação do meio ambiente no

Município, trazendo o conceito jurídico de áreas verdes urbanas e os critérios para criação de RPPNM.

A referida lei municipal, em seu artigo 29, prevê a possibilidade de instituição, por meio de legislação específica, de PSA prestados, que propiciem a conservação do meio ambiente (Curitiba, 2021).

Em alusão à legislação municipal (Lei nº 15.852/2021), na pesquisa bibliográfica realizada nesta dissertação verificou-se que está em discussão na Câmara Municipal de Curitiba (CMC), sob nº 005.00128.2023, um projeto de Lei Orgânica para instituição do Pagamento Serviços Ambientais (Curitiba, 2023a), como incentivo para proprietários de imóveis que possuam áreas naturais preservadas que prestem serviços à conservação da biodiversidade, recursos hídricos, sequestro de carbono e mitigação às mudanças climáticas no Município de Curitiba.

O texto legal proposto trata de forma bastante ampla os critérios para a valoração do PSA, postergando a definição de métricas e modalidades através de futura regulamentação específica. Esta, a princípio, considerará aspectos como o tamanho do imóvel, a extensão da cobertura vegetal nativa conservada e a qualidade biótica do remanescente preservado (Curitiba, 2023b):

Art. 11. Os critérios para estabelecer o valor do PSA serão quali-quantitativos, baseados em métricas que considerem o tamanho do imóvel e da área de cobertura vegetal nativa conservada, na qualidade biótica do remanescente preservado e deverão ser estabelecidos em regramento específico, de acordo com a modalidade de PSA, devendo ser justificado tecnicamente.

A definição futura de métricas e prioridades pode se revelar um processo complexo, requerendo uma articulação abrangente entre os órgãos encarregados da PNPSA, os proprietários que fornecem serviços ambientais e as partes interessadas públicas e privadas.

O histórico de legislações ambientais no Brasil demonstra uma uniformização pouco benéfica para os objetivos pretendidos, tendo como uma das principais problemáticas o grande número de normas e regulamentações lineares e padronizadas, equivocadamente pressupondo um espaço homogêneo, quando na realidade existem espaços ecológicos distintos, ladeados por comunidades, saberes e interesses diversos (Castelo; Marquesan; Silva, 2021).

Os fatores socioeconômicos da população podem influenciar na forma como as áreas verdes são utilizadas e valorizadas. Por exemplo, em locais com altos

índices de desigualdade social, é necessário assegurar que as áreas verdes sejam projetadas e localizadas de forma a beneficiar principalmente as comunidades vulneráveis (Panasolo, 2019).

Apesar do marketing político, criticado como o mito da “cidade modelo” ou “citymarketing” (SANCHEZ, 1999) dados demonstram a ineficiência do município de Curitiba ao conter a especulação imobiliária no processo de desenvolvimento da cidade, deixando de priorizar a construção de ambiente socialmente mais justo. Ao contrário, o planejamento urbano executado aprofundou as diferenças sociais, valorizando de modo distinto o solo urbano, restringindo-o ao acesso a determinados grupos sociais (Teixeira; Bega, 2018).

Nesse sentido, esses cuidados quando da criação e implementação das políticas ambientais, e toda a problemática envolta, pode representar uma significativa contribuição para construção de nova percepção das dimensões ambientais e suas repercussões econômicas e sociais nos processos de conscientização e construção de um modelo de desenvolvimento que reconheça a potencialidade dos recursos naturais e a necessidade de melhoria da qualidade de vida das populações (Castelo; Marquesan; Silva, 2021, p. 194).

A vegetação urbana humaniza a cidade e melhora a qualidade de vida dos seus moradores, no entanto, é heterogênea e pressupõe análises individualizadas, de acordo com os serviços ambientais efetivamente prestados, que por sua vez, têm clara dependência com a localização, conservação e demais aspectos da área verde municipal (Londe *et al.*, 2014; Soares *et al.*, 2019).

Desta feita, a Política Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais (PMPSA), com texto ainda em processo de discussão na Câmara Municipal de Curitiba, penderá de uma regulamentação sólida para promover a ampla adoção de práticas de conservação e recuperação florestal urbana. Sob essa perspectiva, considerando o histórico de políticas públicas no país e as técnicas legislativas utilizadas, é a regulamentação vigorosa que poderá garantir o desenvolvimento de uma estratégia que seja legal, social e economicamente viável.

O conhecimento e consideração das características regionais e locais, levando em conta a grande heterogeneidade territorial de Curitiba são fundamentais para uma política pública efetiva sobre o tema.

4.3.2 Aspectos relevantes para elaboração de política pública ambiental de Pagamento por Serviço Ambiental para conservação de áreas verdes em Curitiba/PR

Até o ano de 2018, mais de 550 programas ativos de PSA foram identificados globalmente, abrangendo a comercialização de serviços relacionados à água, biodiversidade e carbono florestal (Salzman *et al.*, 2018). Este número expressivo refletiu uma tendência de crescimento significativa, com uma taxa anual estimada em 14% entre os anos de 2008 e 2014 (Bennett; Carroll, 2014).

Nesse cenário, diversas iniciativas de PSA têm se destacado internacionalmente, conforme evidenciado pela literatura especializada (Papp, 2019, p. 47). Alguns exemplos notáveis incluem:

- 1) o caso Vittel, na França, que envolve o pagamento pela provisão de serviços ambientais relacionados à qualidade da água e proteção das bacias hidrográficas, através de práticas destinadas a modificar o uso do solo na região (Perrot-Maître, 2006);
- 2) o caso Catskill, nos Estados Unidos, focado em não só em pagamentos monetários, mas, também, com fornecimento de equipamentos e materiais, como remuneração pelas práticas de uso do solo que contribuem de forma positiva para a oferta de serviços ambientais relacionados à regulação da água e proteção dos reservatórios e mananciais na região de Nova Iorque (Dunn, 2011);
- 3) o programa *Grain for Green*, na China, que abrange o pagamento por iniciativas destinadas a promover o reflorestamento e a revegetação em larga escala, visando prevenção da degradação do solo, a redução da erosão e o sequestro de carbono e outros gases relacionados às mudanças climáticas (Gauvin *et al.*, 2010; Zhao *et al.*, 2013).

No entanto, apesar de sua atratividade para gestores, agentes de conservação e proprietários de imóveis, os programas de PSA encontram desafios consideráveis na prática (Tarraf, 2022). A complexidade está principalmente na difícil tarefa de estabelecer um mercado funcional, que exige não só viabilidade econômica, mas também a construção da aceitação social e o fortalecimento de uma governança sólida (Chan *et al.*, 2017; Engel, 2016).

Essa estrutura deve ser capaz de interagir de maneira eficaz com um ambiente institucional bem estabelecido (Vatn, 2010; Do Carmo, 2023). Assim, a implementação bem-sucedida de programas de PSA não só demanda recursos financeiros e técnicos adequados, mas também requer um compromisso sólido com o desenvolvimento de políticas e práticas que promovam a sustentabilidade ambiental e social (Coelho *et al.*, 2021).

A elaboração de um projeto para desenvolver propostas de ação que solucionem problemas identificados é uma ferramenta fundamental de planejamento. Um projeto bem estruturado e organizado não apenas facilita a obtenção de recursos junto a potenciais financiadores, mas também ajuda a guiar o processo de implementação (São Paulo, 2013; Sales *et al.*, 2023).

O roteiro a seguir oferece uma visão resumida para reflexão sobre os elementos básicos para formulação e modelagem de política pública ambiental destinada à criação e implementação de Programa de PSA em Curitiba, em especial àquele destinado à conservação de áreas verdes urbanas.

Todavia, não há qualquer intenção de esgotar o assunto, a finalidade é facilitar o desenvolvimento e o planejamento das propostas, além de auxiliar na redação do projeto em si.

4.2.1 O papel e metodologia de uma estratégia municipal de PSA para conservação de áreas verdes urbanas

Torna-se relevante partir do pressuposto de que o PSA não é a solução definitiva para a problemática da conservação ambiental municipal, nem devem ser considerados substituto de políticas preexistentes que não são adequadamente implementadas ou cumpridas. Nesse sentido, o seu papel é complementar a outros instrumentos, e seu desempenho terá maior eficácia quanto mais sólida e articulada for a combinação de políticas (Santos; Vivan, 2012; Coelho *et al.*, 2021).

A literatura condiciona a geração de impactos significativamente positivos das iniciativas de PSA à uma maior coerência institucional e, principalmente, a um compromisso político mais sólido (São Paulo, 2013).

Nesse contexto, merece atenção a grande problemática das políticas ambientais brasileiras, que reside no risco de uniformização de procedimentos e critérios, que constitui uma estratégia inadequada (Scarpin; Freiria, 2023).

Desse modo, é relevante que a política nacional não inviabilize os projetos em andamento, mas seja flexível, permitindo a coexistência de projetos com características diferentes, que considerem as especificidades das áreas por eles abrangidas e os serviços ecossistêmicos que se pretende incentivar (São Paulo, 2013).

