

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA POLITÉCNICA

DENISE BRUNORO DE BARROS MELLO

**Análise da oferta e demanda de serviços ecossistêmicos como subsídio ao planejamento urbano: estudo de caso da bacia hidrográfica da Vila Leopoldina, em São Paulo/ SP**

São Paulo  
2023

DENISE BRUNORO DE BARROS MELLO

**Análise da oferta e demanda de serviços ecossistêmicos como subsídio ao planejamento urbano: estudo de caso da bacia hidrográfica da Vila Leopoldina, em São Paulo/ SP**

**Versão Corrigida**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestra em Ciências.

Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP

Orientador: Prof. Dr. Joaquin Ignacio Bonnacarrère Garcia

São Paulo

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 15 de Julho de 2023

Assinatura do autor: Júni

Assinatura do orientador: Joaquim

#### Catálogo-na-publicação

Brunoro, Denise de Barros Mello

Análise da oferta e demanda de serviços ecossistêmicos como subsídio ao planejamento urbano: estudo de caso da bacia hidrográfica da Vila Leopoldina, em São Paulo/ SP / D. B. M. Brunoro -- versão corr. -- São Paulo, 2023.

100 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental.

1.Serviços ecossistêmicos 2.Cidades resilientes 3.Planejamento urbano I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental II.t.

Nome: BRUNORO, Denise de Barros Mello

Título: Análise da oferta e demanda de serviços ecossistêmicos como subsídio ao planejamento urbano: estudo de caso da bacia hidrográfica da Vila Leopoldina.

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestra em Ciências.

Aprovada em: 29/06/2023

Banca Examinadora

Prof. Dr. Joaquin Ignacio Bonnacarrere Garcia

Instituição: EP – USP

Julgamento: Aprovada

Prof. Dr. Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli

Instituição: EACH – USP

Julgamento: Aprovada

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andreza Portella Ribeiro

Instituição: Uninove

Julgamento: Aprovada

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, que com muita coragem, largaram tudo para trás a fim de prover uma melhor educação para seus filhos.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Joaquin Ignacio Bonnacarrère Garcia, e à Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo, que me ajudaram neste árduo caminho, trazendo tranquilidade e segurança para a execução deste estudo.

Ao Prof. Dr. Davide Geneletti e Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Chiara Cortinovis, que foram muito receptivos e solícitos quanto a esclarecimentos de seus estudos.

À Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, pelos aprendizados imensuráveis, e, em especial pela paciência, conversas e ensinamentos agradeço à Érika, André, Sara e Ana.

Aos meus pais, que fizeram e fazem tudo o que podem por seus filhos, que me ensinaram humildade, respeito e integridade.

Aos meus queridos amigos, que são a família que eu pude escolher. Ana Beatriz, Luiza, Ivan, Letícia e Luís Fernando, que estiveram do meu lado, apoiaram minhas ideias malucas e me confortaram. A Ana e Viviane, amigas, mestras, que mesmo longe, sempre me incentivaram a prosseguir.

Por fim, agradeço a todos os professores que fizeram parte do meu caminho e compartilharam comigo do seu saber, possibilitando que eu chegasse onde estou.

*It's important to draw wisdom from many different places.*

(Iroh, em Avatar: A lenda de Aang, 2005)

## RESUMO

BRUNORO, D. B. M. **Análise da oferta e demanda de serviços ecossistêmicos como subsídio ao planejamento urbano:** estudo de caso da bacia hidrográfica da Vila Leopoldina, em São Paulo/ SP. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

O processo de urbanização não-planejado gera diversos problemas para a cidade, desde ilhas de calor, enchentes, até especulação imobiliária e ocupação de áreas de risco. Algumas estruturas naturais são capazes de prover serviços ecossistêmicos (SE) que trazem bem-estar à população, e com o auxílio do planejamento urbano, estes impactos podem ser mais profundos e melhorar as condições de vidas de populações mais vulneráveis. O presente estudo objetiva: realizar a adaptação de uma metodologia de análise da oferta e demanda de SE na zona urbana, capaz de auxiliar o planejamento urbano na definição de áreas de implementação de infraestruturas verde-azuis e aplicar a metodologia em um estudo de caso. Desta maneira, o estudo foi embasado em uma revisão bibliográfica sobre serviços ecossistêmicos, foram escolhidos os SE a serem analisados (regulação microclimática, regulação de inundações, recreação e provisão de alimento), foi feita uma adaptação dos métodos de cálculo da oferta e demanda de SE em função dos dados disponíveis para a cidade de São Paulo e as formulações foram aplicadas na área da Bacia Hidrográfica da Vila Leopoldina. Os resultados apresentaram grande correlação com os fatores sócio-físicos da área de estudo, tanto para a oferta, quanto para a demanda dos SE. Os mapas da oferta e demanda compostas apresentaram áreas de intervenção prioritárias muito diferentes: o mapa de oferta apresentou mais da metade do território como área prioritária, enquanto o mapa de demanda apresentou uma área bem mais restrita – tal diferença evidencia a importância da inclusão da análise da demanda dos SE, ao invés da análise pura da oferta. Os instrumentos de ordenamento urbano brasileiros que utilizam SE usualmente abordam o tema superficialmente ou conceitualmente, e, como mostrado pela aplicação do presente estudo, o planejamento urbano pode se beneficiar da adoção de uma metodologia que contemple a demanda dos SE, pois leva em consideração uma distribuição não-homogênea do fator populacional, e, desta forma, o planejamento das áreas verdes pode ser feito de forma a otimizar seus efeitos com a escolha tanto do local, quanto dos serviços ofertados. Uma possibilidade da metodologia utilizada é a replicabilidade para toda a mancha urbana da cidade de São Paulo, gerando assim a análise da oferta e demanda composta de SE, dado que pode ser disponibilizado em uma plataforma de informações geográficas, incentivando também a iniciativa privada a participar no processo de aumento da sustentabilidade e resiliência da cidade com a implementação de infraestruturas verde-azuis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade. Ecossistema urbano. Vulnerabilidade social. Cidades sustentáveis. Regulação de inundações. Regulação microclimática. Recreação. Provisão de alimentos.



## ABSTRACT

BRUNORO, D. B. M. **Analysis of the supply and demand of ecosystem services as a subsidy to urban planning:** case study in the Vila Leopoldina basin, in São Paulo/ SP. Dissertation (Master in Science) – Polytechnique School, University of São Paulo, São Paulo, 2023.

The unplanned urbanization process creates several problems in the city, ranging from heat islands effect, floods, real estate speculation to the occupation of at-risk areas. Some natural areas are capable of providing ecosystem services (ES) that contributes to multiple benefits to the population, and with the aid of urban planning, these impacts can be deeper and improve the living conditions of vulnerable populations. This study aims to adapt a methodology for analyzing the supply and demand of ES in urban areas, that could be capable of assisting urban planning in defining intervention areas for blue-green infrastructure and apply the methodology in a case study. In order to achieve this, the study was conducted through a literature review on ecosystem services, four ES were selected to be analyzed (microclimate regulation, flood regulation, recreation, and food provision), the methodology for calculating the supply and demand of ES was adapted based on available data for the city of São Paulo, and it was tested on the Vila Leopoldina River Basin. The results showed a strong correlation with the socio-physical factors of the study area, both for the supply and demand of ES. The final maps of supply and demand showed very different priority intervention areas: the supply map showed more than half of the territory as a priority area, while the demand map showed a much more restricted area – highlighting the importance of including the analysis of ES demand. Brazilian urban planning instruments that use ES usually address the topic superficially or, if a more in-depth analysis is performed, it is done only on the supply of ES. As shown by the application of this study, urban planning can benefit from the adoption of a methodology that considers the demand for ES because it takes into account a non-homogeneous distribution of the population factor. Thus, green areas can be planned to optimize their effects by choosing both the location and the services offered. One possibility of the methodology used is its replicability for the entire urban area of the city of São Paulo, generating an analysis of the supply and demand of ES, which can be made available on a geographic information platform, also encouraging the private sector to participate in the process of increasing the sustainability and resilience of the city with the implementation of green-blue infrastructure.

**KEYWORDS:** Sustainability. Urban ecosystem. Social vulnerability. Sustainable cities. Flood regulation. Microclimate regulation. Recreation. Food provision.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Diagrama explicativo da pesquisa.....	3
Figura 3.1 – Distribuição temporal de interesse de pesquisa mundial na palavra-chave ‘ <i>ecosystem services</i> ’, de janeiro de 2004 a janeiro de 2023 .....	7
Figura 3.2 – Distribuição espacial de interesse de pesquisa mundial na palavra-chave ‘ <i>ecosystem services</i> ’, de janeiro de 2004 a janeiro de 2023 .....	8
Figura 3.3 – Representação de relação de nexos entre desafios urbanos e serviços ecossistêmicos .....	13
Figura 3.4 – Densidade populacional no mundo em 2015 – habitantes/ km <sup>2</sup> .....	30
Figura 3.5 – Densidade da população no Brasil, discretizada em células de 1 km <sup>2</sup> de acordo com os dados do censo demográfico de 2010.....	30
Figura 3.6 – Distribuição da densidade populacional no município de São Paulo.....	31
Figura 4.1 – Detalhamento da metodologia.....	37
Figura 4.2 – Fluxograma da metodologia com discretização dos dados utilizados na análise da oferta e demanda de cada SE .....	38
Figura 4.3 – Localização da área de estudo .....	51
Figura 4.4 – Localização de ocupações de destaque dentro da área de estudo.....	52
Figura 4.5 – Mapa da densidade demográfica da área de estudo.....	53
Figura 4.6 – Índice paulista de vulnerabilidade social da área de estudo .....	54
Figura 4.7 – Mapa da tipologia de cobertura vegetal da área de estudo .....	55
Figura 4.8 – Mapa das infraestruturas verde e azuis da área de estudo .....	55
Figura 4.9 – Mapa do uso e ocupação do solo da área de estudo .....	57
Figura 4.10 – Mapa de impermeabilização do solo da área de estudo .....	58
Figura 5.1 – Mapa da classificação da cobertura do solo na área de estudo.....	59
Figura 5.2 – Oferta do SE de regulação microclimática na área de estudo .....	61
Figura 5.3 – Demanda do SE de regulação microclimática na área de estudo .....	61
Figura 5.4 – Oferta do SE de regulação de inundações na área de estudo .....	63
Figura 5.5 – Ocorrência de inundações na área de estudo, com raio de influência de 50 m dos pontos de alagamento.....	63
Figura 5.6 – Demanda do SE de regulação de inundações na área de estudo .....	64
Figura 5.7 – Oferta de potencial de recreação na área de estudo.....	66
Figura 5.8 – Demanda do SE de recreação na área de estudo .....	66

Figura 5.9 – Demanda do SE de provisão de alimentos .....	67
Figura 5.10 – Mapa composto da oferta de serviços ecossistêmicos na área de estudo .....	69
Figura 5.11 – Mapa composto da demanda de serviços ecossistêmicos na área de estudo .....	69
Figura 5.12 – Comparativo entre mapas de oferta e demanda compostas .....	70
Figura 6.1 – Porcentagem das áreas em cada faixa de índice para oferta e demanda compostas .....	75

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Exemplo de geração de serviços por ecossistemas urbanos .....	10
Quadro 3.2 – Serviços ecossistêmicos abordados na zona urbana .....	11
Quadro 3.3 – Corpos naturais geradores de serviços ecossistêmicos dentro do ambiente urbano .....	12
Quadro 3.4 – Cobertura do solo e classes de uso do solo .....	18
Quadro 3.5 – Valores designados* para as combinações entre cobertura do solo, cobertura de dossel e tamanho da célula.....	18
Quadro 3.6 – Valores dos indicadores de oferta de recreação definidos de acordo com o modelo de recreação do ROS-ESTIMAP .....	24
Quadro 3.7 – Valores dos indicadores de oferta do SE de provisão de alimentos .....	26
Quadro 3.8 – Detalhamento da densidade demográfica do município de São Paulo, discretizada em cinco quantis, média por setor censitário e média geral .....	31
Quadro 4.1 – Serviços ecossistêmicos estudados .....	33
Quadro 4.2 – Oferta de SE estudados e indicadores utilizados, faixa de intervalo e tipo de normalização .....	34
Quadro 4.3 – Índice de densidade populacional adotado .....	35
Quadro 4.4 – Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) .....	35
Quadro 4.5 – Demanda de SE estudados e indicadores utilizados, faixa de intervalo e tipo de normalização .....	36
Quadro 4.6 – Categorias de detalhamento da amostragem e valores de impermeabilização ..	38
Quadro 4.7 – Classes de cobertura do solo, características e faixa de impermeabilização .....	39
Quadro 4.8 – Valores atribuídos para as combinações entre cobertura do solo, cobertura de dossel e tamanho da célula.....	40
Quadro 4.9 – Classes de oferta de resfriamento e respectivos intervalos .....	41
Quadro 4.10 – Classificação da demanda do SE de regulação microclimática .....	42
Quadro 4.11 – Classificação da oferta do SE de regulação de inundações .....	43
Quadro 4.12 – Classificação da demanda do SE de diminuição do escoamento superficial ...	45
Quadro 4.13 – Classificação da demanda do SE de recreação .....	47
Quadro 4.14 – Classificação da demanda do SE de provisão de alimentos .....	49
Quadro 4.15 – Dados utilizados, fonte e aplicação nos serviços ecossistêmicos .....	52
Quadro 4.16 – Usos do solo na Bacia de Vila Leopoldina, áreas totais (m <sup>2</sup> ) e percentuais ....	56

Quadro 4.17 – Taxa de impermeabilização dos usos do solo na área de estudo e percentual de ocupação da área total.....	58
Quadro 5.1 – Área total e percentual de cada cobertura do solo .....	60
Quadro 5.2 – Coeficientes de permeabilidade para cada uso do solo.....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Proteção Permanente
CBH-AT	Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
CEAGESP	Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CGE	Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas
ES	<i>Ecosystem services</i>
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
FUSP	Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPVS	Índice Paulista de Vulnerabilidade Social
LoP	Projeto Ligue os Pontos
MDT	Modelo Digital do Terreno
MEA	<i>Millennium Ecosystem Assessment</i>
NBS	<i>Nature Based Solutions</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PANC	Planta Alimentícia Não Convencional
PDE	Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo
PEMC	Política Estadual de Mudanças Climáticas
PL	Parque Linear
PLANCLIMASP	Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050
PLANPAVEL	Plano Municipal de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres
PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROAURP	Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
ROS	<i>Recreation Opportunity Spectrum</i>
SA	Serviços Ambientais
SBN	Soluções Baseadas na Natureza

SCS-CN	<i>Soil Conservation Service – Curve Number</i>
SE	Serviços Ecológicos
SE-PA	Serviço Ecológico de Provisão de Alimentos
SE-RI	Serviço Ecológico de Regulação de Inundações
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIURB	Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras
SVE	Sistema Viário Estrutural
SVMA	Secretaria do Verde e Meio Ambiente
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	1
2.	OBJETIVO .....	5
3.	EMBASAMENTO TEÓRICO .....	6
3.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA .....	6
3.2.	SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E DESAFIOS URBANOS .....	9
3.3.	REGULAÇÃO DO MICROCLIMA .....	15
3.4.	REGULAÇÃO DE INUNDAÇÕES .....	19
3.5.	RECREAÇÃO .....	21
3.6.	PROVISÃO DE ALIMENTOS .....	24
3.7.	COMPOSIÇÃO DOS INDICADORES .....	27
3.8.	DENSIDADE POPULACIONAL .....	27
3.9.	CONSIDERAÇÕES SOBRE O LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES .....	32
4.	METODOLOGIA .....	33
4.1.	REGULAÇÃO DO MICROCLIMA .....	38
4.1.1.	Oferta .....	38
4.1.2.	Demanda .....	40
4.2.	REGULAÇÃO DE INUNDAÇÕES .....	42
4.2.1.	Oferta .....	42
4.2.2.	Demanda .....	43
4.3.	RECREAÇÃO .....	45
4.3.1.	Oferta .....	45
4.3.2.	Demanda .....	46
4.4.	PROVISÃO DE ALIMENTOS .....	47
4.4.1.	Oferta .....	47
4.4.2.	Demanda .....	48
4.5.	COMPOSIÇÃO FINAL.....	49
4.5.1.	Oferta total .....	49
4.5.2.	Demanda total .....	50
4.6.	CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	50
5.	RESULTADOS.....	59
5.1.	REGULAÇÃO DO MICROCLIMA .....	59
5.2.	REGULAÇÃO DE INUNDAÇÕES .....	62
5.3.	RECREAÇÃO .....	65
5.4.	PROVISÃO DE ALIMENTOS .....	67



5.5. COMPOSIÇÃO FINAL.....	68
6. DISCUSSÃO .....	71
6.1. COMPARAÇÃO COM ESTUDOS ATUAIS.....	71
6.2. PONTOS FORTES E LIMITAÇÕES.....	74
7. CONCLUSÃO .....	78
REFERÊNCIAS.....	80

## 1. INTRODUÇÃO

Os serviços ecossistêmicos (SE) urbanos são uma ferramenta capaz de aumentar a resiliência e sustentabilidade de uma cidade, oferecendo serviços de provisão, regulação, lazer e suporte, impactando, direta ou indiretamente, as populações no seu entorno.