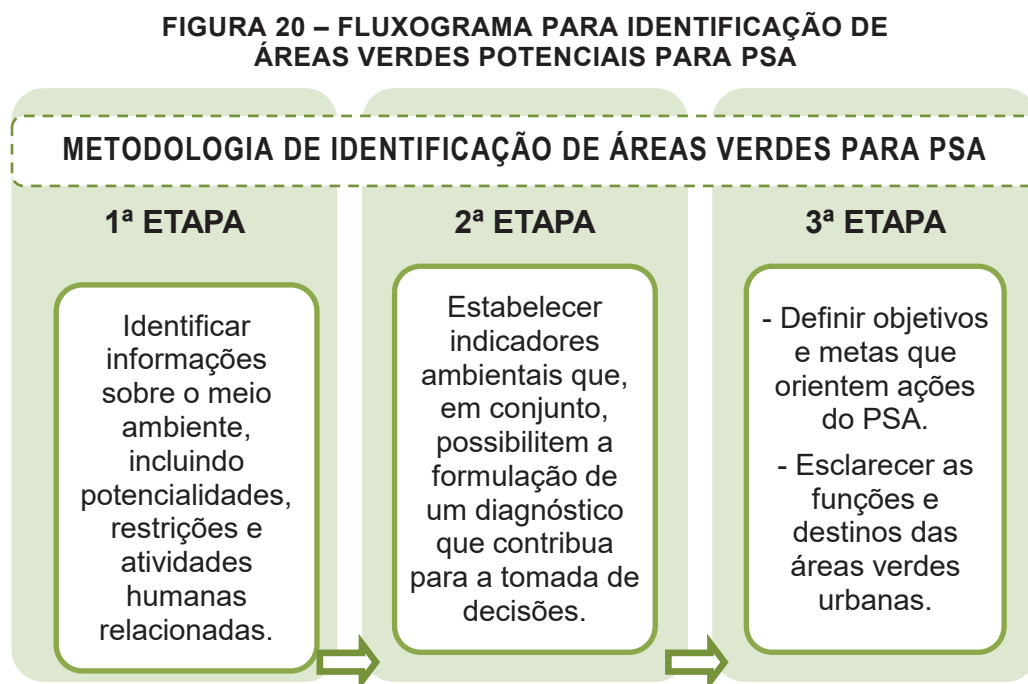
No contexto de Curitiba, os resultados apresentados nos capítulos anteriores, que abordam o estudo temporal das áreas verdes públicas e privadas, bem como suas respectivas perdas entre os anos de 2010 e 2019, revelaram uma notável heterogeneidade nos remanescentes de vegetação nas dez regionais administrativas da cidade. Diante disso, qualquer programa de PSA voltado para a conservação desses remanescentes vegetais deve levar em consideração a diversidade de fatores econômicos, sociais e culturais presentes em cada região.

Ademais, a identificação de áreas verdes deve abranger diferentes escalas, levando em conta as paisagens prioritárias para conservação, assim como as listas de espécies e *habitats* mais ameaçados (Santos; Vivan, 2012). Para isso, ferramentas de planejamento territorial, como o zoneamento ecológico-econômico, cadastro de BNR e de APP, mapeamentos espaciais multitemporais, entres outros, desempenham um papel crucial em uma estratégia municipal de PSA.

Além disso, é essencial agregar informações como custos de oportunidade e variáveis estratégicas (políticas e econômicas), juntamente com a avaliação do risco imediato envolvido (Wendland *et al.*, 2009; Gomes; Machado, 2022), podendo aumentar significativamente a eficiência dos recursos investidos em projetos de PSA urbano.

Alguns autores argumentam que as áreas verdes devem ser avaliadas dentro de um processo lógico de planejamento ambiental, composto por diversas etapas. Primeiramente, é crucial identificar as informações relevantes sobre o estado do meio ambiente, incluindo suas potencialidades ou restrições em relação às áreas verdes, bem como as atividades humanas que impactam ou são influenciadas pelo ambiente. Além disso, é essencial estabelecer indicadores ambientais que, em conjunto, possibilitem a formulação de um diagnóstico que contribua para a tomada de decisões informadas. Ainda, destaca-se a importância da definição de objetivos

e metas que norteiem as ações a serem implementadas, elucidando as funções e destinos das áreas em questão. (Morero; Santos; Fidalgo, 2007), conforme ilustrado na Figura 20.



FONTE: A autora (2024).

No entanto, ao longo do tempo, essa classificação precisará ser revisada. Por exemplo, com o agravamento da degradação ambiental, pode surgir a necessidade de ajustar os critérios para o estudo e conservação das áreas verdes urbanas (Benini; Martin, 2011; Guilherme; Reolon, 2021). Por tal motivo, uma particularidade da maior parte dos programas de PSA no Brasil é a dependência de projetos técnicos elaborados por especialistas, que apesar do custo elevado e da necessidade de profissionais tecnicamente capacitados, podem resultar em planos de conservação de alta qualidade (São Paulo, 2013).

Parte da literatura defende a aplicabilidade de uma abordagem adicional que envolve a participação da comunidade beneficiária dos PSA como monitores das atividades de conservação nas áreas designadas, com a possibilidade de realizar um acompanhamento mais simplificado dos resultados globais do programa. Essa estratégia pode contribuir para verificação da veracidade dos dados de monitoramento e facilitação da avaliação de adicionalidade do programa (Chan *et al.*, 2017; Tarraf, 2022).

4.2.2 A seleção de áreas verdes provedoras de serviços ecossistêmicos para Programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)

Embora a maioria dos programas de conservação se concentre na proteção das florestas existentes, alguns também têm o objetivo de incentivar a restauração. No entanto, um desafio crucial que esses esforços enfrentam é a adicionalidade, que mede o aumento efetivo na conservação em comparação com o que ocorreria na ausência do programa de PSA. Mesmo em regiões com altos índices de desmatamento, é provável que certos fragmentos de florestas e ecossistemas valiosos permaneçam, seja devido ao baixo valor em usos alternativos, como a inacessibilidade ou a pobreza do solo, ou porque oferecem benefícios diretos aos proprietários, como a proteção de nascentes que abastecem suas casas (Young; Castro, 2016).

Assim, garantir a efetividade dos programas de conservação requer uma abordagem cuidadosa e inclusiva, considerando tanto as necessidades ambientais quanto as preocupações sociais e econômicas das comunidades locais e dos proprietários de terras envolvidos (Tarraf, 2022).

Por outro lado, parte relevante da doutrina indica que o conceito de adicionalidade deve ser aplicado com parcimônia, isso porque dependendo do critério técnico utilizado para elegibilidade das áreas destinadas ao PSA, o programa irá excluir proprietários ou possuidores de imóveis que já desenvolviam medidas que impactam positivamente a provisão de serviços ambientais, mesmo antes da criação da política pública (Papp, 2019).

A título exemplificativo, enquanto algumas estimativas sugerem que aproximadamente 38% dos contratos de conservação em Programa de PSA da Costa Rica (*Programa de Pagos por Servicios Ambientales*) resultam em conservação florestal adicional (Tattenbach *et al.*, 2006), outras estimativas indicam que apenas 1% dos contratos de conservação são adicionais (Pfaff *et al.*, 2008). Isso destaca a necessidade urgente de um direcionamento cuidadoso para melhorar a eficiência dos programas de PSA (Hercowitz; Figueiredo, 2011). Essas discrepâncias ressaltam a importância de abordagens mais precisas e criteriosas na implementação de programas de conservação, considerando os contextos específicos de cada região e envolvendo ativamente as partes interessadas locais.

Na hipótese de não haver um direcionamento explícito na escolha das áreas das propriedades que participarão do PFPSA, os proprietários tendem a selecionar automaticamente áreas de menor valor biológico e econômico para conservação (Vatn *et al.*, 2014).

Isso ressalta a necessidade de implementar mecanismos de priorização robustos na política, de modo que locais com poucos serviços ambientais possam, por exemplo, ser objeto de reflorestamento com espécies nativas, representando uma oportunidade para recuperar áreas importantes nas adjacências, mesmo que o custo por ano seja substancialmente maior para esse tipo de iniciativa (Young; Castro, 2016).

Por outro lado, os programas de PSA confrontam-se com o desafio de atrair interessados em áreas onde os serviços ambientais são preciosos, especialmente para mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, porém, os usos alternativos da terra são igualmente atrativos, gerando custos de oportunidade significativos (São Paulo, 2013). Em princípio, é crucial que os pagamentos calculados de maneira justa e transparente, levando em consideração não apenas os benefícios ambientais, mas também as necessidades econômicas das comunidades locais e dos proprietários de terra envolvidos (Coelho *et al.*, 2021).