A provisão de SE depende da disponibilidade e distribuição espacial dos corpos hídricos e áreas verdes, o que reforça a importância das decisões estratégicas de definição do uso do solo que são realizadas no planejamento urbano das cidades. O Plano Diretor Municipal<sup>1</sup> guia o tipo de ocupação de cada setor urbano, impactando a densidade populacional e construída de cada área, o que afeta a demanda por SE (BARÓ et al., 2016).

Dentre os princípios de planejamento urbano mais citados em relação a áreas verdes, estão conectividade<sup>2</sup> e multifuncionalidade, porém, ambos são associados majoritariamente a estudos teóricos, com pouca aplicabilidade factual. Outros princípios de planejamento associados com áreas verdes urbanas são (MONTEIRO; FERREIRA; ANTUNES, 2020):

- Multiescala: uso desde escalas pontuais até regionais;
- Integração: integração de estruturas verde-cinzas;
- Diversidade: diversidade de tipologia das soluções baseadas na natureza, com usual inserção de infraestrutura azul;
- Aplicabilidade: capacidade realística de implementação das soluções;
- Governança: colaboração entre agentes do Governo e os cidadãos no processo de planejamento;
- Continuidade: monitoramento e/ou medições empíricas pós-implementação.

No âmbito nacional existem algumas cidades com diretrizes específicas de planejamento de áreas verdes, como, por exemplo, o Plano Diretor de Arborização Urbana<sup>3</sup> da Cidade do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro/ RJ – que conta com Diagnóstico e Planejamento, com horizonte de aplicação de dez anos (PCRJ, 2015); já a cidade de São Paulo conta com o Plano Municipal de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres (PLANPAVEL), que é orientado pelo Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo (PDE), e apresenta objetivos, instrumentos de implementação, plano de ações, dentre outros (PMSP; SVMA, 2022). Outro instrumento do

---

<sup>1</sup> O Plano Diretor Municipal é um instrumento de planejamento urbano, que foi oficializado em toda federação no Estatuto da Cidade (lei federal 10.257 de 10/07/2001).

<sup>2</sup> Referente a conectar fisicamente, aumentando trocas gênicas e biodiversidade.

<sup>3</sup> O Plano Diretor de Arborização Urbana é o documento técnico que define as diretrizes necessárias para a implantação, monitoramento, avaliação, conservação e expansão da arborização urbana.

município de São Paulo, o Plano de Ação Climática 2020-2050 (PlanClimaSP), também conta com os serviços ecossistêmicos para alcançar os objetivos de combate às mudanças climáticas e aumento da resiliência da cidade (PMSP, 2021).

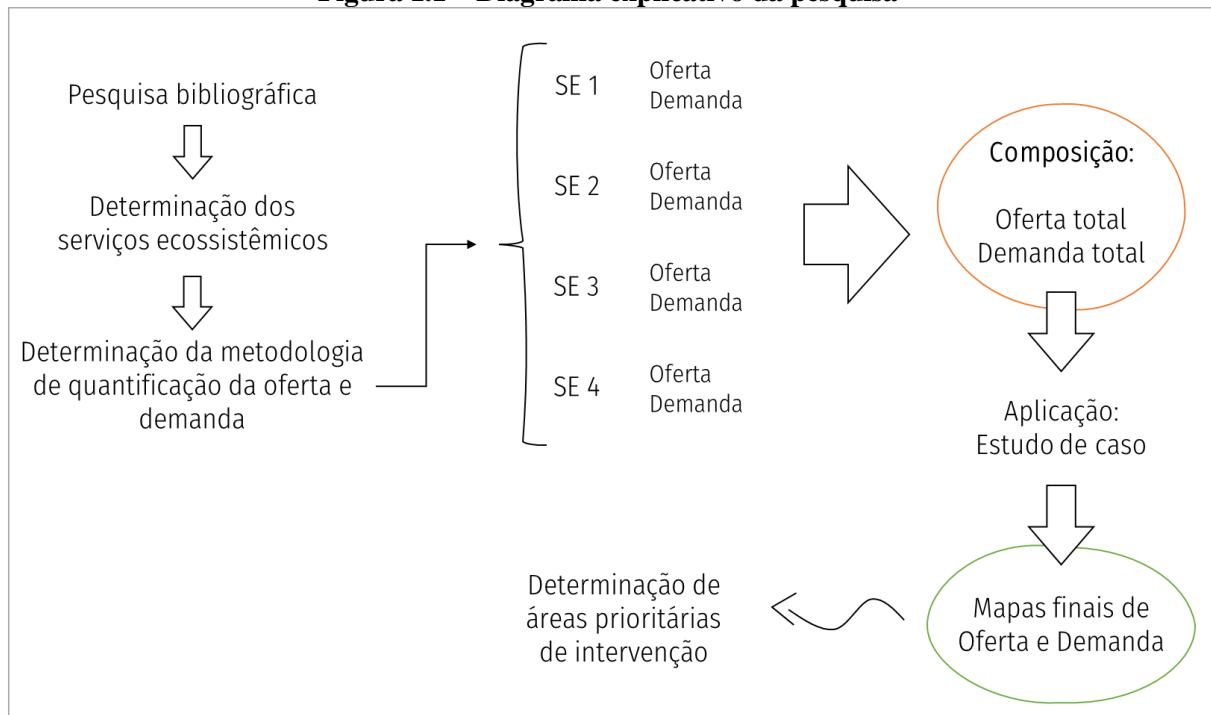
Megacidades como São Paulo possuem muitos problemas sociais e ambientais, que estão relacionados com o padrão de desenvolvimento e transformação do espaço, que têm sido agravados com o aumento da temperatura e a intensificação de eventos extremos (NOBRE et al., 2011).

As desigualdades socioeconômicas de populações possuem agravantes, como é o caso dos problemas ambientais, e é esperado do poder público a elaboração e execução de um planejamento urbano que melhore a qualidade de vida de maneira ampla. Desta forma, os serviços ecossistêmicos se mostram uma ferramenta muito útil com capacidade de relacionar os aspectos ambientais e suas consequências no bem estar da população (CORTINOVIS; GENELETTI, 2019).

Destarte, a presente dissertação visa realizar a análise da oferta e demanda de SE na zona urbana, com um posicionamento relativo à equanimidade social – que confere a populações vulneráveis um peso maior na demanda de SE do que populações com baixa vulnerabilidade social. A análise será feita por meio da metodologia de Cortinovic e Geneletti (2020), com adaptações para os dados livres disponíveis na cidade de São Paulo. A oferta e demanda de quatro serviços ecossistêmicos – não redundantes entre si – serão analisadas, assim como o índice final de oferta e demanda compostas. A metodologia será aplicada em um estudo de caso, e os mapas resultantes de oferta e demanda têm a capacidade de auxiliar o poder público na alocação otimizada de áreas verdes, visando máximos efeitos benéficos à população. A Figura 1.1 apresenta a esquematização dos passos da pesquisa: primeiro será feita uma pesquisa bibliográfica sobre serviços ecossistêmicos e como são utilizados pelos instrumentos de planejamento urbano; depois serão determinados os SE a serem estudados e será determinada a metodologia de quantificação da oferta e demanda de cada um; depois será determinada a composição da oferta e demanda total, com consequente aplicação no estudo de caso, que gerará os mapas que permitirão a visualização das áreas prioritárias de intervenção para SE.

Atualmente, as ferramentas do poder público de planejamento urbano de áreas verdes, abordam os SE de forma conceitual, conscientizadora ou como diretrizes (DICK et al., 2018; LONGATO et al., 2021). No Brasil, uma nova abordagem traz a utilização de indicadores de determinados SE e sua oferta (MACHADO et al., 2020), mas ainda assim, apenas alguns estudos internacionais contabilizam a demanda em uma análise integrada de SE na cidade (CORTINOVIS; GENELETTI, 2020a; LONGATO et al., 2023; SHI et al., 2020).

**Figura 1.1 – Diagrama explicativo da pesquisa**



Fonte: autoral (2023).

A fim de aumentar sua legitimidade, as pesquisas com SE devem se engajar tanto com os tomadores de decisão quanto com os stakeholders, em um processo de coprodução de conhecimento que incorpora diversas perspectivas com transparência (POSNER; MCKENZIE; RICKETTS, 2016).

O tema estudado se mostra relevante devido à sua aplicabilidade, replicabilidade e praticidade, pois permite o estudo de áreas relativamente grandes, de bairros a cidade<sup>4</sup> com o uso de ferramentas automatizadas de geoprocessamento de dados – todos os dados de entrada utilizados na metodologia são de livre acesso. Ademais, a identificação de áreas prioritárias (maior demanda ou menor oferta de SE) pode ser utilizada pelo poder público como ferramenta para definição de áreas para implementação de áreas verdes. Os mapas gerados de oferta e demanda também podem ser disponibilizados para o conhecimento da população, em plataformas de dados de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) online.

Para aplicação da metodologia, foi escolhida uma área de estudo de caso, a Bacia hidrográfica da Vila Leopoldina, localizada na zona Oeste da cidade de São Paulo. A delimitação desta área foi determinada no Caderno de Bacia Hidrográfica – Bacia da Vila Leopoldina (FCTH; PMSP,

<sup>4</sup> A adaptação metodológica foi feita levando em consideração os dados disponíveis de São Paulo. O método pode ser aplicado em outras cidades caso tenham os mesmos dados, necessitando apenas a alteração do fator populacional, pois as densidades máximas e mínimas variam de acordo com a realidade urbana de cada lugar.

2022a), a área conta com alguns fatores interessantes, como um parque público e de grande importância na cidade (Parque Villa-Lobos) e uma grande central de abastecimento de frutas, verduras, legumes e outros produtos, a CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo; além de apresentar conformações interessantes do uso do solo, como algumas áreas com alta taxa de impermeabilização, outras áreas com muita arborização e áreas verdes, além de também possuir problemas recorrentes devido a enchentes. Todos estes fatores tornaram esta área um interessante estudo de caso para a aplicação da metodologia.

## 2. OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo avaliar a utilização da análise integrada da oferta e demanda de serviços ecossistêmicos na zona urbana, como ferramenta de subsídio ao planejamento urbano de áreas verdes.

Os objetivos específicos desta dissertação são:

- Definir os serviços ecossistêmicos a serem analisados, com base no estudo de Cortinovis e Geneletti (2020);
- Realizar a adaptação metodológica da quantificação da oferta e demanda de cada SE escolhido, com base nos dados disponíveis para o município de São Paulo;
- Realizar a adaptação metodológica da oferta e demanda compostas;
- Aplicar a metodologia na Bacia Hidrográfica da Vila Leopoldina;
- Analisar os resultados obtidos;
- Indicar os benefícios da utilização da oferta e demanda dos SE no planejamento urbano.

### 3. EMBASAMENTO TEÓRICO

#### 3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

Os serviços ecossistêmicos são os benefícios diretos ou indiretos obtidos pelos seres humanos a partir do funcionamento dos ecossistemas. Este conceito dos SE surgiu na década de 1970 (WESTMAN, 1977) no campo da ecologia, e começou a ser utilizado no fim da década de 1990 (COSTANZA et al., 1997), atrelado à capitalização e mensuração de seu valor – campo hoje mais estudado por Serviços Ambientais (SA) e Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

Um marco divisor do início dos movimentos ambientalistas, e que posteriormente culminaria na produção de pesquisas de serviços ecossistêmicos, é a publicação do livro *Silent Spring* (CARSON, 1962), na década de 1960. Neste livro, a bióloga e ecologista documenta os efeitos deletérios dos pesticidas no ambiente, especialmente em aves, e faz duras críticas à indústria química.

O livro da autora estado-unidense foi amplamente lido na década de 1960, dando ignição e impulsão às discussões ambientais. Em 1972 houve outro marco histórico: a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente Humano, que aconteceu entre os dias 5 e 16 de junho e contou com a presença de 113 países. Sediada em Estocolmo, a conferência teve como principais frutos a elaboração da “Declaração de Estocolmo”, que possui 26 princípios norteadores, e a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Em 1992 a conferência foi sediada no Rio de Janeiro e teve como principal desdobramento a Agenda 21, onde foi reconhecido o conceito de desenvolvimento sustentável, e que países em desenvolvimento receberiam apoio financeiro e tecnológico para alcançar modelos de desenvolvimento sustentável. Estas diretrizes de desenvolvimento impulsionaram as pesquisas sobre serviços ecossistêmicos e sua valoração. Foi a partir da Rio 92 que as mudanças climáticas também entraram em foco, trazendo à tona os efeitos negativos observados devido à poluição, desmatamento e redução da camada de ozônio.

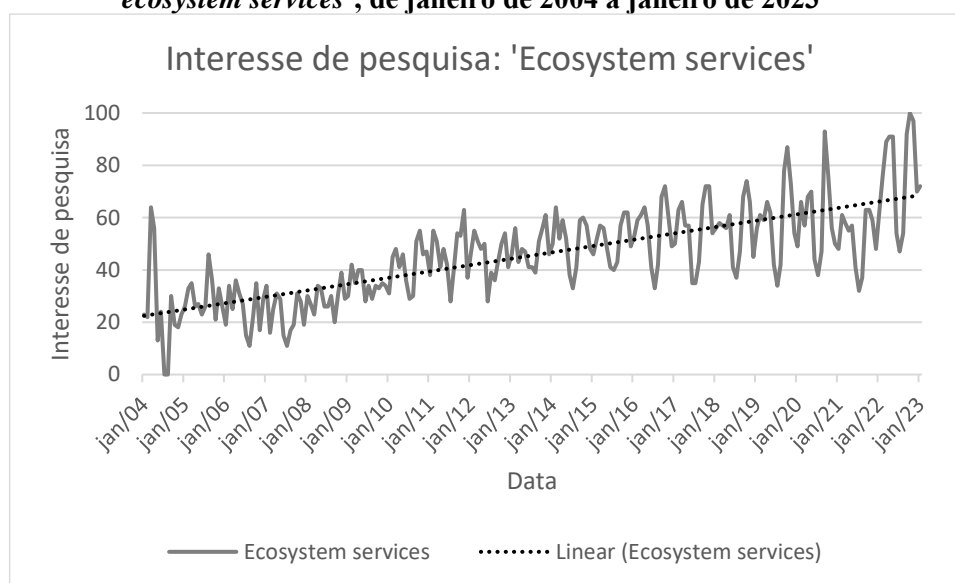
Em 2001 as Nações Unidas lançaram um programa sobre mudanças ambientais: a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (*Millenium Ecosystem Assessment – MEA*), que foi um estudo realizado em quatro anos e publicado em 2005. A partir da publicação do MEA, o conceito de **serviços ecossistêmicos** passou a ter destaque nos campos político, econômico e social.

A Figura 3.1 apresenta a distribuição temporal do interesse mundial de pesquisa da palavra-chave ‘*ecosystem services*’, onde é possível notar uma clara tendência linear de aumento nas

pesquisas desta palavra-chave ao longo dos últimos dezenove anos<sup>5</sup>. A Figura 3.2 apresenta a distribuição espacial, no mundo, da ocorrência das pesquisas desta palavra-chave. Os cinco países com maior ocorrência de pesquisa de ‘*ecosystem services*’ foram, respectivamente: Etiópia, Nepal, Tanzânia, Quênia e Uganda.

Um artigo de revisão sistemática de SE na África apontou 52 artigos publicados desde 2004, e os países com mais publicações foram África do Sul, Quênia e Tanzânia (WANGAI; BURKHARD; MÜLLER, 2016) – os dois últimos constam dentre os cinco países com mais pesquisa do termo ‘*ecosystem services*’ no *Google Trends*.

**Figura 3.1 – Distribuição temporal de interesse de pesquisa mundial na palavra-chave ‘ecosystem services’, de janeiro de 2004 a janeiro de 2023**



**Fonte: Google Trends (2023). Interesse de pesquisa: valores normalizados em uma escala de 0-100 em relação à máxima ocorrência de pesquisa em um dado tempo.**

Serviços ecossistêmicos são comumente utilizados como sinônimo de serviços ambientais (SA), porém, possuem conceitos distintos: os SE lidam exclusivamente com os benefícios que os seres humanos obtêm dos corpos naturais, enquanto os SA referem-se aos benefícios advindos da gestão e manejo sustentável dos sistemas naturais.

Os serviços ambientais e pagamentos por serviços ambientais geralmente abordam áreas rurais, dentre as ações incentivadas estão: a proteção de nascentes<sup>6</sup> e diminuição do desmatamento (SAMII et al., 2014); contudo, há relatos de outros serviços ambientais mais incomuns como, por exemplo, o controle de enchentes urbanas com desvio da água para fazendas, como indica o estudo de Zandersen et al. (2021).

<sup>5</sup> Os dados coletados do *Google Trends* têm início em 2004.

<sup>6</sup> Projeto Mina d'Água, do Governo do Estado de São Paulo, instituído por meio do decreto 55.947/2010, que regulamenta a Política Estadual de Mudanças Climáticas PEMC.



**Figura 3.2 – Distribuição espacial de interesse de pesquisa mundial na palavra-chave ‘ecosystem services’, de janeiro de 2004 a janeiro de 2023**



**Fonte: Google Trends (2023). Interesse de pesquisa: valores normalizados em uma escala de 0-100 em relação à máxima ocorrência de pesquisa em um dado tempo.**

Os serviços ecossistêmicos são estudados tanto no ambiente rural quanto no urbano. No âmbito rural os serviços ecossistêmicos mais comuns estão associados a conservação de biomas, que impacta diretamente na regulação do clima (micro, meso e macroescala), disponibilidade hídrica de mananciais, ecoturismo; além da provisão de alimentos, remédios naturais, conservação da biodiversidade, dentre outros (GUTMAN, 2007).

Nos ambientes urbanos, os SE são providos, principalmente, por áreas verdes e cursos d'água (infraestrutura verde e azul), que contribuem para a melhoria do bem-estar da população (GÓMEZ-BAGGETHUN; BARTON, 2013; SCHMIDT; SACHSE; WALZ, 2016), gerando ambientes mais saudáveis, e impactando positivamente a saúde física e mental da população que reside no seu entorno. Ambientes mais saudáveis podem contribuir para geração de benefícios socioeconômicos nestas comunidades (TZOULAS et al., 2007).

Os SE exercem um papel vital na promoção de cidades sustentáveis e resilientes (HANSEN et al., 2015) e começaram a ser abordados em políticas públicas no Brasil há aproximadamente 15 anos (GUEDES; SEEHUSEN, 2011; LEITE; DE ANGUITA, 2017).

Cidades sustentáveis possuem princípios de sustentabilidade, como: educar a população sobre os princípios de sustentabilidade, uso de fontes de energia renováveis, eficiência energética, transporte eficiente e de matriz energética limpa, acomodação adequada do crescimento populacional, segurança hídrica, economia circular, dentre outros (SODIQ et al., 2019). O 11º

Objetivo de Desenvolvimento Sustentável<sup>7</sup> (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) é de Cidades e Comunidades Sustentáveis, que objetiva “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (ONU, 2015).

### 3.2. SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E DESAFIOS URBANOS

Os SE estão divididos entre as seguintes categorias, de acordo com de Groot, Wilson e Boumans (2002) e a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (2005):

- **Regulação:** referente aos serviços com capacidade de regular processos ecológicos essenciais, realizando a manutenção e estabilidade dos processos biogeoquímicos. Além da relevância intrínseca para manutenção dos ecossistemas, essa função provê diversos serviços com benefícios diretos ou indiretos aos humanos, como ar, água e solos limpos e serviços de controle biológico;
- **Suporte (habitat):** referente aos serviços que mantém a perenidade da vida na Terra, realizando a ciclagem de nutrientes, formação do solo, manutenção da biodiversidade e patrimônio genético;
- **Provisão:** referente aos serviços de provisão de bens de consumo humano, desde alimentos, matérias-primas, fitofármacos até recursos energéticos;
- **Cultural (de informação):** referente aos serviços que permitem a manutenção da saúde mental humano, provendo oportunidades para reflexão, enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo e experiências recreativas e estéticas.

Bolund e Hunhammar (1999) averiguaram que o manejo adequado de áreas naturais no ambiente urbano provê diversos serviços ecossistêmicos, como retenção de sólidos suspensos do ar, regulação microclimática, redução de ruído, regulação de inundações, tratamento de esgoto e valores culturais/recreacionais. A provisão destes serviços exerce influência positiva à saúde e ao bem-estar da população.

O Quadro 3.1 apresenta um exemplo da relação entre os corpos naturais encontrados na zona urbana e os serviços ecossistêmicos que eles são capazes de prover. É possível observar que o serviço de regulação microclimática e o serviço cultural tiveram oferta com todas as tipologias naturais, enquanto o tratamento de esgoto ficou restrito à *wetland*. As estruturas azuis foram consideradas com oferta de regulação microclimática e serviços culturais, porém dependendo

---

<sup>7</sup> Os ODS são uma agenda mundial adotada durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável em setembro de 2015, composta por objetivos a serem atingidos até 2030.

de suas conformações e localização, podem auxiliar também na regulação de inundações. A *wetland* é considerada uma tipologia muito importante por contribuir para todos os SE, e também já foi avaliada como o ecossistema terrestre mais importante por hectare (COSTANZA et al., 1997).

Um exemplo factual de estruturas azuis que contribuem para a regulação de inundações são os lagos no Parque Ibirapuera, em São Paulo. Os lagos recebem contribuições dos afluentes do córrego Sapateiro e realizam o amortecimento do pico de vazões durante eventos de precipitação, evitando assim alagamentos recorrentes no entorno do parque e nas regiões de jusante (FCTH; PMSP, 2022b).

**Quadro 3.1 – Exemplo de geração de serviços por ecossistemas urbanos**

	Árvore na rua	Gramados/parques	Floresta urbana	Área de cultivo	Wetland	Córrego	Lago/mar
Filtração do ar	X	X	X	X	X		
Regulação microclimática	X	X	X	X	X	X	X
Redução de ruído	X	X	X	X	X		
Regulação de inundações		X	X	X	X		
Tratamento de esgoto					X		
Serviços culturais	X	X	X	X	X	X	X

Adaptado de Bolund e Hunhammar (1999).

Os principais SE abordados na literatura são: qualidade do ar, regulação microclimática, controle de inundações, redução de ruído, tratamento da poluição difusa, melhoras da qualidade da água, tratamento de esgoto, controle de erosão, serviços culturais, provisão de alimentos e provisão de água. O Quadro 3.2 apresenta um resumo dos principais SE e alguns estudos sobre cada tema.

**Quadro 3.2 – Serviços ecossistêmicos abordados na zona urbana**

<b>Categoria/ Serviço ecossistêmico</b>		<b>Autores</b>
Regulação	Qualidade do ar	Nowak, Crane e Stevens (2006) Nowak et al. (2014) Chaparro et al. (2020)
	Regulação do microclima	Cavan et al. (2014) Kong et al. (2016) Takács et al. (2016)
	Controle de inundações	Kalantari et al. (2018) Maragno et al. (2018) De Jesus Crespo et al. (2019) Li et al. (2019) Zandersen et al. (2021)
	Redução de ruído	Wang et al. (2014) Gil-Lopez et al. (2017) Palma, (2018) De Carvalho, Szlafsztain (2019)
	Tratamento de poluição difusa	Guo et al. (2019) Jessup et al. (2021) Wang et al. (2021a)
	Melhora da qualidade da água*	Zawadzka et al. (2019) Kapsalis, Kyriakopoulos, Aravossis (2019) Roberts et al. (2021) Wang et al., (2022) Jarosiewicz, Fazi, Zalewski (2022)
	Tratamento de esgoto	Vymazal (2011) Kataki et al. (2021) Werker et al. (2002)
	Controle de erosão	Bangash et al. (2013) Frank et al. (2014) Unguendoli et al. (2023)
Cultural	Serviços culturais	Pleasant et al. (2014) Hirons, Comberti e Dunford (2016) Riechers, Barkmann e Tschardtke (2016) Cheng et al. (2019)
	Recreação	Hegetschweiler et al. (2017) Cortinovic, Zulian e Geneletti (2018) Superfisky (2022)
Provisão	Provisão de alimentos	Jackson, Woodford e Weyl (2016) Russo et al. (2017) Ghosh (2021)
	Provisão de água*	Anand e Gupta (2020) Chowdhury e Behera (2021) Esquivel et al. (2020)

\*Usualmente aplicados a mananciais e áreas de abastecimento urbano, não áreas urbanas *per se*.

Fonte: autoral (2023).

Os corpos naturais que contribuem para a oferta destes SE são: árvores individuais, gramados, jardins, áreas verdes com espécies gramíneas, arbustivas e/ou arboríferas, jardins de chuva, hortas urbanas, *wetlands*, florestas urbanas, rios abertos (em seção natural, seminatural ou antropizada), lagos e formações aquáticas marítimas (enseada, baía, estuário...), dentre outros. Serão adotados os termos “corpos azuis” referentes aos corpos hídricos acima citados – naturais ou antropizados; e o termo “corpos verdes” referente às demais conformações citadas que possuem espécies vegetais. O conjunto de corpos azuis e corpos verdes será referido como “corpos naturais”, um resumo destas tipologias está exposto no Quadro 3.3

**Quadro 3.3 – Corpos naturais geradores de serviços ecossistêmicos dentro do ambiente urbano**

<b>Categoria de corpo natural</b>	<b>Tipologia</b>
Corpos verdes	Árvores individuais
	Gramados/ jardins
	Áreas verdes com espécies gramíneas, arbustivas e/ou arbóreas
	Jardins de chuvas, valetas de infiltração
	Hortas urbanas
	Florestas urbanas
Corpos azuis	<i>Wetland</i>
	Rios abertos – seção natural, semi-natural ou antropizada
	Lagos, lagoas
	Formações aquáticas marítimas

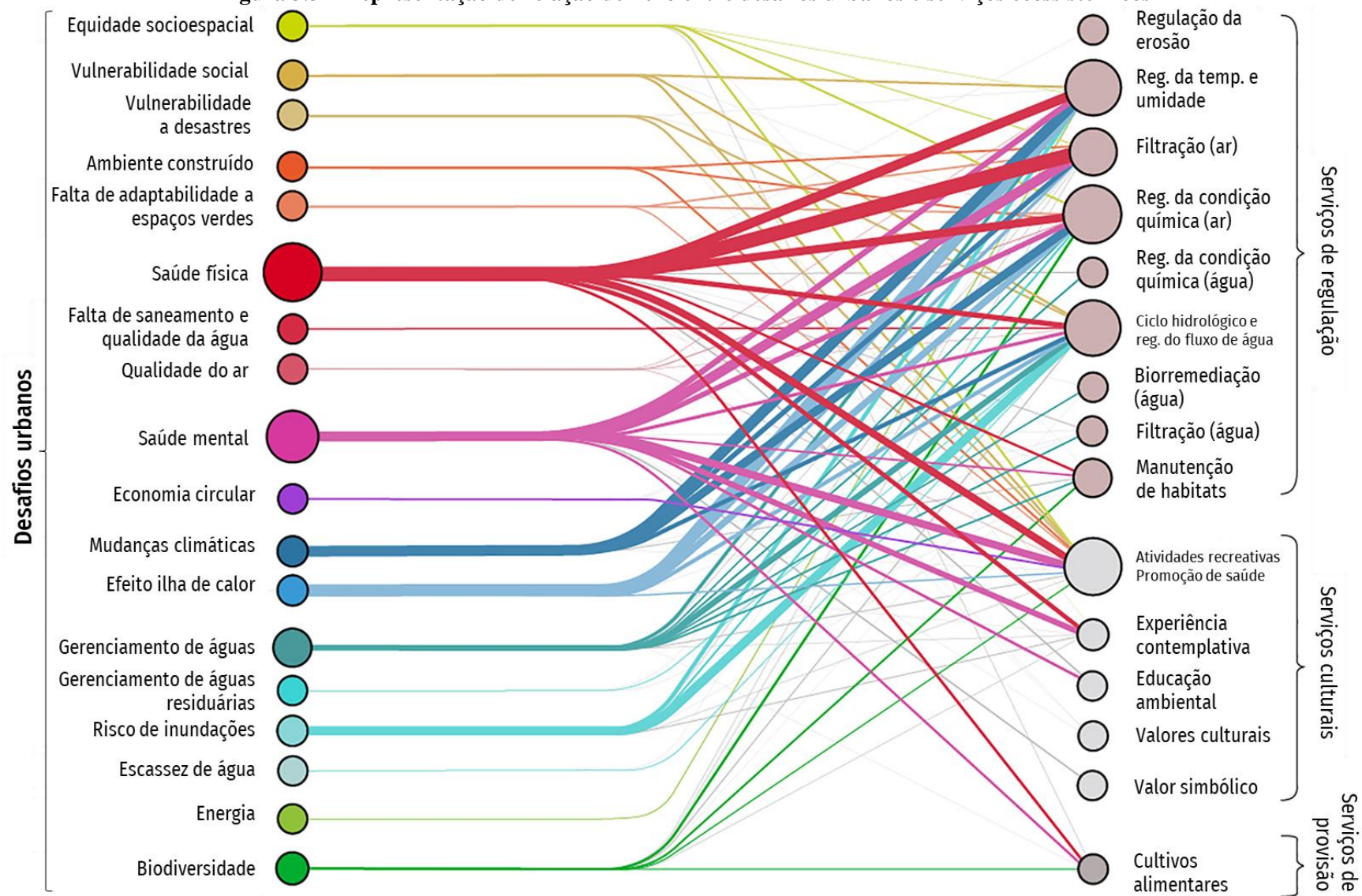
Fonte: autoral (2023).

Na esfera urbana, os serviços ecossistêmicos mais estudados são os serviços de regulação, serviços culturais e serviços de provisão, nesta ordem de recorrência (HAASE et al., 2014; LUEDERITZ et al., 2015; ZITER, 2016).

De maneira correlata, uma revisão bibliográfica de Babí Almenar et al (2021) apresenta uma correlação de nexos entre serviços ecossistêmicos, infraestruturas verdes e azuis e desafios urbanos. A Figura 3.3 apresenta as relações observadas pelos autores, onde também é possível ressaltar, dentre outras relações:

- Saúde física e mental são os maiores desafios urbanos, e estão conectados a diversos SE, como regulação da temperatura e umidade, melhora da qualidade do ar, regulação dos recursos hídricos, atividades recreativas e experiência contemplativa;
- Equidade socioespacial e vulnerabilidade social podem ser beneficiadas com SE de regulação da umidade, temperatura e qualidade do ar, serviços culturais, provisão de alimentos e regulação do ciclo hidrológico da água.