Além disso, as variáveis de regularidade são consistentemente consideradas como critério de elegibilidade em muitos programas, nos quais a participação tanto de pessoas físicas quanto jurídicas é comum, embora uma minoria restrinja apenas a participação de pessoas físicas. A inclusão de pessoas jurídicas como elegíveis também está relacionada à dimensão social e pode facilitar a implementação dos programas, aproveitando organizações sociais pré-existentes e reduzindo os custos de transação e implementação (Kemkes; Farley; Koliba, 2010).

4.2.3 Custos de implementação do PSA

O custo associado ao PSA está intrinsecamente ligado ao contexto legislativo, à escolha do instrumento de mercado, à forma da transação e aos recursos transacionados pelas partes envolvidas (Tarraf, 2022).

De modo geral, a literatura especializada indica que os custos transacionais de projetos de PSA geralmente variam de 30% a 100% do valor do pagamento,

sendo fortemente influenciados pela escala dos serviços ambientais gerados (Wunder *et al.*, 2008). Em outras palavras, quanto maior a produção, menores os custos transacionais.

Para manter esses custos em níveis aceitáveis e garantir até mesmo um retorno lucrativo para proprietários de pequenas áreas verdes, contratos coletivos têm sido propostos, abarcando um volume significativo de serviços ambientais fornecidos por diversos titulares diferentes, o que permite diluir os custos de transação entre eles e possibilita que tenham acesso a uma parcela maior dos fundos ao final do pagamento (McAfee; Shapiro, 2010).

Nesse sentido, grande parte dos autores afirma que nenhuma estratégia voltada para a mitigação do desmatamento será bem-sucedida se não considerar alguma estimativa do custo de oportunidade da manutenção da floresta em pé. Para servir como referência para um programa de PSA, uma boa estimativa de custo de oportunidade deve levar em conta os diferentes tipos de sistemas de produção praticados (Young; Castro, 2016).

Além disso, observa-se uma tendência de menores custos de transação em programas que envolvem sistemas mistos de mercado, em comparação a sistemas puramente públicos (Tarraf, 2022).

Outro fator significativo no custo de transação é a presença ou ausência de uma metodologia robusta de precificação, com custos aumentando significativamente se este elemento estiver ausente (Banerjee *et al.*, 2017).

A academia concorda que apenas pagar proprietários indica um desenvolvimento incompleto do sistema de PSA. A criação de novas oportunidades relacionadas e a mudança de práticas de manejo através de ações coletivas e treinamento também devem estar presentes (Hiedanpää; Bromley, 2014; Porras *et al.*, 2013).

Por fim, a criação de qualquer instrumento econômico para a conservação da biodiversidade deve ser baseada no conhecimento prévio da natureza e magnitude das falhas de mercado que impedem o alcance dos objetivos desejados. Isso é especialmente relevante no caso dos PSA, visto que eles são concebidos como um instrumento de mercado (Porras *et al.*, 2013). Compreender as causas que impedem o alinhamento dos interesses individuais dos atores envolvidos com os interesses da sociedade é fundamental para o sucesso desses programas.

4.2.4 Mecanismos de financiamento do PSA

A legislação federal (Lei nº 14.119/2021), além de criar o PFPSA, prevê que as ações de PSA podem ser financiadas através de diversas fontes, dentre elas: pessoas físicas, jurídicas de direito privado, agências multilaterais como as Nações Unidas (ONU) ou bilaterais de cooperação internacional (Brasil, 2021).

O texto legal aborda a utilização de ferramentas significativas de financiamento para ações decorrentes dos serviços ambientais oferecidos em Unidades de Conservação, terras indígenas e áreas de exclusão de pesca. Essas ferramentas atribuem aos responsáveis por essas áreas a responsabilidade pela melhor alocação dos fundos de acordo com os objetivos definidos para cada local. Além disso, possibilitam o PSA com recursos públicos em Áreas de Preservação Permanente, Reservas Legais e outras áreas sob delimitação administrativa (Tarraf, 2022).

Entretanto, é evidente que os instrumentos mencionados na legislação federal foram predominantemente concebidos para financiar iniciativas tradicionais de PSA em áreas rurais. Isso se deve, em grande parte, ao histórico limitado de ações no ambiente urbano, especialmente no que diz respeito à conservação de remanescentes de vegetação (Altmann, 2012).

O esquema de financiamento deve contemplar diversas escalas espaciais, levando em consideração a natureza de bem público de muitos dos serviços gerados, ou seja, esses serviços produzem benefícios que ultrapassam as fronteiras locais onde as práticas de uso do solo são promovidas (Papp, 2019).

Dessa forma, a busca por soluções de financiamento para os PSA deve ser abrangente, envolvendo agentes públicos e privados em âmbitos local e regional, devidamente articulada com as necessidades de financiamento de outros instrumentos incluídos na combinação de políticas de conservação ambiental adotada (Santos; Vivan, 2012).

Nesse contexto, sem a intenção de abordar exaustivamente o assunto, são apresentadas algumas propostas para obter recursos visando financiar as ações de PSA no município de Curitiba, particularmente para a conservação das áreas verdes urbanas. Essas propostas são elaboradas considerando a possível aprovação de um Programa de PSA como política pública municipal.

4.2.4.1 Proposta de obtenção de recursos como contrapartida compensatória pela concessão de licenças ambientais

O licenciamento ambiental foi concebido para regular o desenvolvimento de atividades e empreendimentos que, apesar de terem potencial poluidor ou degradador, são considerados justificados devido aos benefícios que proporcionam à sociedade, como geração de empregos, prestação de serviços e produção de bens (Bechara, 2009).

Conseqüentemente, a coletividade é confrontada com a necessidade de tolerar algum nível de degradação ambiental, desde que esteja sujeita a limitações estabelecidas por padrões e parâmetros estipulados no processo de licenciamento ambiental (Assis da Silva, 2021).

A compensação ambiental tem como propósito indenizar uma perda ambiental que, após avaliação no processo de licenciamento, é considerada inevitável. A resposta pública a essa perda ambiental seria equilibrá-la com ganhos ambientais desejáveis, refletindo a priorização do interesse público. Isso justifica a celebração de acordos substitutivos com a Administração Pública (Guerra; Sampaio, 2018).

Neste contexto, o licenciamento ambiental em Curitiba/PR é regido pelo Decreto Municipal nº 340/2022, que estabelece as medidas compensatórias para o sistema de licenciamento ambiental da seguinte maneira:

XXI – medidas compensatórias: são aquelas aplicadas para compensar, de forma geral, os prejuízos e danos ambientais efetivos advindos de atividade modificadora do ambiente, por meio das quais o poluidor é obrigado a proceder a compensação da degradação por ele promovida, devidamente justificado pelo órgão ambiental competente, devendo guardar relação direta ou indireta e proporcional com os impactos identificados nos mesmos e serem aplicadas preferencialmente na(s) localidade(s) e/ou município(s) afetado(s), sem prejuízo da medida compensatória prevista no art. 36 da Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000; (Curitiba, 2022)

Adicionalmente, a Lei nº 15.852/2021, que institui a política de proteção e conservação ambiental em Curitiba, prevê que o Fundo Municipal do Meio Ambiente (FMMA) concentra recursos destinados a projetos de interesse ambiental, dentre os quais enquadram-se expressamente aqueles provenientes de medidas mitigadoras e compensatórias, oriundas de procedimentos de licenciamento ambiental e da aquisição de incentivos construtivos:

Art. 13. O Fundo Municipal do Meio Ambiente – FMMA concentra recursos destinados a projetos de interesse ambiental.

§ 1º Constituem receitas do Fundo:

[...]

VIII – recursos provenientes de medidas mitigadoras e compensatórias, oriundas de procedimentos de licenciamento ambiental e da aquisição de incentivos construtivos; (Curitiba, 2021)

Não bastasse isso, tramita na Comissão de Assuntos Econômicos (CAE) do Senado Federal o Projeto de Lei nº 5.883/2023, que permite destinar os recursos obtidos com a compensação ambiental para ações voltadas à proteção e à melhoria da qualidade do meio ambiente urbano no município afetado pelo empreendimento ou atividade causadora de impacto ambiental. O Projeto de Lei visa alterar a Lei nº 9.985/2000 (Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação), a Lei nº 10.257/2001 (Estatuto da Cidade), e a Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal) (Senado, 2023).

Na prática, a compensação ambiental representa um instrumento econômico relevante para a criação e gestão de iniciativas de conservação, pois permite investimentos que raramente são contemplados nos orçamentos do órgão público responsável por sua administração (Granziera, 2018).

Nesse sentido, denota-se juridicamente viável a destinação de parte dos recursos do FMMA, derivado das medidas compensatórias do licenciamento ambiental de empreendimentos ou atividades com potencial impacto, para manutenção e custeio de Programa de Pagamento de Serviço Ambiental Municipal, destinado à conservação dos remanescentes de vegetação.

4.2.4.2 Proposta de aferição de recursos a partir da conversão de multas ambientais em serviços de preservação, melhoria e recuperação do meio ambiente

Ao dispor sobre penalidades administrativas no âmbito da regulamentação Federal, o Decreto nº 6.514/2008 instituiu o Programa de Conversão de Multas Ambientais emitidas por órgãos e entidades da União integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

Nesse sentido, no decorrer de processo administrativo destinado a apurar a conduta infracional do agente autuado, a legislação (Decreto nº 6.514/2008) prevê a possibilidade de adesão ao Programa de Conversão de Multas ambientais, que

permite substituir o pagamento da multa pela prestação de serviços de preservação, melhoria e recuperação do meio ambiente (Brasil, 2008).

A possibilidade de conversão oferecida pelo órgão ambiental em até 60% do valor da multa consolidada pelo infrator, sem, contudo, dispensá-lo da reparação do dano ambiental que eventualmente tenha causado (Brasil, 2008).

Nesse escopo, a legislação federal (Decreto nº 6.514/2008) considera como serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente, as ações, as atividades e as obras destinadas à recuperação de áreas degradadas para conservação da biodiversidade e qualidade do meio ambiental, bem como à manutenção de espaços públicos que tenham como objetivo a conservação, a proteção e a recuperação de espécies da flora nativa e de áreas verdes urbanas destinadas à proteção dos recursos hídricos, entre outras hipóteses (Brasil, 2008).

Sob a égide dessa previsão legal, a modalidade de *conversão indireta* ocorre através da adesão do autuado a projeto previamente selecionado pelo órgão emissor da multa ambiental, enquanto a *conversão direta* se realiza através da implementação, pelo próprio autuado, de projetos com os objetivos ambientais previstos na normativa (Brasil, 2008).

Nesse sentido, a finalidade e o funcionamento dos Programas de PSA voltados para a conservação de áreas verdes urbanas estão plenamente alinhados com os objetivos dos programas de conversão de multas ambientais. Assim, podem ser incluídos na lista de iniciativas disponíveis para os autuados optarem pelo direcionamento dos valores das multas ambientais previamente aplicadas.

Importa, ademais, observar que no âmbito do Estado do Paraná o Programa de Conversão de Multas Ambientais foi regulamentado, com os mesmos conceitos legais, através do Decreto Estadual nº 2.570/2019, permitindo ao órgão ambiental estadual a escolha de projetos apresentados por demais órgãos ou entidades públicas e privadas, consoante disposto nos seus artigos 3º e 14:

Art. 3º. O órgão estadual ambiental poderá realizar procedimentos administrativos de competição para selecionar projetos apresentados por órgãos e por entidades públicas ou privadas, para execução dos serviços de que trata o artigo 2º deste Decreto, em áreas públicas ou privadas. [...]

Art. 14. A critério do órgão estadual emissor da multa, o Programa de Conversão de Multas poderá envolver a participação dos órgãos locais do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, na seleção e no monitoramento dos projetos beneficiados, vedada a delegação a esses entes do poder decisório quanto ao termo de compromisso firmado e aos seus efeitos. (Paraná, 2019)

Nesse contexto, embora a implementação de programas de conversão de multas ambientais em projetos de preservação, melhoria e recuperação do meio ambiente ainda esteja pendente de regulamentação no âmbito municipal, há a perspectiva de que, no futuro, esses programas possam ser uma fonte de financiamento para iniciativas de PSA urbanos. Em Curitiba, especificamente, os projetos de PSA já poderiam se beneficiar de uma parte dos recursos provenientes das conversões de multas ambientais emitidas pelo órgão estadual.

4.2.4.3 Proposta de aferição de recursos dos

Fundos Estadual e Municipal de Meio Ambiente

No Paraná, o Fundo Estadual de Meio Ambiental (FEMA), instituído pela Lei Estadual nº 12.945/2000, administra recursos financeiros originados, dentre outras fontes, das multas administrativas e sanções judiciais por infrações às normas ambientais, dos valores decorrentes de condenações em ações civis públicas relativas a questões ambientais, bem como dos recursos provenientes de ajuda e/ou cooperação internacional e de acordos entre Governos na área ambiental (Paraná, 2000).

Nesse sentido, ao FEMA é permitido, através da celebração de convênios, termos de cooperação e termos de fomento com órgão e entidades das Administrações Públicas Municipais, custear projetos e/ou programas que tenham por objetivo a promoção da recuperação, conservação e preservação do meio ambiente (Sedest, 2022).

De outro lado, o FMMA em Curitiba está atualmente regulamentado pela Lei Municipal nº 15.852/2021 e possui as mesmas fontes de recursos oriundos de contribuições, subvenções e auxílios da União, do Estado, do Município, e convênios, contratos, consórcios e outros ajustes, celebrados entre o Município e instituições públicas e privadas, cuja execução seja de competência da SMMA, os valores arrecadados com o pagamento de multas aplicadas na esfera municipal, entre outras (Curitiba, 2021).

Assim, o suporte financeiro aos programas de PSA urbanos em Curitiba pode ser parcialmente viabilizado por meio dos fundos estadual e municipal do meio

ambiente, levando em conta as permissões e compatibilidades estabelecidas pelas normativas em vigor.

4.2.4.4 Proposta de obtenção de recursos com fontes alternativas

Alternativamente, ao refletir sobre as fontes potenciais para subsídio do programa de PSA, é possível incorporar financiadores interessados em mitigar impactos ambientais, o que pode facilitar a participação de toda a cadeia de suprimentos de um produto específico ou de uma marca em sua totalidade. Essa abordagem parte do pressuposto de que toda a cadeia produtiva está vinculada a impactos ambientais frequentemente não considerados em seus produtos, muitas vezes resultantes da busca por menor custo de produção (Tarraf, 2022).

Nesse contexto, Chan *et al.* (2017) propõe um modelo que possibilita às empresas reduzirem seu impacto ambiental por meio de um sistema de compensação ambiental associado ao cliente do produto, no qual estes compartilham parte dos custos para mitigar o impacto ambiental da cadeia produtiva.

A proposta reforça as possibilidades de composição de recursos financeiros, públicos e privados, destinados à implementação de projetos de PSA em ambiente urbano.

Adicionalmente, as iniciativas de PSA em Curitiba também podem ser beneficiadas pelo rendimento obtido através do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – “ICMS Ecológico” pelo Estado do Paraná (Lei Complementar nº 59/1991).

Atualmente, do total do ICMS repassado aos municípios paranaenses, 5% referem-se ao ICMS Ecológico, proporcionalmente às Unidades de Conservação em função do tamanho, importância, grau de investimento na área, manancial de abastecimento, qualidade da água captada e outros fatores estabelecidos na Lei Complementar nº 249/2022.

Além disso, não se pode desconsiderar os recursos que podem eventualmente ser obtidos por meio de doações voluntárias e aportes financeiros oriundos de convênios nacionais e internacionais, que prevejam o uso deste instrumento financeiro.

4.2.5 Metodologias para precificação do PSA urbano

No Brasil, várias iniciativas bem-sucedidas de PSA já foram implementadas, incluindo experiências municipais na área de influência do Sistema Cantareira em São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, e o projeto realizado no município de Extrema (MG). Este último utilizou recursos públicos e parcerias para promover a restauração de áreas de nascentes e mananciais (São Paulo, 2021).

No entanto, a maioria dos casos de PSA no país está relacionada à conservação de áreas rurais, razão pela qual os modelos de valoração dos pagamentos dos beneficiários levaram em conta o custo de oportunidade dos imóveis rurais e os serviços ecossistêmicos fornecidos.

Na literatura há grande destaque da metodologia de cálculo do pagamento a ser realizado ao proprietário rural no Projeto Oásis (Young; Bakker, 2014).

A metodologia considera três componentes principais para o cálculo do pagamento (Young; Bakker, 2014):

- (i) um fator de remuneração baseado no custo de oportunidade da terra;
- (ii) a área natural a ser conservada ou restaurada por meio da participação no projeto; e,
- (iii) uma série de critérios que avaliam a qualidade da conservação ecológica realizada na propriedade, sua importância para a preservação dos recursos hídricos e uma análise das práticas agrícolas adotadas em termos de sustentabilidade.

A Equação (1) abaixo descreve a fórmula utilizada nos Projetos Oásis realizados em vários municípios brasileiros, segundo Young e Bakker (2014):

$$\text{Valor PSA} = x * [(1 + \sum N1 + N2 + N3 + N4) * Z] \quad (1)$$

Onde:

X = Valor base da fórmula para o qual é considerado um percentual do custo de oportunidade na região;

N1 = Nota de Qualidade de Conservação da propriedade;

N2 = Nota de Qualidade Hídrica da propriedade;

N3 = Nota para práticas agrícolas adequadas ambientalmente;

N4 = Nota de Gestão da propriedade;

Z = área natural (ou em recuperação) a ser contratada pelo projeto, devendo ser medida em hectares.