**Figura 3.3 – Representação de relação de nexos entre desafios urbanos e serviços ecossistêmicos**



Elaboração: Babí Almenar et al (2021)

Os maiores problemas enfrentados pelas cidades brasileiras têm origem histórica, com viés social bem definido (QUADROS, 2004). Desde o início da colonização pelos europeus no século XVI houve uma subjugação da população local (povos nativos) e, posteriormente, dos povos africanos que eram trazidos ao Brasil via comércio escravagista. Mesmo com a abolição da escravatura em 1888 a situação destas populações não se equiparou com a da população de pele mais clara, nem social nem financeiramente (PRUDENTE, 2005; SOUZA, 2008).

O crescimento do processo de urbanização se deu de maneira muito acelerada em alguns centros urbanos, com o crescimento exponencial, sem planejamento, a cidade passou a acumular déficits estruturais (JACOBI, 2013), que, no seu somatório, geraram problemas diversos à população. Devido à falta de saneamento básico, muitos rios passaram a ser canalizados para esconder o lixo, o esgoto e afastar os vetores de doenças (SEABRA, 1987).

A urbanização intrinsecamente também traz consigo o aumento da impermeabilização do solo, com consequente aumento do pico de vazão superficial em eventos de chuva; o distanciamento entre a produção de alimentos e o consumidor; a piora da qualidade do ar, advinda principalmente de indústrias e veículos de transporte motorizados; a poluição sonora dos veículos de transporte; o efeito ilha de calor, etc.

As cidades brasileiras enfrentam problemas de enchentes, deslizamentos, super adensamento, insuficiência de saneamento básico e baixa qualidade do ar, para citar alguns. Infraestruturas verdes e azuis são capazes de atenuar alguns desses problemas urbanos, ofertando serviços ecossistêmicos que aumentam a infiltração e retenção de água (HUANG et al., 2020), ou que aumentem o sombreamento, diminuindo a retenção de calor nas vias, calçadas e edificações (MARANDO et al., 2019). Ademais, a função cultural das estruturas verde/azuis também pode conferir uma melhora na saúde mental (COX et al., 2017; KAMITSIS; FRANCIS, 2013) e física (LI et al., 2007; SONG et al., 2014) da população.

Existem maneiras variadas de utilizar os SE na análise das cidades, as análises podem quantificar oferta, demanda, valoração e outros conceitos como:

- Valoração de espaços verdes na zona urbana, desde pequenas áreas até florestas urbanas (JIM; CHEN, 2009; KREMER; HAMSTEAD; MCPHEARSON, 2016; YAN et al., 2022);
- Indicadores de qualidade dos SE prestados por áreas verdes, como por exemplo o Índice de Serviços Ecossistêmicos para Áreas Verdes (ISEAV), que se baseia em aquisições de informações específicas *in loco* (GAUDERETO et al., 2018);
- Valorização dos SE em função do impacto positivo na saúde da população (CHEN; LIN; CHIUEH, 2023; PIRES DE SOUZA ARAUJO et al., 2021; SUPERFISKY, 2022);

- Quantificação da oferta combinada de diversos SE, a fim de obter áreas prioritárias para implementação de áreas verdes, através de análise com ferramentas SIG (MACHADO et al., 2020), já uma análise similar a esta, porém que adiciona o cálculo da demanda dos SE, foi realizada por Cortinovis e Geneletti (2020).

Devido às características especiais da análise de Cortinovis e Geneletti (2020) – por realizarem uma análise integrada da oferta e demanda de SE urbanos utilizando dados SIG, sua metodologia foi escolhida como modelo. Em relação aos SE originais, foram escolhidos quatro para análise da oferta e demanda na zona urbana, são eles: **regulação do microclima, diminuição do escoamento superficial, recreação e provisão de alimentos.**

Os desafios urbanos agravam as desigualdades sociais (CHIQUETTO et al., 2022), e, portanto, as questões de equidade social e acessibilidade a áreas naturais por populações vulneráveis e marginalizadas deveriam ter grande peso em pesquisas e políticas públicas, a fim de fomentar o progresso rumo à justiça ambiental social e alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (KOSANIC; PETZOLD, 2020).

### 3.3. REGULAÇÃO DO MICROCLIMA

Os serviços ecossistêmicos atuam na regulação do clima local modificando a temperatura, ventos, radiação e precipitação (BURKHARD et al., 2012). Áreas verdes e azuis são capazes de fornecer este serviço, mas seguindo vias físico-químicas distintas.

Os corpos verdes fornecem resfriamento microclimático por meio do sombreamento, evapotranspiração (SKELHORN; LINDLEY; LEVERMORE, 2014) e pela mudança no padrão dos ventos e das trocas de calor (ZARDO et al., 2017). As copas das árvores provêm sombra e refletem radiação de ondas curtas<sup>8</sup>, dentre elas, o infravermelho, que é uma onda energética com capacidade de transmitir calor por irradiação. Desta forma, o sombreamento permite a diminuição da incidência de calor sobre superfícies urbanas (AKBARI; TAHA, 1992; ARMSON; RAHMAN; ENNOS, 2013), tais quais pavimentos e edificações, que possuem alta capacidade de armazenar calor<sup>9</sup>.

Não obstante, o processo de evapotranspiração constante ao longo do dia fornece um fluxo de calor latente (GRIMMOND; OKE, 1991), que permite a diminuição do efeito ilha de calor em

---

<sup>8</sup> Ondas curtas são designadas como aquelas próximas ao espectro da luz visível, variando do infravermelho ao ultravioleta (passando pelo espectro de luz visível).

<sup>9</sup> Agentes intensificantes do efeito ilha de calor, observado em locais de densa urbanização e impermeabilização da superfície.



zonas urbanas (AUGUSTO et al., 2020; MANOLI et al., 2019). O resfriamento causado pelo dossel das árvores e pela evapotranspiração das gramíneas é capaz de gerar um resfriamento das superfícies que varia de 6 a 24°C (BERRY; LIVESLEY; AYE, 2013; NAPOLI et al., 2016; SPANGENBERG et al., 2019), além de prover um resfriamento regional de até 7°C (ARMSON; STRINGER; ENNOS, 2012), efeitos relevantes e que podem ser considerados pelo planejamento público como uma estratégia de combate às altas temperaturas nos centros urbanos (BALLINAS; BARRADAS, 2016; SHEN et al., 2022).

Os corpos azuis contribuem para a regulação microclimática por meio da absorção da radiação e lenta devolução deste calor ao meio ambiente devido ao seu alto calor específico e aumento da umidade relativa do ar, que também podem afetar o regime de ventos localmente (JACOBS et al., 2020; YAO et al., 2023b). Desta forma, corpos azuis podem ser inseridos no meio urbano a fim de aumentar o conforto termal dos ambientes (CRUZ et al., 2021; SUN et al., 2020), e em especial, a utilização de estruturas verdes em conjunto com as azuis gera uma sinergia de efeitos, aumentando o potencial de regulação microclimática (XUE et al., 2022; ZHOU et al., 2023). Em 2019, Wu e Zhang demonstraram que corpos hídricos podem diminuir a temperatura da superfície ao redor em até 3 °C, com um raio de influência de até 800m – a depender do tamanho e forma deste corpo hídrico.

A literatura sobre resfriamento microclimático tem muita ênfase nos corpos verdes. Foram encontrados, relativamente, menos estudos sobre corpos azuis (WANG; OUYANG, 2021; ZHENG et al., 2021), do que sobre corpos verdes ou ambos (DEILAMI; KAMRUZZAMAN; LIU, 2018; ZHOU et al., 2023, 2021).

A revisão bibliográfica de artigos publicados em anos recentes<sup>10</sup> realizada por Stoycheva e Geneletti (2023) aponta que os serviços de regulação microclimática comumente são aferidos por métodos indiretos, utilizando sensoriamento remoto e dados de suporte, e também por modelagem, utilizando o i-Tree (USDA FOREST SERVICE, 2006), InVEST – modelo de resfriamento urbano (STANFORD UNIVERSITY, 2023), dentre outros.

Um estudo baseado em modelagem utilizando o software InVEST mostrou validação com dados de temperatura diurna na Inglaterra, com resolução de 30 m e se mostrou eficiente para uso em decisões ao nível de um *masterplan*<sup>11</sup> (ZAWADZKA; HARRIS; CORSTANJE, 2021).

---

<sup>10</sup> Artigos publicados entre 2014 e 2022.

<sup>11</sup> *Masterplan*: documento técnico que aborda uma proposta do projeto global, levando em consideração todos os aspectos significativos como parcelamento do uso do solo, implantação, paisagismo... Pode ter diferentes níveis de escopo, como uma cidade, um bairro ou um complexo imobiliário.

Uma metodologia indireta utilizada por Park et al. (2021) quantifica os serviços de regulação microclimática baseando-se no fluxo de calor latente das coberturas de solo: água, charco, floresta, grama, plantação, solo exposto, viário e edificação. Neste estudo os autores chegaram à conclusão de que corpos hídricos e charcos possuem maior capacidade de resfriamento do que as outras coberturas de solo.

Outra metodologia indireta – empregada por Zardo et al. (2017) – consiste na atribuição de índices de resfriamento em função da convergência entre três classes distintas: tamanho da área (célula), cobertura do solo e porcentagem de dossel na área (célula). O tamanho da célula foi dividido entre áreas menores ou maiores do que dois hectares, em função de observações que corroboram que parques com menos de dois hectares possuem um efeito limitado no seu entorno, enquanto parques entre 3 e 12 hectares apresentam temperaturas significativamente mais baixas do que seu entorno (CHANG; LI; CHANG, 2007).

Os valores de cobertura do solo são classificados de acordo com o Quadro 3.4, e leva em consideração os usos do solo estabelecidos no mapa municipal de Trento, na Itália. O Quadro 3.5 apresenta os índices calculados para cada tipologia. Os valores máximos são referentes à máxima diminuição de temperatura, enquanto os demais valores em cada tipologia foram normalizados em relação ao máximo, gerando uma escala de 0-100<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> No estudo original os autores definem este conjunto de índices para três climas diferentes: atlântico, continental e mediterrâneo. O Quadro 3.5 apresenta os valores para o clima mediterrâneo, cuja maior temperatura alcançada representa 98% do valor máximo obtidos nos outros dois climas.

**Quadro 3.4 – Cobertura do solo e classes de uso do solo**

<b>Cobertura do solo</b>	<b>Classe de uso do solo (mapa municipal de Trento, Itália)</b>
<b>Impermeável</b>	Aeroportos Uso misto no centro da cidade, tecido contínuo de alta densidade urbana Área comerciais Tecido urbano descontínuo Áreas industriais Grandes serviços e instalações públicos ou privados Estacionamento Ferrovias e superfícies análogas Áreas de lazer e instalações esportivas (internas) Vias e superfícies análogas Rochas e afloramentos rochosos Plantas tecnológicas
<b>Solo exposto</b>	Áreas de construção e terrenos baldios Aterros Pedreiras
<b>Heterogêneo</b>	Terra arável Áreas agrícolas heterogêneas (hortas ou viveiros) Áreas residenciais de baixa densidade Florestas mistas
<b>Áreas verdes</b>	Pomares Outros campos gramados Pastagens Prados permanentes Áreas verdes urbanas Vinhas
<b>Áreas azuis</b>	Rios e canais

Fonte: Zardo et al. (2017).

**Quadro 3.5 – Valores designados\* para as combinações entre cobertura do solo, cobertura de dossel e tamanho da célula**

<b>Cobertura do solo</b>	<b>Áreas pequenas (&lt; 2 ha)</b>					<b>Áreas grandes (&gt; 2 ha)</b>				
	<b>Cobertura do dossel (%)</b>					<b>Cobertura do dossel (%)</b>				
	<b>0-20</b>	<b>20-40</b>	<b>40-60</b>	<b>60-80</b>	<b>&gt;80</b>	<b>0-20</b>	<b>20-40</b>	<b>40-60</b>	<b>60-80</b>	<b>&gt;80</b>
<b>Impermeável</b>	11	22	33	43	54	20	39	59	78	98
<b>Solo exposto</b>	17	26	36	45	54	56	67	77	88	98
<b>Heterogêneo</b>	19	27	36	45	54	66	74	82	90	98
<b>Áreas verdes</b>	20	28	37	46	54	74	80	86	92	98
<b>Áreas azuis</b>	20	28	37	46	54	72	79	85	91	98

\*Valores de referência do clima tipo Mediterrâneo

Fonte: Zardo et al. (2017)

### 3.4. REGULAÇÃO DE INUNDAÇÕES

As enchentes são fenômenos naturais de passagem das águas pelo leito maior do rio (área de várzea), e podem ser danosas tanto aos seres humanos quanto aos ecossistemas (DE GUENNI et al., 2005). Para além de sua ocorrência natural, as enchentes possuem agravantes como: a urbanização, com a consequente impermeabilização do terreno – diminui a percolação do solo e, portanto, aumenta quantitativamente a vazão superficial; a retificação de corpos hídricos e criação de canais artificiais – responsáveis por aumentar a velocidade do escoamento, aumentando o pico de vazão nas áreas a jusante; ocupação das áreas de várzea, diminuindo a seção de escoamento das águas e trazendo riscos para a população presente; além das mudanças climáticas (LIU et al., 2023), que indicam tendência de aumento nos níveis de pluviosidade de eventos extremos (GARBA; ABDOURAHAMANE, 2023; NOOR et al., 2022; TAMM et al., 2023).

A maneira como os corpos naturais permitem a diminuição do escoamento superficial são: interceptação das gotículas de chuva pelas folhas (HOWARD et al., 2022; LIVESLEY; BAUDINETTE; GLOVER, 2014; NIU et al., 2023); áreas verdes com solo vegetado permitem a infiltração da água e percolação no solo, onde o mesmo atua como “reservatório” até o lençol freático atingir a superfície; lagos são capazes de represar um certo volume de água, amortecendo o pico de vazão. Outras estruturas verdes planejadas na cidade são os jardins de chuva, biovaletas, lagoas de retenção, também conhecidos pelo termo soluções baseadas na natureza (SBN), ou *nature based solutions (NBS)*. As SBN têm capacidade de retenção de uma parcela do volume precipitado, além de também permitirem a infiltração no solo e tratamento da poluição difusa (MENUCHI, 2021).

De acordo com os estudos de revisão bibliográfica de Stoycheva e Geneletti (2023), o serviço ecossistêmico de regulação de inundações (SE-RI) é usualmente abordado por modelagens utilizando ferramentas SIG e o método do *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN)*<sup>13</sup>.

Pacetti et al. (2022) definiram uma metodologia para determinar um índice de inundação pluvial, levando em consideração cinco critérios ambientais e socioeconômicos: impermeabilização, declividade, grupo hidrológico de solo, densidade do sistema de drenagem e vulnerabilidade social. Os autores utilizam uma matriz de decisão, atribuindo pesos para cada um dos cinco critérios, baseados em revisão bibliográfica (CAPRARIO et al., 2019; GIGOVIĆ

---

<sup>13</sup> SCS-CN: Método utilizado para cálculo de modelo chuva-vazão, que consiste em uma aproximação empírica entre um evento de precipitação e a vazão de escoamento superficial gerada.

et al., 2017; KANDILIOTI; MAKROPOULOS, 2012; KAZAKIS; KOUGIAS; PATSIALIS, 2015; LAWAL et al., 2012; RIMBA et al., 2017).

Zhou e Wu (2023) propõem uma metodologia de cálculo de oferta e demanda de serviços de regulação de inundações, onde a demanda é calculada em função de fatores de risco, vulnerabilidade e capacidade de recuperação. O risco é determinado por um raio de distância do rio<sup>14</sup>, além de indicadores de terreno e chuva; a vulnerabilidade é determinada pela densidade populacional e faixa etária (crianças e idosos considerados vulneráveis); e a capacidade de recuperação foi determinada de acordo com a capacidade econômica de cada rua, além da capacidade hospitalar. Já a oferta é calculada com auxílio de uma matriz de decisão que atribui pesos para vários tipos de cobertura do solo e indicadores de oferta de regulação de inundação, a saber: interceptação por dossel, interceptação por grama, diminuição da velocidade do fluxo, retenção por depressão, reservação de água, retenção de água no solo, recarga de aquífero e declividade da superfície

Wanghe et al. (2022) utilizaram uma ferramenta de acesso livre e open-source do ArcGIS (ESRI, 2023), chamada *Flood Regulation Ecosystem Service Flow* (FRESF), que afere oferta e demanda de serviços de regulação de inundações. A ferramenta utiliza dados de sensoriamento remoto e provê resultados com baixo custo e esforço, em detrimento da exatidão dos resultados – obtendo resultados moderadamente consistentes com um evento de enchente desastroso no ano de 2020 no rio Yangtze.