O modelo de valoração do Projeto Oásis, originalmente aplicado para pagamento por serviço ambiental em área rural, já foi objeto de adequação para remuneração de beneficiários de iniciativas destinadas à conservação de áreas verdes urbanas (Panasolo, 2019).

A lógica de cálculo da equação fundamenta-se em unir o custo de oportunidade de utilização de determinada área com a premiação pelos serviços ambientais providos e mantidos (Panasolo, 2019).

Assim sendo, Panasolo (2019) propôs uma metodologia de valoração e remuneração dos serviços ecossistêmicos em meio urbano da seguinte forma:

$$AVU = X \cdot (1 + \sum se) \cdot Z \quad (2)$$

Onde:

AVU = Área Verde Urbana;

X = Valor base (% do custo de oportunidade);

$\sum se$ = somatório da pontuação relativa a qualidades dos serviços ecossistêmicos urbanos ofertados;

Z = Área em m².

Onde:

“X” é um proxy para o custo de oportunidade da terra definido com base no valor do imóvel, compreendendo um valor mínimo de compensação destinado aos proprietários pela conservação da área verde. Sugeriu-se um valor para a variável “X” de 25% do valor do m², representando uma compensação mínima, podendo ser ajustado para mais ou para menos de acordo com a oportunidade e a conveniência do proponente. Ainda, considerando que a referida variável estará sujeita às demais características da área (grupos G1 – Conservação/Habitat; G2 – Recursos Hídricos; G3 – Recreação e Turismo; G4 – Valores Educacionais e Inspiracionais; G5 – Bem-estar; e G6 – Serviços de Regulação), o valor total recebido por m² poderá ser majorado de forma substancial, chegando até 200%, incentivo que estimularia a

permanência da área verde no imóvel pelos proprietários, bem como a conservação dos serviços ecossistêmicos (Young; Bakker, 2014); e, “Z”, representa a área do imóvel objeto de conservação ou restauração em m². Os grupos (G1, G2, G3, G4, G5 e G6) possuem itens que por sua vez têm respostas com pesos diferentes que resultarão no somatório da pontuação relativa às qualidades dos serviços ecossistêmicos urbanos ofertados, podendo ser modificados, ampliados ou restringidos, conforme a realidade local (Young; Bakker, 2014).

Vale, ainda, destacar que o Decreto Estadual nº 17.134/2012, que instituiu o PSA e o Biocrédito no âmbito do Estado do Paraná, previu que a fórmula padrão para o cálculo da remuneração nos projetos de PSA é:

$$\text{VALOR PSA} = X * (1 + \Sigma N) * Z \quad (3)$$

Onde:

X = percentual do valor base a ser definido, conforme a modalidade de PSA, por meio de Resolução ou do edital de chamada pública;

ΣN = somatório as notas atribuídas à qualidade do serviço ambiental, da conservação da área natural e da gestão da propriedade e das práticas conservacionistas de uso do solo, cujo valor final máximo deverá ser definido para cada modalidade de projeto de PSA, por meio de Resolução;

Z = área natural a ser contratada pelo projeto.

No entanto, a própria regulamentação prevê a possibilidade de adoção de fórmula distinta daquela previamente estabelecida no Decreto nº 17.134/2012, desde que prevista no edital de chamada pública e justificada tecnicamente (Paraná, 2012).

Cabe, todavia, destacar que as variáveis *Custo de Oportunidade e Cálculo pela Área Destinada ao (PSA)*, além de serem as formas mais frequentes de incentivo financeiro e cálculo de área para os programas, tornaram-se elementos adotados por projetos que passaram por reestruturação, evidenciando uma tendência metodológica (Coelho *et al.*, 2021).

A literatura demonstra que os incentivos baseados no custo de oportunidade são mais eficazes, uma vez que consideram as atividades econômicas predominantes e os valores praticados na localidade. Por outro lado, pagamentos

inferiores ao custo de oportunidade tornam-se menos eficientes, reduzindo as possibilidades de impactos positivos nos meios de subsistência locais e a motivação para a participação no programa (Rodríguez-Robayo; Merino-Perez, 2017).

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estabelecimento de uma política pública municipal para pagamento de serviços ambientais -PSA, destinado à conservação de áreas verdes em Curitiba, enfrentará diversos desafios, os quais exigem estratégias eficazes para mitigá-los.

Uma abordagem promissora é a adoção de modalidades mais abrangentes, especialmente voltadas para áreas verdes urbanas de pequeno e médio porte, priorizando aquelas com maior valor biológico, levando em consideração os custos associados à sua execução em áreas não prioritárias. No entanto, é fundamental realizar estudos aprofundados sobre os aspectos financeiros da implementação e manutenção do sistema de PSA municipal, a fim de evitar falhas estruturais que comprometam sua eficiência.

Além das considerações financeiras, é essencial que a política pública de PSA tenha um escopo ambiental abrangente, visando fortalecer as capacidades de conservação da biodiversidade do município. Paralelamente, as iniciativas urbanas de PSA podem ser instrumento de conscientização sobre a importância da preservação ambiental das áreas verdes e da biodiversidade em geral.

As iniciativas anteriormente implementadas em outras localidades demonstram que as variáveis *Custo de Oportunidade* e *Cálculo pela Área Destinada ao (PSA)* são elementos essenciais para o cálculo do valor a ser pago aos beneficiários do programa.

A captação de recursos para implementação do PSA urbano destinado à conservação das áreas verdes em Curitiba poderá ser realizada com fontes diversas, tais como de recursos oriundos da contrapartida compensatória pela concessão de licenças ambientais, da conversão de multas ambientais em serviços de preservação, melhoria e recuperação do meio ambiente, dos Fundos Estadual e Municipal de Meio Ambiente, e de fontes privadas para compensação ambiental da cadeia de produção, bem como dos repasses do valor auferido pelo ICMS ecológico, além de doações voluntárias e aportes financeiros oriundos de convênios nacionais e internacionais.

As experiências iniciais de implementação desempenham um papel crucial no sucesso da política de PSA municipal. É necessário promover modelos adaptativos que valorizem o aprendizado gerado por outras iniciativas, adaptando-os às condições ambientais locais e às características sociais e econômicas dos envolvidos.

Ao estabelecer uma conexão entre os serviços ambientais e seus beneficiários, é possível promover uma mudança de paradigma significativa para conservação de áreas verdes urbanas.

Em suma, o PSA não é a solução definitiva para a problemática da conservação ambiental municipal, nem deve ser considerado substituto de políticas preexistentes que não são adequadamente implementadas ou cumpridas, mas pode desempenhar papel complementar e relevante para conservação da biodiversidade dos municípios e, em especial, Curitiba.

REFERÊNCIAS

ALTMANN, Alexandre. Pagamento por serviços ambientais urbanos como instrumento de incentivo para os catadores de materiais recicláveis no Brasil. **Revista de direito ambiental**. São Paulo, Revista dos Tribunais, v. 17, n. 68, p. 307-328, out./dez., 2012.

ASSIS DA SILVA, Júlia **Políticas públicas ambientais**: abordagem teórica e prática. Dissertação (Mestrado) – Programa de Estudos Pós-Graduados em Direito, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucsp.br/jspui/handle/handle/24524>. Acesso em: 31 maio 2024.

BANERJEE, Simanti; CASON, Timothy N.; DE VRIES, Frans P.; HANLEY, Nick. Transaction costs, communication and spatial coordination in Payment for Ecosystem Services Schemes. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 83, p. 68-89, maio 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2016.12.005>. Disponível em: <https://research-repository.st-andrews.ac.uk/handle/10023/14429>. Acesso em: 31 maio 2024.

BECHARA, Erika. **Licenciamento e compensação ambiental na Lei do Sistema Nacional das Unidades de Conservação (SNUC)**. São Paulo: Atlas, 2009.

BENINI, Sandra Medina; MARTIN, Encarnita Salas. Decifrando as áreas verdes públicas. **Formação** (Online), v. 2, n. 17, 2011. DOI: <https://doi.org/10.33081/formacao.v2i17.455>. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/455>. Acesso em: 31 maio 2024.

BENNETT, Genevieve; CARROLL, Nathaniel. **Gaining depth**: State of watershed investment 2014. Washington, D.C.: Forest Trends Ecosystem Marketplace, 2014. Disponível em: https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2014/12/SOWI2014_Full.pdf. Acesso em: 31 maio 2024.

BRASIL. **Decreto nº 6.514**, de 22 de julho 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Disponível em: https://planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6514compilado.htm. Acesso em: 31 maio 2024.

BRASIL. **Lei nº 10.257**, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 31 maio 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 31 maio 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.119**, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nºs 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14119.htm. Acesso em: 31 maio 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 31 maio 2024.

CASTELO, Arícia Fernandes Macedo; MARQUESAN, Fábio Freitas Schilling; SILVA, Joselito Brilhante. A problemática das políticas públicas ambientais no Brasil. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental – Fluxo Contínuo**, v. 38, n. 2, p. 180-199, mai./ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.14295/remea.v38i2.12617>. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/12617>. Acesso em: 31 maio 2024.

CASTRO, Biancca Scarpeline de; YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. Coordination issues in the implementation of a national policy of payments for ecosystem services in Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PUBLIC POLICY (ICPP3), 3., 2017, Singapore. **Anais [...]**. Singapore: International Public Policy Association, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/21955>. Acesso em: 31 maio 2024.

CHAN, Kai M. A.; ANDERSON, Emily; CHAPMAN, Mollie; JESPERSEN, Kristjan; OLMSTED, Paige. Payments for ecosystem services: Rife with problems and potential – for transformation towards sustainability. **Ecological Economics**, v. 140, n. C, 110-122, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.029>. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/ecolec/v140y2017icp110-122.html>. Acesso em: 31 maio 2024.

COELHO, Nayra Rosa; GOMES, Andréa da Silva; CASSANO, Camila Righetto; PRADO, Rachel Bardy. Panorama das iniciativas de pagamento por serviços ambientais hídricos no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190055>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/KYdQZCSVWYDK8Sg7vSpCPvQ/>. Acesso em: 31 maio 2024.

CURITIBA. **Decreto Municipal nº 340**, de 2022. Regulamenta o artigo 111 da Lei Municipal nº 15.852, de 1º de julho de 2021, atualizando o sistema de licenciamento ambiental no Município de Curitiba e dá outras providências. Disponível em: <http://leismunicipa.is/0ilt8>. Acesso em: 31 maio 2024.

CURITIBA. **Lei nº 15.852**, de 01 de julho de 2021. Dispõe sobre a política municipal de proteção, conservação e recuperação do meio ambiente no Município e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2021/1586/15852/lei-ordinaria-n-15852-2021-dispoe-sobre-a-politica-municipal-de-protecao-conservacao-e-recuperacao-do-meio-ambiente-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 10 fev. 2022.

CURITIBA. **Projeto cria o Pagamento por Serviços Ambientais em Curitiba**. Iniciativa apresentada pela Comissão de Meio Ambiente da Câmara de Curitiba tem como foco a adaptação às mudanças climáticas. 05.07.2023a. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.leg.br/informacao/noticias/projeto-de-lei-cria-o-pagamento-por-servicos-ambientais-em-curitiba>. Acesso em: 31 maio 2024.

CURITIBA. **Sistema de Proposições Legislativas**. 2023b. Disponível em: <https://www.cmc.pr.gov.br/wspl/system/LogonForm.do>. Acesso em: 31 maio 2024.

DO CARMO LOIOLA, M. V. . As vantagens da gestão ambiental no meio corporativo como elemento estratégico para a sustentabilidade: Las ventajas de la gestión ambiental en el entorno corporativo como elemento estratégico para la sostenibilidad. **Revista Semiárido De Visu**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 181–198, 2023. DOI: 10.31416/rsdv.v11i1.449. Disponível em: <https://semiaridodevisu.ifsertao-pe.edu.br/index.php/rsdv/article/view/449>. Acesso em: 12 set. 2024.

DUNN, Helen. **Payments for Ecosystem Services**. DEFRA Evidence and Analysis Series. Paper 4. Londres, 2011. Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7903b640f0b679c0a07dc1/ecosystem-payment-services-pb13658a.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2024.

ENGEL, Stefanie. The devil in the detail: a practical guide on designing payments for environmental services. **International Review of Environmental and Resource Economics**, v. 9, n. 1-2, p. 131-177, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1561/101.00000076>. Disponível em: <https://www.nowpublishers.com/article/Details/IRERE-076>. Acesso em: 31 maio 2024.

FARLEY, Josh; AQUINO, André; DANIELS, Amy; MOULAERT, Azur; LEE, Dan; KRAUSE, Abby. Global mechanisms for sustaining and enhancing PES schemes. **Ecological Economics**, v. 69, n. 11, p. 2075-2084, 2010. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2010.02.016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092180091000073X>. Acesso em: 31 maio 2024.

FIRKOWSKI, Olga Lucia Castreghini de Freitas. A nova lógica de localização industrial no aglomerado metropolitano de Curitiba. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, n. 103, p. 79-100, jul./dez. 2002. Disponível em: <https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/article/view/205>. Acesso em: 31 maio 2024.

GAUVIN, Crystal; UCHIDA, Emi; ROZELLE, Scott; XU, Jintao; ZHAN, Jinyan. Cost-effectiveness of payments for ecosystem services with dual goals of environment and poverty alleviation. **Environmental Management**, v. 45, p. 488-501, Springer (Suíça), 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9321-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-009-9321-9>. Acesso em: 07 fev. 2024.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GRANZIERA, Beatriz Machado. **Dificuldades práticas para a destinação e execução dos recursos da compensação ambiental**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Estudos Pós-Graduados em Direito, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://repositorio.pucsp.br/jspui/handle/handle/21946>. Acesso em: 31 maio 2024.

GUERRA, Sérgio; SAMPAIO, Rômulo S. R. Acordos substitutivos como instrumento de regulação ambiental. **Revista Novos Estudos Jurídicos**, Santa Catarina, v. 23, n. 3, p. 798-823, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14210/nej.v23n3.p798-823>. Disponível em: <https://periodicos.univali.br/index.php/nej/article/view/13739>. Acesso em: 07 fev. 2024.

GUILHERME, F. P. de S.; REOLON, C. A. ÁREAS VERDES URBANAS:: uma análise a partir do Índice de Áreas Verdes (IAV). **Brazilian Geographical Journal, Ituiutaba**, v. 11, n. 2, p. 180–192, 2020. DOI: 10.14393/BGJ-v11n2-a2020-59175. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/braziangeojournal/article/view/59175>. Acesso em: 12 set. 2024.

HERCOWITZ, Marcelo; FIGUEIREDO, Guilherme Romano. Teste de viabilidade do uso de *reverse auction* como mecanismo de pagamentos por serviços ambientais. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Projeto Recuperação de Matas Ciliares, 2011. Disponível em: https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/378/Documentos/Produtos_Tecnicos_04_Leilao_reverso.pdf. Acesso em: 07 fev. 2024.

HIEDANPÄÄ, Juha; BROMLEY, Daniel W. Payments for ecosystem services: durable habits, dubious nudges, and doubtful efficacy. **Journal of Institutional Economics**, v. 10, n. 2, p. 175-195, 9 jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S1744137413000428>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/271903283_Payments_for_ecosystem_services_Durable_habits_dubious_nudges_and_doubtful_efficacy. Acesso em: 31 maio 2024.

KEMKES, Robin J.; FARLEY, Joshua; KOLIBA, Christopher J. Determining when payments are an effective policy approach to ecosystem service provision. **Ecological economics**, v. 9, n. 11, p. 2069-2074, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.032>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800909004819>. Acesso em: 31 maio 2024.

LONDE, Patrícia Ribeiro; MENDES, Paulo Cezar. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Hygeia – Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 10, n. 18, p. 264-272, 2014. DOI: <https://doi.org/10.14393/Hygeia1026487>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/26487>. Acesso em: 05 fev. 2024.

McAFEE, Kathleen; SHAPIRO-Garza, Elizabeth. Payments for Ecosystem Services in Mexico: Nature, Neoliberalism, Social Movements, and the State. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 100, n. 3, p. 579-599, 25 jun. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00045601003794833>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233276577_Payments_for_Ecosystem_Services_in_Mexico_Nature_Neoliberalism_Social_Movements_and_the_State. Acesso em: 31 maio 2024.

MORERO, Andrea Maria; SANTOS, Rozely Ferreira dos; FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso. Planejamento ambiental de áreas verdes: estudo de caso em Campinas – SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 19-30, jun. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.24278/2178-5031.2007191334>. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/339235>. Acesso em: 31 maio 2024.

MURADIAN, Roldan; CORBERA, Esteve; PASCUAL, Unai; KOSOY, Nicolás; MAY, Peter H. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1202-1208, 2010. DOI: [10.1016/j.ecolecon.2009.11.006](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.006). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800909004558>. Acesso em: 31 maio 2024.

PANASOLO, Alessandro. **Identificação, Valoração e Remuneração de Serviços Ecosistêmicos em Remanescentes de Vegetação Urbana – Estudo de Caso: Curitiba-Pr.** Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2019. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/63001>. Acesso em: 31 maio 2024.

PAPP, Leonardo. **Direito e pagamento por serviços ambientais:** fundamentos teóricos e experiências práticas. Jaraguá do Sul: [s.n.], 2019.

PARANÁ. **Decreto Estadual nº 17.134**, de 25 de abril de 2012. Institui o Pagamento por Serviços Ambientais, em especial os prestados pela Conservação da Biodiversidade, integrante do Programa Bioclima Paraná, bem como dispõe sobre o Biocrédito. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=240833>. Acesso em: 31 maio 2024.