Maragno et al. (2018) calculam a demanda pelo SE-RI em função da vulnerabilidade da população e dos edifícios; as áreas de intervenção prioritárias são definidas de acordo com o índice de vulnerabilidade e a vazão de escoamento superficial, calculada pelo método SCS. Já a oferta é calculada pela redução da vazão de escoamento superficial, em função da presença das áreas verdes.

Cortinovis e Geneletti (2020) utilizaram uma abordagem similar a dos autores anteriormente citados, na qual a oferta do SE-RI é dada diretamente pela permeabilidade do terreno, conforme a Equação 1. Para a demanda, os autores levaram em consideração um fator de vulnerabilidade composto pela soma simples de indicadores populacional e de uso do solo (Equação 2). O fator populacional é dado pela normalização da densidade populacional (Equação 3) e o fator de uso vulnerável é dado pelas áreas com uso industrial, de comércio e serviços, também normalizado (Equação 4). Por fim, a demanda final é obtida multiplicando a impermeabilidade pelo fator de vulnerabilidade (Equação 5).

---

<sup>14</sup> Variando de 500m (risco alto) até 3.000m (risco baixo).

**Equação 1**

$$Of_{RI} = 1 - \frac{IMD}{100}$$

Onde:

- $Of_{RI}$ : oferta de SE de regulação de inundações;
- IMD: porcentagem de superfícies impermeáveis, segundo o *Copernicus High Resolution*<sup>15</sup> *Imperviousness degree* (COPERNICUS, 2015).

**Equação 2**

$$V_{urban.flood,i} = (V_{pop,i} + V_{land.use,i})$$

**Equação 3**

$$V_{pop,i} = \frac{pop_i}{max(pop_i)}$$

**Equação 4**

$$V_{land.use,i} = \frac{ind_i + comm_i + serv_i}{max(ind_i + comm_i + serv_i)}$$

**Equação 5**

$$Dem_{urban.flood,i} = V_{urban.flood,i} \cdot IMD$$

Onde:

- $V_{urban.flood,i}$ : fator de vulnerabilidade do SE-RI na i-ésima quadra;
- $V_{pop,i}$ : fator de vulnerabilidade populacional na i-ésima quadra, normalizado em relação à máxima densidade no município;
- $V_{land.use,i}$ : fator de vulnerabilidade do uso do solo na i-ésima quadra;
- $Dem_{urban.flood,i}$ : demanda de SE de regulação de inundações na i-ésima quadra.

### 3.5. RECREAÇÃO

Dentre os benefícios sociais que os SE de função cultural oferecem (SCHMIDT; SACHSE; WALZ, 2016), são destacados os seguintes valores de interesse ofertados para as áreas próximas dos corpos naturais:

---

<sup>15</sup> Sistema europeu de monitoramento terrestre, com camadas de resolução de até 20m.

- Terapêutico: efeito terapêutico da natureza na saúde mental, física e bem-estar dos indivíduos; benefícios socioeconômicos derivados da redução dos gastos com saúde e melhora da qualidade de vida (BROWN, 2004; DE GROOT et al., 2003);
- Amenidade: importância da natureza para desenvolvimento cognitivo, relaxamento mental, inspiração artística, apreciação da paisagem e benefícios recreacionais (BROWN; REED, 2000; DE GROOT et al., 2003);
- Herança cultural: importância da natureza como referência para identidade cultural e história local, com importância pessoal ou coletiva; importância em tradições culturais; propósito educacional (BROWN; REED, 2000; DE GROOT et al., 2003);
- Espiritual: importância de símbolos e elementos da natureza em relação a segmentos religiosos (BROWN; REED, 2000; DE GROOT et al., 2003; MORAIS, 2018; SILVA; CARNEIRO, 2015);
- Existencial: valor intrínseco da natureza, população obtém satisfação moral pela conservação do espaço (BROWN; REED, 2000; DE GROOT et al., 2003; LIMNIOS; FURLAN, 2013);
- Opção: importância que as pessoas atribuem à possibilidade de poder usar os espaços naturais no futuro, dentro do período da sua vida (DE GROOT et al., 2010);
- Legado: importância que as pessoas atribuem à manutenção da existência das áreas naturais para usufruto das futuras gerações (BROWN; REED, 2000).

Atualmente serviços de recreação são calculados com base na proporção de áreas verdes (CHEN et al., 2019; SHI et al., 2020), mas este tipo de abordagem pode levar à conclusão de premissas erradas, como por exemplo, que as pessoas só podem apreciar serviços culturais quando moram em áreas verdes, e não levar em consideração que elas podem se deslocar certas distâncias para aproveitar destes serviços.

He et al. (2019) conduziram uma pesquisa sobre a oferta e demanda de serviços culturais na área metropolitana de Hangzhou, na China. Os autores utilizaram o software Maxent<sup>16</sup> (PHILLIPS; DUDÍK; SCHAPIRE, 2023) para avaliar os serviços ecossistêmicos estéticos e recreacionais ofertados das terras agrícolas, com base nos seguintes dados físicos de entrada para o modelo: continuidade, área, forma, diversidade do cenário, distância a corpos hídricos, elevação (modelo digital do terreno – MDT). Os dados de entrada em relação ao fator humano foram: tempo de viagem, distância ao centro da cidade, ao vilarejo mais próximo, à acomodação

---

<sup>16</sup> Software utilizado para modelagem de nicho de espécies e sua distribuição espacial.

mais próxima e ao local cênico mais próximo. Já para a demanda, os autores consideraram que a proximidade é um fator decisivo, levando em consideração que os beneficiários são os residentes e os turistas, e utilizaram ferramentas de geoprocessamento pra seu cálculo.

Trazendo a abordagem dos serviços ecossistêmicos culturais para dentro da cidade, os parques se tornam protagonistas das temáticas de estudo, sendo capazes de fornecer diversos SE culturais para a população (CHENG; VAN DAMME; UYTENHOVE, 2021; ZWIERZCHOWSKA et al., 2018), a depender de sua acessibilidade e infraestrutura local (LIU; HUANG; YANG, 2021; NESBITT et al., 2017).

Zhao et al. (2022) utilizam uma metodologia com enfoque em parques urbanos, e assim, calculam a oferta como uma relação entre a área do parque<sup>17</sup> e uma área de malha populacional. Já a demanda é calculada pela densidade populacional da malha multiplicada pela área de uso per capita do parque.

Hegetschweiler et al. (2017) identificaram padrões em estudos sobre oferta e demanda de SE culturais, como por exemplo, que a maioria dos estudos considera informações sociodemográficas para aferir a demanda, e que mais da metade dos estudos de oferta usavam informações de área ou formato das áreas verdes e da infraestrutura de permanência, como locais para praticar esportes, brincar ou relaxar. Não obstante, a acessibilidade é vista como fator crucial de desfrute das áreas verdes, e, portanto, a distância até estas áreas foi considerada como indicador em diversos estudos. Os autores também observaram que as funções culturais mais abordadas são a recreacional e beleza cênica, informação corroborada por outros estudos (CHENG et al., 2019; LOURDES et al., 2021; NOWAK-OLEJNIK; SCHIRPKE; TAPPEINER, 2022).

Cortinovis, Zulian e Geneletti (2018) utilizaram este conceito de distância às áreas verdes considerando um valor máximo de 300m (KABISCH et al., 2016; STESENS et al., 2017; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2016) e um modelo que atribui pontuações de recreação para parques, gerado pelo modelo ESTIMAP-recreation<sup>18</sup>, que foi desenvolvido para ser utilizado na União Europeia.

Outro valor comumente aceito é a distância a pé de 15 minutos, e quando se considera a distância que uma pessoa com restrição de mobilidade caminharia neste tempo, tem-se o valor de 500m (AMBIENTE ITALIA RESEARCH INSTITUTE, 2003; PICKARD et al., 2015; UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2023). Para parques com

---

<sup>17</sup> Área do parque que oferece serviços ecossistêmicos culturais.

<sup>18</sup> Extensão do software de livre acesso QGIS.



mais de dez hectares<sup>19</sup> (cem mil metros quadrados) Wang et al. (2021) consideram que as pessoas estão dispostas a percorrer até 700 m. A área de influência do parque é determinada com um raio da distância considerada, gerando uma área de *buffer*, que é a área total com oferta dos SE de cada área verde – i.e., a distância que as pessoas estão dispostas a caminhar para desfrutar das áreas verdes.

Em 2020, Cortinovis e Geneletti utilizaram valores de indicadores associados a cada área verde, a fim de obter a oferta de SE de recreação na cidade de Trento, na Itália. Os valores apontados no Quadro 3.6 indicam a oferta de recreação de áreas verdes e/ou azuis e são obtidos do *Recreation Opportunity Spectrum* (ROS) ESTIMAP, que fornece os valores conforme a disponibilidade de infraestrutura (para permanência e usufruto) e o potencial de recreação. Na elaboração da quantificação da demanda, os autores utilizaram um raio de influência de 300m a partir de cada área verde e multiplicaram os valores dentro de cada célula pela densidade populacional.

**Quadro 3.6 – Valores dos indicadores de oferta de recreação definidos de acordo com o modelo de recreação do ROS-ESTIMAP**

		Disponibilidade de infraestrutura e instalações		
		baixa	média	alta
Potencial de recreação	baixo	0	0	0
	médio	0	1	1
	alto	1	2	3

Elaboração: Cortinovis e Geneletti (2020).

### 3.6. PROVISÃO DE ALIMENTOS

O serviço ecossistêmico de provisão de alimentos (SE-PA) usualmente é ofertado em áreas rurais, em plantações e cultivos que variam desde pequena até grande escala. O Brasil possui o Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana (PROAURP)<sup>20</sup>, que estimula a produção agroecológica de alimentos nas cidades auxiliando pequenos produtores com despesas de custeio e de capital (GOVERNO FEDERAL, 2022). Já a cidade de São Paulo, desde 2017 conta com o projeto Ligue os Pontos<sup>21</sup> (LoP), vencedor do prêmio internacional 2016 “Mayors Challenge Latin America & The Caribbean”, concedido pela Bloomberg

<sup>19</sup> Para referência: o Parque Villa-Lobos possui 7 ha e o Parque Ibirapuera, 158 ha (ambos localizados em São Paulo/ SP).

<sup>20</sup> Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana, instituído pela lei nº 13.727 de 12 de janeiro de 2004; regulamentado pelo decreto nº 51.801 de 21 de setembro de 2010.

<sup>21</sup> O decreto nº 60.651 de 19/10/2021 institui o comitê de governança do projeto.

Philantropies. O LoP surgiu com a necessidade de assegurar as áreas rurais do município de São Paulo, um cinturão verde necessário para preservação ambiental e segurança hídrica dos mananciais. O projeto atua ligando os pontos da cadeia da agricultura local, tornando a produção de alimentos uma atividade mais rentável.

Dentre os pequenos produtores, destaca-se os sistemas agroecológicos, que são formados por policultivos anuais e perenes, com produção orgânica, sem utilização de agrotóxicos e fertilizantes nitrogenados sintéticos, e que se mostraram viáveis para diversos tipos de culturas inseridas na base alimentar brasileira (ALMEIDA; GUERRA; RIBEIRO, 2003). A agroecologia tem por intuito restabelecer as relações harmônicas entre o homem e o espaço natural, minimizando o impacto das atividades agrícolas no ambiente e ampliando os benefícios da agricultura para além do espaço rural (FINATTO; SALAMONI, 2008; NASCIMENTO et al., 2019).

No ambiente urbano, o SE-PA é observado em hortas/ jardins particulares, hortas comunitárias, parques, praças e áreas verdes que contenham espécies de interesse alimentício e/ou medicinal, além de indivíduos espalhados no ambiente urbano, como árvores frutíferas nas ruas. A coleta de mantimentos *in natura* nos espaços públicos pode ser considerada um traço cultural de alguns grupos populacionais, e auxilia no aumento do senso de comunidade e da segurança alimentar (GAITHER et al., 2020). Ademais, a falta de informações sobre espécies aptas ao consumo humano – porém menos difundidas, como as PANC<sup>22</sup> – também diminui, aparentemente, a oferta deste SE de provisão (HURLEY et al., 2022).

Hortas comunitárias são uma prática existente ao redor do mundo todo, e geram um senso de comunidade entre os vizinhos que cuidam do espaço. A qualidade da provisão do SE-PA nestes espaços depende do senso de comunidade e da adequação do solo às culturas inseridas (MENCONI; HELAND; GROHMANN, 2020; SONG et al., 2022). Alguns autores, como Middle et al. (2014), propõem a inserção de hortas comunitárias em parques públicos, como forma de aumentar o engajamento da população com atividades envolvendo a natureza. As hortas comunitárias também podem prover serviços como recreação e melhoria da qualidade de vida (ABREU, 2012; COSTA et al., 2015), impactando positivamente a vida das populações no seu entorno.

No Brasil também são observadas hortas residenciais, englobando uma grande variedade de espécies, mas majoritariamente são de uso ornamental (87%), frente a apenas 5% de cultivos alimentícios e 5% medicinal (MARTINS; NASCIMENTO; FRANCOS, 2021). Hortas

---

<sup>22</sup> Plantas alimentícias não convencionais.

residenciais têm capacidade de prover entre 23 a 84 % das demandas por alimentos (GHOSH, 2021), inclusive, há estudos e ferramentas tecnológicas<sup>23</sup> que visam auxiliar as pessoas a cuidarem de suas hortas residenciais, garantindo melhores condições para o crescimento dos vegetais (CARVALHO et al., 2016; DINIZ; COUTINHO, 2018)

A quantificação de capacidade de produção em área urbana foi abordada por Ghosh (2021), como uma relação entre espaço disponível e energia calórica produzida por área (cultivo), enquanto a demanda foi considerada como o consumo energético médio de adultos, levando em conta o quantitativo populacional da área de estudo.

No trabalho de Kamiyama et al. (2016) a oferta e demanda por serviços de provisão alimentar foi quantificada *in loco*, por entrevista, em comunidades rurais e semiurbanas. Os autores utilizaram valores de produção e consumo em quilogramas por unidade habitacional.

Na pesquisa de Song et al. (2022) também foram conduzidas entrevistas, porém com os residentes contribuintes de jardins comunitários e privados de uma zona urbana. Na entrevista os autores perguntaram a percepção dos jardineiros sobre a suficiência da relação produção/consumo.

Na pesquisa de mapeamento de SE de Cortinovis e Geneletti (2020) a provisão de SE-PA é obtida de áreas rurais, considerando capacidade atual e potencial de uso do solo para agricultura, levando em consideração valor da terra e qualidade<sup>24</sup> da mesma para tal atividade, conforme explicitado no Quadro 3.7. Para o cálculo da demanda, foi considerado que moradias com jardim privado e moradias a menos de 500m de distância de um jardim comunitário têm oferta do SE-PA, portanto foi contabilizada a população residente de habitações sem jardim e mais de 500m de um jardim comunitário.

**Quadro 3.7 – Valores dos indicadores de oferta do SE de provisão de alimentos**

		Adequação do terreno			
		1 – baixo	2 – médio	3 – alto	4 – muito alto
Valor do terreno	1 – baixo	2	3	4	5
	2 – médio	3	4	5	6
	3 – alto	4	5	6	7
	4 – muito alto	5	6	7	8

Fonte: Cortinovis e Geneletti (2020)

<sup>23</sup> Alguns aplicativos de celular: Plantit, Garden Answers Plant Identification, Plantix, MeuJardim, Grow Planner, Gardenia, The Garden Planner, etc.

<sup>24</sup> Altitude, declividade, etc.