PARANÁ. Decreto Estadual nº 2.570, de 30 de agosto de 2019. Institui no âmbito do Estado do Paraná, o Programa de Conversão de Multas Ambientais para infrações emitidas pelo órgão estadual integrante do Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA e adota outras providências. Disponível em: https://www.garciaemoreno.com.br/legislacao/19295/decreto_n_2570:_programa_d_e_conversao_de_multas_ambientais.html. Acesso em: 31 maio 2024.

PARANÁ. **Lei Complementar nº 249**, de 23 de agosto de 2022. Estabelece critérios para os Índices de Participação dos Municípios na cota-parte do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/pr/lei-complementar-n-249-2022-parana-estabelece-criterios-para-os-indices-de-participacao-dos-municipios-na-cota-parte-do-imposto-sobre-operacoes-relativas-a-circulacao-de-mercadorias-e-sobre-prestacoes-de-servicos-de-transporte-interestadual-e-intermunicipal-e-de-comunicacao>. Acesso em: 31 maio 2024.

PARANÁ. **Lei Complementar nº 59**, de 01 de outubro de 1991. Dispõe sobre a repartição de 5% do ICMS, a que alude o art. 2º da Lei 9.491/90, aos municípios com mananciais de abastecimento e unidades de conservação ambiental, assim como adota outras providências. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/pr/lei-complementar-n-59-1991-parana-dispoe-sobre-a-reparticao-de-5-do-icms-a-que-alude-o-art-2%C2%BA-da-lei-n%C2%BA-9491-90-aos-municipios-com-mananciais-de-abastecimento-e-unidades-de-conservacao-ambiental-assim-como-adota-outras-providencias>. Acesso em: 31 maio 2024.

PARANÁ. **Lei Estadual nº 12.945**, de 05 de setembro de 2000. Institui o Fundo Estadual do Meio Ambiente – FEMA, conforme especifica e adota outras providências. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=241035>. Acesso em: 31 maio 2024.

PERROT-MAÎTRE, Danièle. The Vittel Payments for Ecosystem Services: A “perfect” PES Case. 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228376131_The_Vittel_Payments_for_Ecosystem_Services_A_perfect_PES_Case. Acesso em: 12 jan. 2024.

PFAFF, Alexander; ROBALINO, Juan Andres; BOOMHOWER, Judson P.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. Arturo. Costa Rica's Payment for Environmental Services program: intention, implementation, and impact. **Conservation Biology**, v. 21, p. 1165-1173, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00751.x>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17883482/>. Acesso em: 31 maio 2024.

PORRAS, Ina; BARTON, David N.; MIRANDA, Miriam; CHACON-CASCANTE, Adriana. Learning from 20 years of Payments for Ecosystem Services in Costa Rica. London: **iiED – International Institute for Environment and Development**, 2013. Disponível em: <https://www.iiED.org/sites/default/files/pdfs/migrate/16514IIED.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

RICHARDS, Ryan C.; KENNEDY, Chris J.; LOVEJOY, Thomas E.; BRANCALION, Pedro H. Considering farmer land use decisions in efforts to ‘scale up’ Payments for Watershed Services. **Ecosystem services**, v. 23, p. 238-247, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.12.016>. Disponível em: <https://esalqlastrop.com.br/img/publicacoes/Considering%20farmer%20land%20use.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

RICHARDS, Ryan C.; REROLLE, Julia; ARONSON, James; PEREIRA, Paulo Henrique; GONÇALVES, Helena; BRANCALION, Pedro H S. Governing a pioneer program on payment for watershed services: Stakeholder involvement, legal frameworks and early lessons from the Atlantic forest of Brazil. **Ecosystem services**, 16, 23-32, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.09.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041615300267>. Acesso em: 31 maio 2024.

RODRÍGUEZ-ROBAYO, Karla Juliana; MERINO-PEREZ, Leticia. Contextualizing context in the analysis of payment for ecosystem services. **Ecosystem services**, v. 23, p. 259-267, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.12.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041616301929>. Acesso em: 31 maio 2024.

Sales, I. C., Lehfeld, L. de S., & Silva, J. B. (2023). Política Pública Ambiental E A Necessidade do Monitoramento: Uma Análise a Partir Do Programa Município Verdeazul. **Revista Direitos Sociais e Políticas Públicas** (UNIFAFIBE), 11(1), 23–40. <https://doi.org/10.25245/rdssp.v11i1.1175>

SALZMAN, James Edwin; BENNETT, Genevieve; CARROLL, Nathaniel; GOLDSTEIN, Allie; JENKINS, Michael. The global status and trends of payments for ecosystem services. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 3, p. 136-144, 2018. DOI: 10.1038/s41893-018-0033-0. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41893-018-0033-0>. Acesso em: 31 maio 2024.

SÁNCHEZ GARCIA, F. Buscando um lugar ao sol para as cidades: o papel das atuais políticas de promoção urbana. In: **Revista Paranaense de Geografia, Associação dos Geógrafos Brasileiros**, n. 4, 1999. Disponível em: <www.agbcuritiba.hpg.ig.com.br/Revistas/Rpg3/4fernanda.htm>.

SANTOS, Rui Ferreira; VIVAN, Jorge Luiz. **Pagamento por Serviços Ecosistêmicos em perspectiva comparada**: recomendações para tomada de decisão. Brasília: Projeto Apoio aos Diálogos Setoriais UE-Brasil, 2012. Disponível em: https://ois.sebrae.com.br/wp-content/uploads/2016/05/mmaa_-_publicacao_-_4_conv.pdf. Acesso em: 31 maio 2024.

SÃO PAULO. (Estado). Portal de Educação Ambiental, 2021. Disponível em <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/pagamento-por-servicos-ambientais-psa/>. Acesso em: 15 mar. 2024.

SÃO PAULO. (Estado). Secretaria do Meio Ambiente / Coordenadoria de Educação Ambiental. **Roteiro para Elaboração de Projetos de Educação Ambiental**. Texto Caroline Vivian Gruber; Denise Scabin Pereira; Rachel Marmo Azzari Domenichelli. São Paulo: SMA/CEA, 2013. Disponível em: <https://www.comitetb.sp.gov.br/download/fehidro/roteiro-proj-ea%20%281%29.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

SATTLER, Claudia; TRAMPNAU, Susanne; SCHOMERS, Sarah; MEYER, Claas; MATZDORF, Bettina. Multi-classification of payments for ecosystem services: How do classification characteristics relate to overall PES success? **Ecosystem Services**, v. 6, p. 31-45, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.09.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041613000806>. Acesso em: 31 maio 2024.

SCARPIN, Beatriz Piatto Scarpin; FREIRIA, Rafael Costa. Pagamento por serviço ambiental: Análise do potencial para a região de Angra Doce paranaense. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 18, n. 3, p. 72-81, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v18i3.9544>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/372081406_Pagamento_por_servico_ambiental_Analise_do_potencial_para_a_regiao_de_Angra_Doce_paranaense. Acesso em: 31 maio 2024.

SEDEST – Secretaria do Estado do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo. **Manual básico orientativo para a apresentação de projetos destinados à promoção da recuperação, conservação e preservação do meio ambiente, através de editais de chamamento público.** Fundo Estadual do Meio Ambiente/Conselho de Recuperação dos Bens Ambientais Lesados – FEMA/Conselho, 2022. Disponível em: https://www.sedest.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2022-03/Manual%20Formatado%20com%20altera%C3%A7%C3%B5es%2022.02.2022_VF.pdf. Acesso em: 15 fev. 2024.

SENADO. **Projeto de Lei nº 5.883**, de 2023. Altera as Leis nº 9.985, de 18 de julho de 2000, nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e nº 12.651, de 25 de maio de 2012, para destinar recursos obtidos com a compensação ambiental para ações voltadas à proteção e à melhoria da qualidade do meio ambiente urbano no município afetado. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/161479>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SOARES, Aline; MACHADO, Fernanda; GULARTE, Yohana; BORGES Deise; Importância Dos Parques Urbanos Para Promoção Da Qualidade De Vida Dos Indivíduo. **Disciplinarum Scientia**. Série: Sociais Aplicadas, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 243-257, 2019.

TARRAF, Flávio Ferreira Mendonça. **Implementação da norma de pagamento por serviços ambientais no Brasil: desafios e oportunidades**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2022. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/33410/1/2022_FlavioFerreiraMendoncaTarraf_tcc.pdf. Acesso em: 31 maio 2024.

TATTENBACH, Franz; OBANDO, German; RODRIGUEZ, Jhonny. **Mejora del excedente nacional del pago de Servicios Ambientales**. Informe de Consultoría para FONAFIFO. FUNDECOR. San José, 2006.

TEIXEIRA, Luiz Belmiro; BEGA, Maria Tarcisa da Silva. Desigualdade Social e o Processo de Urbanização de Curitiba: O Caso do Jardim Parque Iguaçu. **Tempo da Ciência**, v. 25, n. 49, 2018. DOI: <https://doi.org/10.48075/rtc.v25i49.20038>. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/tempodaciencia/article/view/20038>. Acesso em: 10 abr. 2023.

VATN, Arild. An institutional analysis of payments for environmental services. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1245-1252, abr. 2010. Disponível em: https://econpapers.repec.org/article/eeeecolec/v_3a69_3ay_3a2010_3ai_3a6_3ap_3a1245-1252.htm. Acesso em: 31 maio 2024.

VATN, Arild; BARTON, David N.; PORRAS, Ina; RUSCH, Graciela; STENSLIE, Ellen. Payments for Nature Values Market and Non-market Instruments. **Report number: Norad report 5/2014**. Affiliation: Norwegian Agency for Development Cooperation. Oslo, 2014. Disponível em: <https://www.cbd.int/doc/case-studies/inc/cs-inc-Payments%20for%20nature%20values.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2022.

WENDLAND, Kelly J.; HONZÁK, Miroslav; PORTELA, Rosimeiry; VITALE, Benjamin; RUBINOFF, Samuel; RANDRIANARISOA, Jeannicq. Targeting and implementing payments for ecosystem services: Opportunities for bundling biodiversity conservation with carbon and water services in Madagascar. **Ecological Economics**. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.01.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800909000044>. Acesso em: 31 maio 2024.

WUNDER, Sven. The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation: La Eficiencia de los Pagos por Servicios Ambientales en la Conservación Trópicos **Conservation Biology**, v. 21, n. 1, p. 48-58, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00559.x>. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.2006.00559.x>. Acesso em: 07 fev. 2024.

WUNDER, Sven; ENGEL, Stefanie; PAGIOLA, Stefano. Taking Stock: a comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. **Ecological Economics**, v. 65, n. 4, p. 834-852, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.03.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800908001432>. Acesso em: 07 fev. 2024.

YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann; BAKKER, Leonardo Barcellos de. Payments for ecosystem services from watershed protection: A methodological assessment of the Oasis Project in Brazil. **Natureza & Conservação**, Brazilian Journal of Nature Conservation, v. 12, n. 1, p. 71-78, 2014. Disponível em: <https://www.perspectecolconserv.com/en-pdf-S1679007314500126>. Acesso em: 07 fev. 2024.

YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann; CASTRO, Biancca Scarpeline de. (org.). Estudos e produção de subsídios técnicos para a construção de uma Política Nacional de Pagamento por Serviços. Relatório Final. Rio de Janeiro: **Instituto de Economia**, UFRJ, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.30813.92640>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322791766_YOUNG_C_E_F_coord_Estudios_e_producao_de_subsidios_tecnicos_para_a_construcao_de_uma_Politica_Nacional_de_Pagamento_por_Servicos_Relatorio_Final_com_apendices_Instituto_de_Economia_UFRJ_Rio_de_Janeiro_?channel=doi&linkId=5a705e07aca272e425ec0630&showFulltext=true. Acesso em: 07 fev. 2024.

ZHAO, Fazhu; CHEN, Shaofeng; HAN, Xinhui; YANG, Gaihe; FENG, Yongzhong; REN, Guangxin. Policy-Guided Nationwide Ecological Recovery: Soil Carbon Sequestration Changes Associated With the Grain-to-Green Program in China. **Soil Science**, v. 178, n. 10, p. 550-555, 2013. DOI: [10.1097/SS.0000000000000018](https://doi.org/10.1097/SS.0000000000000018). Disponível em: <https://journals.lww.com/soilsci/toc/2013/10000>. Acesso em: 07 fev. 2024.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas análises apresentadas nesta pesquisa, que abrange a identificação das áreas verdes urbanas em Curitiba/PR, a evolução dessas áreas entre 2010 e 2019, a verificação dos índices de oferta, demanda e balanço das áreas verdes urbanas no município, a correlação com o preço da terra, e a sistematização de variáveis para a implementação de uma política pública de Pagamento por Serviço Ambiental urbano, é possível concluir que:

1. A distribuição das áreas verdes urbanas em Curitiba é heterogênea, com concentração nos extremos e vazio nas áreas centrais, refletindo disparidades socioeconômicas e ambientais que precisam ser consideradas na criação e aplicação de políticas públicas e no planejamento urbano.
2. A análise do balanço de áreas verdes entre 2010 e 2019 mostrou disparidades na oferta e demanda por essas áreas, além de uma correlação negativa entre a oferta de áreas verdes e o valor da terra.
3. No espaço temporal analisado houve a conversão de grandes fragmentos vegetais urbanos para uso industrial e residencial, apontando para um padrão de desenvolvimento urbano que desvaloriza economicamente os locais com maior oferta de vegetação.
4. A tendência global de maior perda de vegetação urbana em regiões de menor renda é observada em Curitiba, podendo ser um indicativo relevante para discussão de justiça ambiental e acessibilidade aos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos espaços verdes na cidade.
5. A reavaliação das estratégias de conservação ambiental em Curitiba é crucial para garantir a resiliência urbana frente aos desafios oriundos das mudanças climáticas conjecturadas, especialmente no que tange ao aumento da temperatura e ao risco de alagamentos e inundações nas regiões mais urbanizadas e sem cobertura vegetal da cidade.

6. O monitoramento regular para aferição dos índices de conservação e distribuição das áreas verdes é essencial para a qualidade de vida urbana e para mitigação dos impactos do crescimento urbano não planejado.
7. A implementação de um sistema de Pagamento por Serviço Ambiental - PSA pode ser um instrumento eficaz para a conservação das áreas verdes urbanas em Curitiba, desde que planejado a partir do aprendizado gerado por outras iniciativas, adaptando-o às condições ambientais locais e às características sociais e econômicas dos beneficiários.
8. Uma abordagem promissora para o PSA urbano é a adoção de modalidades mais abrangentes, especialmente voltadas para áreas verdes urbanas de pequeno e médio porte, priorizando aquelas com maior relevância para conservação da biodiversidade local.

REFERÊNCIAS

CASTRO, Biancca Scarpeline de; YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. Coordination issues in the implementation of a national policy of payments for ecosystem services in Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PUBLIC POLICY (ICPP3), 3., 2017, Singapore. **Anais** [...]. Singapore: International Public Policy Association, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/21955>. Acesso em: 31 maio 2024.

CHIROLI, Daiane Maria De Genaro; MENEZES, Maria Gabriela; ZOLA, Fernanda; ARAGÃO, Franciely Veloso; ALMEIDA, Rafael Dezotti de; TEBCHERANI, Sergio Mazurek. Integrating resilience and sustainability: A systematic analysis of resilient cities using ISO 37123. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 96, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103960>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420923004405>. Acesso em: 31 maio 2024.

CLOT, Sophie; GROLLEAU, Gilles; MÉRAL, Philippe. Payment Vs. Compensation For Ecosystem Services: Do Words Have A Voice In The Design of Environmental Conservation Programs? **Ecological Economics**, v. 135, p. 299-303, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.12.028>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800916303056>. Acesso em: 31 maio 2024.

CURITIBA. Curitiba é a cidade mais inspiradora do mundo em preservação de áreas verdes. **Agência de Notícias da Prefeitura de Curitiba**, 2022. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/curitiba-e-a-cidade-mais-inspiradora-do-mundo-em-preservacao-de-areas-verdes/63933>. Acesso em: 15 dez. 2023.

LI, Xin; LI, Xiaoshun; MA, Xiaodong. Spatial optimization for urban green space (UGS) planning support using a heuristic approach, **Applied Geography**, v. 138, p. 102622, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2021.102622>. Disponível em: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/leXpvQV4/>. Acesso em: 31 maio 2024.

SHUDA, Quincy; BOUGOULIAS, Michael E; KASS, Rebecca. Effect of nature exposure on perceived and physiologic stress: A systematic review, **Complementary Therapies in Medicine**, v. 53, p. 102514, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102514>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965229920305446>. Acesso em: 31 maio 2024.

TORRES, Pedro Henrique Campello; SOUZA, Daniele Tubino Pante de; MOMM, Sandra; TRAVASSOS, Luciana; PICARELLI, Sophia B. N.; JACOBI, Pedro Roberto; MORENO, Robson da Silva. Just cities and nature-based solutions in the Global South: A diagnostic approach to move beyond panaceas in Brazil. **Environmental Science & Policy**, v. 143, p. 24-34, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.02.017>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901123000503>. Acesso em: 17 abr. 2024.

YIGITCANLAR, Tan; KAMRUZZAMAN, Md; FOTH, Marcus; SABATINI-MARQUES, Jamile; COSTA, Eduardo da; IOPPOLO, Giuseppe. Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature. **Sustainable Cities and Society**, v. 45, p. 348-365, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.11.033>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221067071831268X>. Acesso em: 31 maio 2024.