### 3.7. COMPOSIÇÃO DOS INDICADORES

Diversos estudos analisam mais de um serviço ecossistêmico, mas nem todos os artigos apresentam um índice final composto pela justaposição dos SE analisados, como por exemplo, na pesquisa de Yao et al. (2023a), onde os autores quantificam a oferta e demanda dos SE de purificação do ar, sequestro de carbono, interceptação da chuva e recreação, além de também analisarem o grau de sinergia entre a oferta e demanda de cada SE, mas sem uma composição final dos índices obtidos. Outro estudo, como o de Ding et al. (2023), quantifica a oferta e demanda de SE entremeados na relação água-energia-alimento, e também não oferece um indicador final de oferta e/ou demanda composto por todos os SE<sup>25</sup>.

Já Zeng et al. (2023) utilizam a matriz de composição de serviços ecossistêmicos proposta por Burkhard et al. (2012), aliada a dados de sensoriamento remoto, e desta forma obtiveram a evolução temporal da oferta, demanda e balanço O/D para todas as municipalidades da China. Outra abordagem capaz de unir indicadores de SE é a conversão monetária (WANG et al., 2021b), mas a valoração de serviços ecossistêmicos não é tema de estudo da presente dissertação.

Por fim, Cortinovis e Geneletti (2020) utilizaram a normalização dos resultados de oferta dos SE estudados, realizando a média simples dos índices normalizados atribuídos a cada célula; já no cálculo da demanda é feita uma análise estatística das demandas individuais de cada SE calculadas, e os resultados são separados entre 6 classes. Em 2023, Longato et al. avançaram um passo além desta metodologia, identificando as áreas de prioridade para implantação de estruturas baseadas na natureza, utilizando as pontuações geradas de oferta e demanda de SE.

### 3.8. DENSIDADE POPULACIONAL

O fator população é considerado nas metodologias de cálculo da demanda do SE, e, portanto, se mostra necessário entender formas de análise e classificação da densidade populacional urbana. Principais categorias de densidade urbana, segundo Angel, Lamson-Hall e Blanco (2021):

- Densidade *indoor*: densidade referente a áreas internas de residências, como
  - Pessoas por unidade habitacional;
  - Pessoas por quarto habitacional;

---

<sup>25</sup>Produção de água, sequestro de carbono, controle de erosão e provisão de alimentos.

- Área construída por pessoa; etc.
- Densidade de parcela: parcela da área dos lotes residenciais, como por exemplo:
  - Razão entre área construída e área do lote residencial;
  - Número de unidades habitacionais por área de lote residencial.
- Densidade de bairros residenciais:
  - População por área do bairro residencial;
  - Unidades habitacionais por área do bairro residencial; etc.
- Densidade municipal:
  - Densidade construída (área construída por área urbana);
  - Área residencial construída por população;
  - População total por área total residencial;
  - Densidade urbana (população total dividida pela área da mancha urbana); etc.

A depender da escolha de densidade urbana a ser analisada, podem ser mascarados problemas estruturais da cidade, como por exemplo (ANGEL; LAMSON-HALL; BLANCO, 2021):

- Superlotação: alta densidade populacional e alta densidade de unidades habitacionais;
- Alta taxa de cobertura do solo: baixo recuo entre as unidades, podendo haver construções com paredes em comum;
- Cidades fantasma: alta taxa de construção residencial, porém baixa taxa de ocupação;
- Baixa parcela residencial.

No Brasil, a superlotação é comumente observada em habitações com condições precárias, como é o caso das favelas (DE CASTRO MAZARRO; SIKDER; PEDRO, 2022), e o problema da mobilidade urbana está diretamente atrelado à questão do uso do solo e à parcela residencial – um grande desafio de uma metrópole como São Paulo, mas que tenta ser amenizado com o direcionamento do Plano Diretor Estratégico (PDE)<sup>26</sup> – devido à dissonância entre a distribuição espacial das residências e dos empregos, gerando muitas horas gastas em transporte pelos trabalhadores (CHIQUETTO et al., 2022).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é o órgão responsável pela realização do censo demográfico, um estudo estatístico de ampla abrangência, realizado na forma de entrevistas nos domicílios, e que ocorre a, aproximadamente, cada dez anos<sup>27</sup>. A unidade de área utilizada pelo IBGE é o setor censitário, que é definido como a menor unidade de área,

---

<sup>26</sup> Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo (PMSP, 2014).

<sup>27</sup> O censo de 2020 foi postergado devido à pandemia de COVID-19 (2020-2023); o censo de 2022 ainda está sendo aferido no momento presente (abril/2023).

formada por terrenos contínuos, integralmente contida em um único quadro, urbano ou rural (IBGE, 2010).

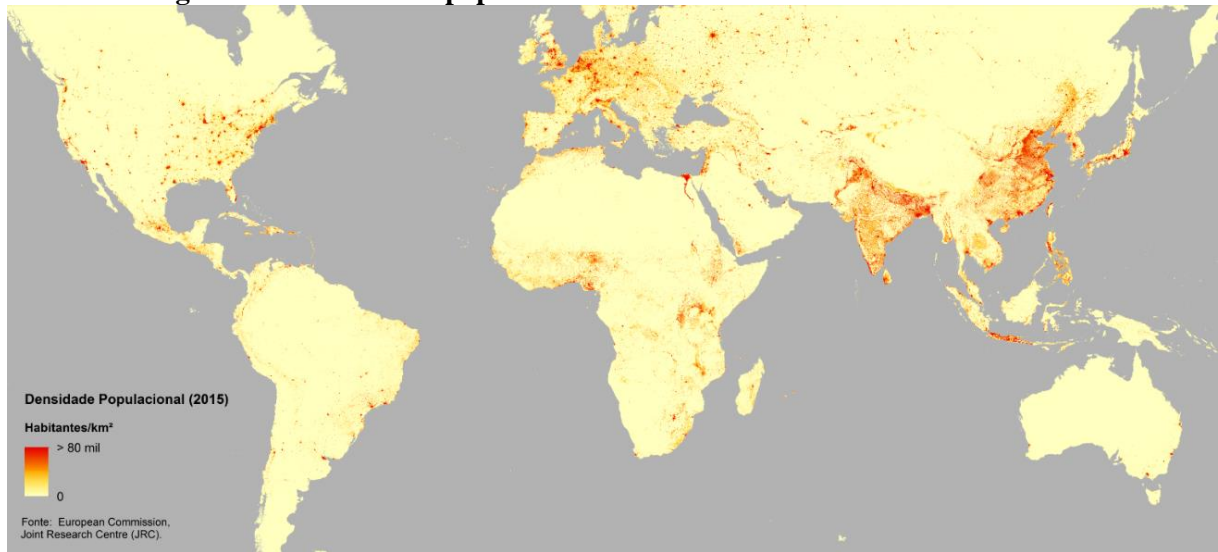
Gillham (2002) refere que a densidade populacional menor que 25 habitantes por hectare é geralmente considerada como um valor de baixa densidade. Porém a densidade e sua classificação entre baixa, média ou alta depende muito do país onde está sendo observada: este valor de 25 habitantes por hectare é válido para o modelo estado-unidense e australiano; enquanto na Europa, os valores de baixa densidade podem ser considerados com o limite de 50 habitantes por hectare e, em alguns países asiáticos o limite para baixa densidade é 100 habitantes por hectare (ELKIN; MCLAREN; HILLMAN, 1991 apud GILLHAM, 2002). Na Figura 3.4 é possível observar a grande disparidade entre a densidade populacional nos países, com as regiões da China, Sudeste Asiático e Europa apresentando maiores concentrações, além de aglomerados urbanos pontuais nos demais países do mundo – evidenciando a tendência de concentração das populações nas zonas urbanas.

De acordo com estimativas do IBGE, a população Brasileira em 2020 era de cerca de 211.755.692 habitantes, em uma área total de 8.515.767 km<sup>2</sup>, resultando em uma densidade demográfica de 24,9 habitantes por quilômetro quadrado<sup>28</sup> (IBGE, 2020). Este valor final de densidade é baixo devido à grande extensão territorial do país e à alta concentração das populações em aglomerados urbanos, que correspondem a menos de 1% do território nacional (EMBRAPA, 2017). As capitais com maiores densidades populacionais são, respectivamente: Fortaleza (CE), São Paulo (SP) e Belo Horizonte (MG), com valores de, aproximadamente, 7.100 a 7.800 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2023). A Figura 3.5 apresenta um mapa com a densidade populacional do país, discretizada em células de 1 km<sup>2</sup>, com dados referentes a estimativa populacional de julho de 2020.

---

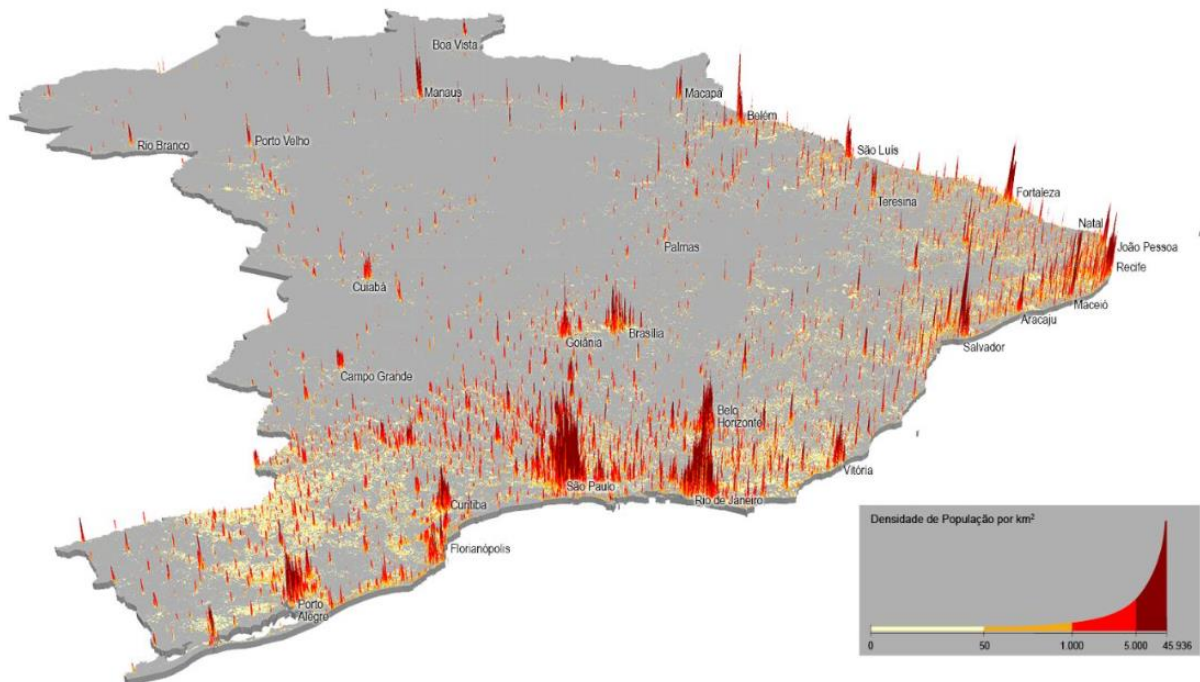
<sup>28</sup> A conversão entre hab/ha para hab/km<sup>2</sup> tem relação 100:1.

**Figura 3.4 – Densidade populacional no mundo em 2015 – habitantes/ km<sup>2</sup>**



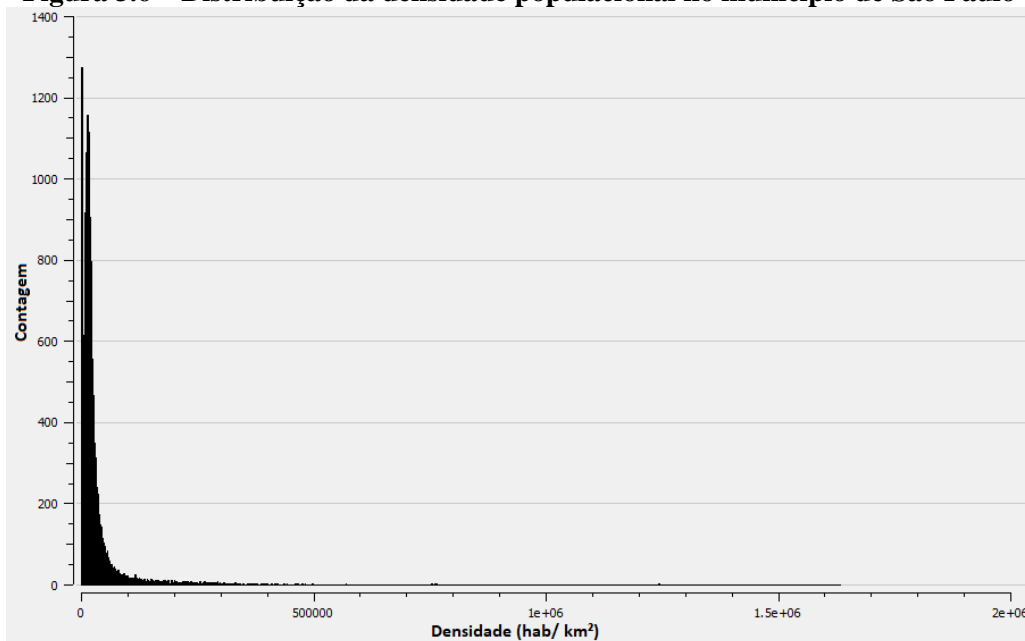
Fonte: European Commission Joint Research Centre (2015) apud IBGE (2023).

**Figura 3.5 – Densidade da população no Brasil, discretizada em células de 1 km<sup>2</sup> de acordo com os dados do censo demográfico de 2010**



Fonte: Mapas interativos (IBGE, 2023).

O município mais populoso do país é São Paulo, com 12.396.372 habitantes (IBGE, 2021); a Figura 3.6 apresenta a distribuição da densidade populacional, em habitantes por quilômetro quadrado, de acordo com o número de setores censitários. A divisão em cinco quantis gera as faixas demográficas indicadas no Quadro 3.8, que também apresenta os valores de médias demográficas da cidade.

**Figura 3.6 – Distribuição da densidade populacional no município de São Paulo**

Dados: IBGE, 2010. Elaboração: autoral, 2023.

**Quadro 3.8 – Detalhamento da densidade demográfica do município de São Paulo, discretizada em cinco quantis, média por setor censitário e média geral**

Quantil	Densidade demográfica (hab/ha)
1°	0 – 83
2°	83 – 141
3°	141 – 202
4°	202 – 343
5°	343 – 16.335
Média C.S. <sup>1</sup>	333,7
Média geral <sup>2</sup>	74,0

Média C.S.<sup>1</sup>: média calculada com base na quantidade de setores censitários; média geral<sup>2</sup>: calculada com base na população total dividida pela área total.

Dados: IBGE, 2010. Elaboração: autoral, 2023.

A densidade populacional é um fator relevante na análise da demanda dos SE, pois influi diretamente em sua quantificação: áreas com menores densidades populacionais possuem menor demanda, e analogamente, áreas com maiores densidades possuem maiores demandas. Portanto, considerar a demanda de SE como não homogênea espacialmente é uma maneira de melhorar sua análise, especialmente levando em consideração a densidade urbana da cidade em questão, já que pode haver grande divergência entre os valores de densidade média e máxima, a depender do local (cidade, região ou país) onde é observado o dado.



### **3.9. CONSIDERAÇÕES SOBRE O LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES**

No presente item EMBASAMENTO TEÓRICO foram apresentados os serviços ecossistêmicos que serão analisados da metodologia de Cortinovis e Geneletti (2020), e também foram apresentadas diversas formas como estes serviços ecossistêmicos são estudados na literatura atual. Não obstante, também foi apresentada uma revisão bibliográfica sobre densidade populacional, trazendo um breve comparativo entre valores mundiais, brasileiros e informações sobre a densidade urbana do município escolhido para estudo, São Paulo.

Foram encontrados muitos artigos que analisam serviços ecossistêmicos individualmente, mas poucos que apresentassem o viés de analisar de forma integrada a oferta e demanda em uma escala de bairro/ cidade, permitindo a ação e intervenção do poder público municipal, e este é um dos motivos que torna o artigo de Cortinovis e Geneletti (2020) tão interessante e inovador. A cidade de São Paulo possui uma rede de dados SIG robusta e diversa, mas mesmo assim, algumas formulações da metodologia dos autores não puderam ser aplicadas diretamente por falta dos mesmos tipos de dados. Para tanto, a metodologia dos autores foi adaptada para os dados disponíveis da cidade e do estado de São Paulo, e também para a realidade brasileira, que conta com grandes índices de desigualdade social – o que repercute no ordenamento espacial da cidade, em ocupações com superlotações e/ou áreas de risco, com baixo acesso a infraestrutura (periferias), dentre outros.

## 4. METODOLOGIA

A determinação da oferta e demanda de serviços ecossistêmicos será feita com base na metodologia proposta por Cortinovis e Geneletti (2020), explicitada no capítulo 3, com adaptações para os dados disponíveis nas plataformas de dados brasileiros (IBGE), de São Paulo (GeoSampa) e para a realidade social brasileira/ paulistana.

O estudo de Cortinovis e Geneletti (2020) foi selecionado como base para a análise dos SE na zona urbana, por se tratar de uma metodologia que:

- É possível de aplicar em uma grande área com ferramenta GIS;
- Realiza uma análise integrada de diversos SE;
- Leva em consideração não apenas a oferta como também a demanda (especialização não homogênea do fator populacional).

Serão analisados quatro serviços ecossistêmicos: regulação microclimática, regulação de inundações, recreação e provisão de alimentos. Estes quatro SE foram escolhidos dentre os SE analisados no artigo original dos autores, devido aos dados disponíveis e às suas características tipológicas não-redundantes, isto é: a ocorrência de um SE não implica a ocorrência de outro SE listado, o que poderia tornar a análise enviesada. Os serviços ecossistêmicos e suas tipologias são apresentados no Quadro 4.1.

**Quadro 4.1 – Serviços ecossistêmicos estudados**

<b>Função</b>	<b>Serviço ecossistêmico</b>	<b>Tipologia</b>
Regulação	Regulação do microclima	Espécies arbóreas
Regulação	Diminuição do escoamento superficial	Permeabilidade
Cultural	Recreação e bem-estar	Áreas verdes/ azuis
Provisão	Provisão de alimentos	Hortas urbanas

Fonte: autoral (2023).

Os SE que constam no artigo dos autores são: regulação microclimática, provisão de habitat, recreação, redução de ruído, regulação da qualidade do ar, regulação de inundações e provisão de alimentos. Redução de ruído e regulação da qualidade do ar foram retirados da análise por utilizarem tipologias arbóreas como indicador, assim como resfriamento microclimático. Provisão de habitat foi retirado devido à insuficiência de dados disponíveis. Não obstante, os

autores analisaram a demanda de apenas cinco SE, excluindo do método a análise de demanda de provisão de habitat e regulação da qualidade do ar<sup>29</sup>.

Os quatro SE a serem estudados estão dispostos no Quadro 4.2, assim como o indicador de oferta, valor de intervalo dos dados e tipo de normalização adotada. A normalização em intervalos significa que uma faixa de valores recebe uma pontuação, como por exemplo: os dados variam de 0 a 100, mas em sua normalização os valores serão separados entre faixas, e a cada faixa será atribuído uma pontuação final.

A demanda de serviços ecossistêmicos, neste estudo, está intimamente atrelada ao fator populacional, isto é, aqueles que diretamente serão beneficiados pela provisão dos serviços ecossistêmicos.

O fator populacional considerado foi baseado na densidade demográfica, oriunda do Censo Demográfico do IBGE de 2010. O índice proposto é baseado em uma divisão de cinco faixas de densidade demográfica, em função de valores obtidos na literatura e da distribuição em quantis da densidade demográfica do município de São Paulo (GILLHAM, 2002; IBGE, 2010). Na formulação da metodologia, o fator populacional será inserido como um valor de um a cinco, referente às faixas de densidade do índice populacional. A utilização deste índice visa equalizar o peso do parâmetro populacional frente aos demais fatores utilizados na formulação das demandas.

**Quadro 4.2 – Oferta de SE estudados e indicadores utilizados, faixa de intervalo e tipo de normalização**

<b>Serviço ecossistêmico</b>	<b>Indicador de oferta</b>	<b>Intervalo dos dados</b>	<b>Normalização</b>
Regulação microclimática	Capacidade de resfriamento de infraestruturas verdes	0-100	Intervalo
Regulação de inundações	Permeabilidade	0-100	Máximo
Recreação	Qualidade do serviço de recreação	0-3	Máximo
Provisão de alimentos	Hortas urbanas comunitárias	0-1	Binário

Fonte: autoral (2023).

<sup>29</sup> Regulação da qualidade do ar foi removido porque os autores consideraram que na escala de transformação urbana do estudo, isto é, plantio de árvores em novas áreas residenciais, o SE não seria impactado significativamente. O SE de provisão de habitat foi removido porque os autores consideraram que os dados disponíveis não eram detalhados o suficiente para reagir aos efeitos potenciais de intervenções em pequena escala.

**Quadro 4.3 – Índice de densidade populacional adotado**

<b>Índice</b>	<b>Densidade habitacional (hab/ha)</b>
1	0-50
2	50-125
3	125-200
4	200-340
5	>340

Fonte: autoral (2023).

Na formulação da demanda também será considerado um fator de população vulnerável, e para isso, foi utilizado o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS), criado pelo Governo do Estado de São Paulo, a fim de identificar segmentos mais vulneráveis da população, permitindo assim, políticas públicas mais efetivas para diminuição da desigualdade social. O Quadro 4.4 apresenta os valores de cada classe do índice e o tipo de vulnerabilidade associada.

O Quadro 4.5 apresenta os indicadores para a demanda de cada SE estudado, o valor de intervalo dos dados e tipo de normalização adotada. O índice populacional e de vulnerabilidade serão considerados em todos os cálculos de demanda, outros indicadores específicos serão inseridos no cálculo da demanda de cada SE, em especial a oferta de cada SE e dados de fontes secundárias, como ocorrência de inundações (CGE, 2021).

**Quadro 4.4 – Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)**

<b>IPVS</b>	<b>Classificação</b>
0	Não classificado/ sem população residente
1	Baixíssima vulnerabilidade
2	Muito baixa vulnerabilidade
3	Baixa vulnerabilidade
4	Média vulnerabilidade (urbano)
5	Alta vulnerabilidade (urbano)
6	Muito alta vulnerabilidade
7	Alta vulnerabilidade (rural)

Fonte: SEADE (2010). Elaboração: autoral (2023).

**Quadro 4.5 – Demanda de SE estudados e indicadores utilizados, faixa de intervalo e tipo de normalização**

<b>Serviço ecossistêmico</b>	<b>Indicador de demanda</b>	<b>Intervalo dos dados</b>	<b>Normalização</b>
Geral	Índice populacional	1-5	Máximo
	IPVS	0-6	Máximo
Regulação microclimática	Oferta de regulação microclimática	1-100	Intervalo
Regulação de inundações	Ocorrência de inundações	0-1	Binário
	Vulnerabilidade do uso do solo	0-1	Intervalo
	Impermeabilidade do solo	1-100	Máximo
Recreação	Oferta de recreação	0-3	Máximo
Provisão de alimentos	Oferta de provisão de alimentos	0-1	Binário

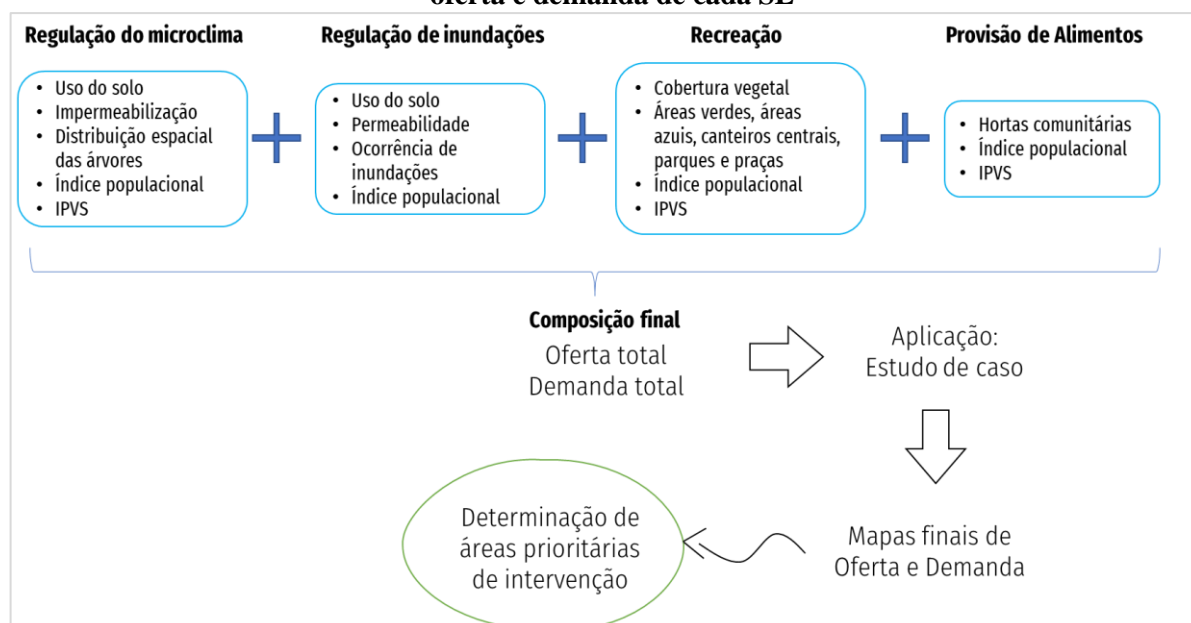
Fonte: autoral (2023).

A Figura 4.1 apresenta o detalhamento do método empregado, com as adaptações e formulações originais. O detalhamento de cada formulação será explicitado nos itens adiante. Não foram adicionados ao fluxograma a metodologia original completa de Cortinovis e Geneletti (2020), isto é, os SE que não foram considerados no presente estudo: provisão de habitat, redução de ruído e regulação da qualidade do ar. A Figura 4.2 apresenta o fluxograma das etapas, com a discretização dos dados utilizados para cada SE.

Figura 4.1 – Detalhamento da metodologia

	Oferta		Demanda	
	Original	Adaptada	Original	Adaptada
<b>Regulação do microclima</b>	Quadro 3.5: Cobertura do solo x áreas pequenas/ grandes x cobertura do dossel (%)	Quadro 4.6: adaptação dos usos do solo de cada cobertura (com análise de impermeabilização) Quadro 4.7: normalização do quadro 3.5	$D_{resfr,i} = (pop_{tot} + pop_{vuln}) \cdot (5 - efeito_{resfr,i})$	$D_{resfr,i} = (Ipop_i + IPVS_i) \cdot (5 - efeito_{resfr,i})$  Diferenças: utilização do índice populacional, e do IPVS
<b>Regulação de inundações</b>	$OF_{RI} = 1 - IMD/100$  IMD = taxa de impermeabilização, obtida do Copernicus High Resolution Imperviousness degree	$OF_{RI} = 100 - Imp$  Imp = taxa de impermeabilização, obtida do Caderno de Drenagem	$V_{land.use,i} = \frac{ind_i + comm_i + serv_i}{max(ind_i + comm_i + serv_i)}$  $V_{pop,i} = \frac{pop_i}{max(pop_i)}$  $D_{RI} = Imp * (V_{pop,i} + V_{land.use,i})$	$V_i = V_{pop,i} + V_{uso,i} + V_{inund,i}$  $D_{RI} = Imp * V_i$  Diferenças: utilização do índice populacional e de dados de inundação
<b>Recreação</b>	Quadro 3.6: Disponibilidade de infraestrutura x potencial de recreação*  * Recreation Opportunity Spectrum	Simplificação do quadro 3.6 com a definição das tipologias que oferecem cada pontuação do SE	Aumento linear da demanda em função da distância de áreas de recreação, considerando um raio de influência de 300m das quadras residenciais	$D_{recre} = (Ipop + IPVS) \cdot (6 - Of_{recre})$  Formulação similar a de regulação microclimática; variação dos raios de influência de acordo com a classe de oferta (20m, 300m e 500m).
<b>Provisão de Alimentos</b>	Quadro 3.7: Adequação do terreno x valor do terreno	Existência de hortas comunitárias	Foram multiplicados o número de casas sem jardim pela distância aos jardins comunitários. Foi considerado um raio de influência de 500m das quadras residenciais	$D_{alim} = (Ipop \cdot IPVS) \cdot (1 - Of_{PA})$  Formulação similar a de regulação microclimática, dando maior ênfase ao fator populacional (multiplicação dos fatores); alteração do raio de influência para 700m.
<b>Composição final</b>	Normalização dos resultados das SETE ofertas, média simples das ofertas para cada célula	$Of_{tot} = \sum \frac{Of_{RM} + Of_{RI} + Of_{PA} + Of_{recre}}{4}$  Operacionalização igual, com exceção que a adaptação contou com apenas 4 SE do estudo original	Análise estatística de grupos, com variância explicada > 85%	$D_{total} = \frac{\sum I_{RM} + I_{RI} + I_{PA} + I_{recre}}{16}$  Operacionalização similar a da oferta, considerando classes de valores para os resultados de cada SE (índices)

**Figura 4.2 – Fluxograma da metodologia com discretização dos dados utilizados na análise da oferta e demanda de cada SE**



Fonte: autoral (2023).

## 4.1. REGULAÇÃO DO MICROCLIMA

### 4.1.1. Oferta

O resfriamento microclimático devido a infraestruturas verdes e azuis será definido com adaptações do método desenvolvido por Zardo et al. (2017).

A fim de definir a taxa de impermeabilização da área, serão utilizados os dados de uso e ocupação do solo atual – disponibilizados na plataforma GeoSampa – e os mesmos serão reclassificados manualmente com o auxílio de ortofotos (GEOSAMPA, 2017) e do Google Street View.

A metodologia para a obtenção da impermeabilidade consiste em separar uma amostragem aleatória de cada uso do solo, a ser discretizada dentre três padrões de ocupação, cada qual com a taxa de impermeabilização descrita no Quadro 4.6. Desta maneira, é possível obter a taxa de impermeabilização de cada uso do solo realizando a média ponderada dos padrões de ocupação das amostras (FCTH; PMSP, 2022a).

**Quadro 4.6 – Categorias de detalhamento da amostragem e valores de impermeabilização**

Padrão de ocupação	Espaço aberto	Outros	Edificação/ pavimento
Impermeabilização (%)	15	80	95

Fonte: (FCTH; PMSP, 2022a)

A taxa de impermeabilização é então utilizada para determinar o tipo de cobertura do solo, que é uma classificação mais abrangente separada em cinco grupos:

- Áreas azuis;
- Áreas verdes;
- Solo exposto;
- Cobertura heterogênea;
- Solo impermeabilizado.

O Quadro 4.7 mostra a caracterização de cada cobertura do solo, características e taxa de impermeabilização de cada faixa. Na metodologia original de Zardo et al. (2017) são dadas as características das áreas e os usos do solo (vide item 3.3 e Quadro 3.4), mas na presente metodologia optou-se por utilizar a impermeabilização de cada uso do solo e determinar as coberturas com base em uma faixa de impermeabilização e nas características da ocupação. Isto é devido ao fato que os usos do solo utilizados por Zardo et al. não serem compatíveis com os usos do PDE, e soma-se a isso fatores culturais, históricos e sociais que tornam a taxa de impermeabilização de certos usos muito diferente entre os países. Foi adotado o valor de 0,75 como divisor entre áreas impermeabilizadas e cobertura heterogênea, por ser um valor mínimo de referência para loteamentos sustentáveis (SILVEIRA; OLIVEIRA; SCHUCH, 2019).

**Quadro 4.7 – Classes de cobertura do solo, características e faixa de impermeabilização**

<b>Cobertura do Solo</b>	<b>Características</b>	<b>Imperm.</b>
Solo impermeabilizado	Tecido urbano de alta densidade; Estacionamentos; Ruas, estradas e superfícies análogas	$i \geq 0,75$
Solo exposto	Áreas de construção e terrenos baldios	*
Cobertura heterogênea	Áreas residenciais de baixa densidade	$0,40 > i > 0,75$
Áreas verdes	Áreas verdes urbanas; Orquidários	**
Áreas azuis	Rios e córregos	**

\*Classificação da tipologia “solo exposto” por análise da imagem de satélite.

\*\*Devem ser classificadas conforme o uso do solo.

Fonte: Zardo et al. (2017).

A fim de determinar a oferta de resfriamento microclimático, é necessário obter a porcentagem de cobertura de dossel em função de uma unidade de área: a quadra viária. Apesar de possuir formatos irregulares e áreas distintas entre si, a quadra viária é um importante elemento constituinte da cidade, como as células que juntas compõem um sistema complexo.



Para cada célula (quadra) será calculada a porcentagem da superfície coberta pelo dossel de árvores. Esta informação é disponibilizada pela Secretaria do Verde Meio Ambiente (SVMA), sob a classificação de “Média a alta cobertura arbórea, arbórea-arbustiva e/ou arborescente”. Foi considerada apenas esta classe de vegetação por se tratar de resfriamento microclimático devido à sombra das copas das árvores.

O método de obtenção da oferta de microclima consiste em associar valores pré-determinados a uma cobertura de solo, tamanho da célula e porcentagem de área coberta por dossel, conforme o Quadro 4.8. O valor final obtido é a pontuação da oferta de regulação microclimática.<sup>30</sup>

**Quadro 4.8 – Valores atribuídos para as combinações entre cobertura do solo, cobertura de dossel e tamanho da célula**

Cobertura do solo	Áreas pequenas (< 2 ha)					Áreas grandes (> 2 ha)				
	Cobertura do dossel (%)					Cobertura do dossel (%)				
	0-20	20-40	40-60	60-80	>80	0-20	20-40	40-60	60-80	>80
<b>Impermeável</b>	11	22	34	44	55	20	40	60	80	100
<b>Solo exposto</b>	17	27	37	46	55	57	68	79	90	100
<b>Heterogêneo</b>	19	28	37	46	55	67	76	84	92	100
<b>Áreas verdes</b>	20	29	38	47	55	76	82	88	94	100
<b>Áreas azuis</b>	20	29	38	47	55	73	81	87	93	100

Fonte: Cortinovis e Geneletti (2020); Zardo et al. (2017).

#### 4.1.2. Demanda

A fim de definir a demanda de resfriamento microclimático será realizada uma adaptação na metodologia de ZARDO et al. (2017). A formulação original dos autores é apresentada na Equação 6, onde a demanda ( $D_{resfr,i}$ ) é obtida pela soma da população total e vulnerável em uma mesma célula, multiplicados pelo complementar do efeito de resfriamento. O valor “5” foi utilizado porque representa o valor máximo do efeito de resfriamento.

#### Equação 6

$$D_{resfr,i} = (pop_{tot} + pop_{vuln}) * (5 - efeito_{resfr,i})$$

A principal diferença entre a formulação original e a adaptação é a troca da população total e vulnerável pelo índice populacional e de vulnerabilidade (Equação 7). Desta maneira, a

<sup>30</sup> Foram utilizados os valores calculados por Zardo et al. (2017) para um clima Mediterrâneo. A pontuação máxima (98) foi utilizada para normalização de 0-100.

adaptação metodológica será calculada com base na oferta de resfriamento, no índice populacional e no IPVS. Os valores de oferta de resfriamento microclimático serão classificados em 5 categorias, conforme os intervalos do

**Quadro 4.9 – Classes de oferta de resfriamento e respectivos intervalos**

Classe de oferta	Intervalo de oferta
1	1-20
2	21-40
3	41-60
4	61-80
5	81-100

Fonte: Zardo et al. (2017).

Para o quesito populacional será utilizado o índice populacional, descrito no Quadro 4.3. A vulnerabilidade da população será abordada utilizando o IPVS.

O valor da demanda em cada célula ( $D_{resfr,i}$ ) será calculado somando os índices de população e vulnerabilidade, multiplicados pelo inverso da classe de efeito de resfriamento, como mostrado na Equação 7.

$$D_{resfr,i} = (Ipop_i + IPVS_i) \cdot (5 - efeito_{resfr,i}) \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

- $D_{resfr,i}$ : demanda de resfriamento (regulação microclimática) na i-ésima quadra;
- $Ipop_i$ : índice de densidade populacional na i-ésima quadra;
- $IPVS_i$ : Índice Paulista de Vulnerabilidade Social na i-ésima quadra;
- $efeito_{resfr,i}$ : classe de efeito de resfriamento na i-ésima quadra.

Desta forma, aqueles que moram em regiões com máximo resfriamento estarão ausentes da demanda, e aqueles que não possuem nenhum tipo de SE de resfriamento serão multiplicados por um fator 4. A pontuação obtida por cada quadra será categorizada conforme a classificação no Quadro 4.10. Os intervalos numéricos foram determinados de acordo com os valores dos parâmetros indicados na caracterização (índice populacional: Quadro 4.3; IPVS: Quadro 4.4; fator de resfriamento: Quadro 4.9).

**Quadro 4.10 – Classificação da demanda do SE de regulação microclimática**

<b>Classe</b>	<b>Caracterização</b>	<b>Intervalo</b>
Baixa	Áreas de baixa densidade populacional e vulnerabilidade, com alto fator de resfriamento	0-4
Média	Áreas de baixa densidade populacional e vulnerabilidade, com baixo fator de resfriamento	5-12
Alta	Áreas de média densidade populacional e vulnerabilidade, com baixo fator de resfriamento	13-20
Muito alta	Áreas de média/alta densidade, com média/alta vulnerabilidade e baixo fator de resfriamento	>21

Fonte: autoral (2023).

## 4.2. REGULAÇÃO DE INUNDAÇÕES

### 4.2.1. Oferta

No item EMBASAMENTO TEÓRICO são apresentados diversos fatores que podem ser utilizados no equacionamento da oferta de SE-RI. Cortinovis e Geneletti (2020) utilizam a permeabilidade como fator de oferta deste SE, e ela é obtida a partir do Grau de impermeabilidade de alta resolução do Copernicus (tradução livre), que mapeia a porcentagem de áreas impermeáveis na Europa com uma resolução de 20m (Equação 1).

Portanto, o presente estudo também adotou o fator permeabilidade, por influir diretamente no escoamento superficial, infiltração e no armazenamento das águas de chuva no solo. A permeabilidade é obtida a partir da quantia complementar à impermeabilidade.

O método de determinação da impermeabilidade foi apresentado no item 4.1.1. Portanto, a oferta do SE de regulação de inundações é determinada conforme a Equação 8. As classes de permeabilidade adotadas estão apresentadas no Quadro 4.11.

$$OF_{RI} = Perm = 100 - Imp \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

- $OF_{RI}$ : oferta do SE de regulação de inundações;
- Perm: Permeabilidade (%);
- Imp: Taxa de impermeabilização (%).

**Quadro 4.11 – Classificação da oferta do SE de regulação de inundações**

Classe	Permeabilidade (%)
Baixa	0-14
Média	15-24
Alta	25-49
Muito alta	50-100

Fonte: autoral (2023).

#### 4.2.2. Demanda

Cortinovis e Geneletti (2020) formularam a demanda de SE-RI multiplicando a impermeabilização do solo por um fator de vulnerabilidade (Equação 5). O fator de vulnerabilidade é composto pela soma de dois fatores (Equação 2): populacional (Equação 3) e de uso do solo (Equação 4). O fator de vulnerabilidade populacional é a normalização populacional de cada célula (em relação ao máximo), enquanto a vulnerabilidade do uso do solo é dada por usos industriais, comércio e serviços.

No presente estudo a demanda de redução do escoamento superficial utilizará o nível atual de impermeabilidade do solo e um fator de vulnerabilidade, composto por um fator populacional e de uso do solo, assim como dos autores originais, com o acréscimo de um fator de ocorrência de inundações.

Na cidade de São Paulo, é possível utilizar o dado de ocorrência de inundações oriundo do Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas (CGE), cujo registro é realizado com a sinalização por parte da população sobre o ponto de alagamento, e a respectiva conferimento por um agente da CET (Companhia de Engenharia de Tráfego), que adiciona à base de dados o local, horário, causa e transitabilidade da via (CGE, 2021).

Na composição da demanda, a vulnerabilidade total de cada célula será obtida conforme a Equação 9. Os valores utilizados em cada fator estão descritos a seguir:

- O índice populacional será normalizado em relação ao máximo, a fim de garantir peso igualitário para os três indicadores no cálculo da vulnerabilidade;
- Para o histórico de enchentes os resultados serão binários: ocorreu ou não<sup>31</sup>. Será considerado um raio de influência de 50 metros de cada ponto de alagamento;
- O uso do solo será separado dentre as seguintes classes de vulnerabilidade:

---

<sup>31</sup> Não será levada em consideração a recorrência dos alagamentos.

- 1: uso do solo vulnerável, como equipamento urbano e residencial de baixo padrão;
- 0,5: uso do solo ocupado pelos demais usos residenciais ou atividade econômica, como comércio, serviços, indústria e armazém;
- 0: uso do solo não habitacional, como espaços abertos, viário, pavimento e cemitério.

$$V_i = V_{pop,i} + V_{uso,i} + V_{inund,i} \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

- $V_i$  é o fator de vulnerabilidade para a i-ésima quadra;
- $V_{pop,i}$  é a contribuição do fator populacional normalizado para a i-ésima quadra;
- $V_{uso,i}$  é a contribuição do uso do solo vulnerável para a i-ésima quadra;
- $V_{inund,i}$  é a incidência ou não-incidência de inundações na i-ésima quadra.

O indicador final de demanda será obtido multiplicando a taxa de impermeabilização pelo fator de vulnerabilidade obtido em cada quadra, conforme a Equação 10.

$$D_{RI} = Imp * V_i \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

- $D_{RI}$ : Demanda do SE de diminuição de regulação de inundações;
- $Imp$ : taxa de impermeabilização;
- $V_i$ : fator de vulnerabilidade para a i-ésima quadra.

Os resultados de demanda de SE-RI serão classificados conforme descrito no Quadro 4.12. Os intervalos numéricos foram determinados de acordo com os valores dos parâmetros indicados na caracterização (índice populacional: Quadro 4.3; IPVS: Quadro 4.4).

**Quadro 4.12 – Classificação da demanda do SE de diminuição do escoamento superficial**

<b>Classe</b>	<b>Caracterização</b>	<b>Intervalo</b>
Baixa	Sem registros de enchentes e baixa/ média densidade populacional	0-81
Média	Sem registros de enchentes, média/alta densidade populacional, uso do solo com vulnerabilidade e média/ alta impermeabilização	82-112
Alta	Ocorrência de enchentes, baixa densidade populacional, média vulnerabilidade do uso do solo e alta impermeabilização	113-169
Muito alta	Ocorrência de enchentes, alta densidade populacional e/ou vulnerabilidade do uso do solo e altíssima impermeabilização	>170

Fonte: autoral (2023).

### **4.3. RECREAÇÃO**

#### **4.3.1. Oferta**

A oferta de recreação será definida com adaptações do método desenvolvido por Cortinovis e Geneletti (2020) e Cortinovis, Zulian e Geneletti (2018). Serão utilizados indicadores de potencial de recreação de áreas verdes e azuis, que contemplam: a presença de atrativos naturais com a infraestrutura e facilidade de acesso a estas áreas.

O método original dos autores utilizou uma escala de valores de zero a três, tendo as estruturas de recreação classificadas de baixo a alto potencial de recreação, cruzados com valores de baixa a alta disponibilidade de infraestrutura, perfazendo uma matriz 3x3 (Quadro 3.6). Os autores utilizaram o Espectro de Oportunidade de Recreação (ROS – *recreation opportunity spectrum*), calculado com o modelo de recreação Estimap e ajustado para aplicações urbanas<sup>32</sup>.

No presente método sugere-se a simplificação das categorias, atribuindo classificações pré-estabelecidas, seguindo as diretrizes da matriz original dos autores.

Desta forma, as pontuações das classes do indicador de oferta de recreação serão definidas variando de 0 a 3, de tal forma que:

- 0: Nenhuma provisão deste SE;
- 1: Baixa provisão do SE – canteiros centrais, áreas verdes e áreas azuis: áreas com função contemplativa;

---

<sup>32</sup> O ROS fornece a matriz 3x3 de disponibilidade de infraestrutura e atrativos naturais, mais informações em Cortinovis, Zulian e Geneletti (2018).

- 2: Média provisão do SE – praças: possuem maior complexidade de infraestrutura local para permitir acesso e incentivar a permanência da população;
- 3: Alta provisão do SE – parques urbanos: possuem melhor infraestrutura de acesso e permanência para incentivar o usufruto da população.

#### 4.3.2. Demanda

Para o cálculo da demanda de recreação, Cortinovis e Geneletti (2020) consideraram que a demanda aumenta linearmente com a população e com a distância desta até as áreas verdes. Desta maneira, os autores multiplicaram a densidade populacional pela distância até as áreas verdes, em uma escala de 0-1, e somaram os valores em raios de 300m a partir de cada célula. No presente estudo será utilizada uma abordagem similar, onde a demanda do SE de recreação será quantificada de acordo com o impacto direto na população circundante, e, portanto, o fator limitante de acesso d as áreas verdes/ azuis será a distância. Também serão consideradas na análise a densidade demográfica e a vulnerabilidade da população<sup>33</sup>.

Para as áreas verdes/ azuis considerou-se um raio de influência de impacto direto, que variou conforme a qualidade da provisão do SE<sup>34</sup>:

- 0: Ausência de provisão do SE.
- 1: Áreas verdes sem estrutura recreativa, ou com função meramente contemplativa – raio de influência de 20 m (referente ao alcance visual);
- 2: Áreas verdes com infraestrutura que incentivam a permanência e ocupação, como as praças – raio de influência de 300 metros <sup>35</sup>;
- 3: Áreas verdes com ótima infraestrutura de acesso e permanência, como parques urbanos – raio de influência de 500 metros <sup>36</sup>.

---

<sup>33</sup> Populações mais vulneráveis se favorecem mais, relativamente, da provisão de SE do que populações com baixa vulnerabilidade (KARRASCH, 2016).

<sup>34</sup> Uma melhor qualidade de provisão implica a suposição de que as pessoas se dispõem a andar distâncias maiores para desfrutarem do SE.

<sup>35</sup> Distância das residências que uma população local, e sem restrições de mobilidade, aceitaria se locomover para desfrutar do espaço (KABISCH et al., 2016b; STESENS et al., 2017b; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2016b).

<sup>36</sup> Distância das residências que uma população local, e sem restrições de mobilidade, aceitaria para se locomover para áreas com boa qualidade do SE de recreação. Equivale a 15 minutos de caminhada. (AMBIENTE ITALIA RESEARCH INSTITUTE, 2003; PICKARD et al., 2015; UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2023).

Os efeitos sinérgicos das infraestruturas naturais de recreação devem ser contabilizados, desta forma, a sobreposição de todos os efeitos gera uma nota máxima igual a seis, que corresponde a uma área próxima de um parque, praça e uma área contemplativa.

A parcela referente à população será considerada como a soma do índice populacional com o IPVS. A demanda final será obtida multiplicando o fator populacional pelo complementar da oferta, isto é, a oferta subtraída da pontuação 6, como consta na Equação 11. O valor “6” é referente ao máximo de oferta que pode existir em uma célula, se somada uma área com sobreposição dos raios de influência de estruturas com potenciais 1, 2 e 3.

$$D_{recre} = (I_{pop} + IPVS) \cdot (6 - Of_{recre}) \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

- $D_{recre}$ : Demanda calculada do SE de recreação;
- $I_{pop}$ : Índice populacional;
- IPVS: Índice Paulista de Vulnerabilidade Social;
- $Of_{recre}$ : Oferta do SE de recreação.

Os resultados da demanda total em cada célula serão classificados conforme descrito no Quadro 4.13. Os intervalos numéricos foram determinados de acordo com os valores dos parâmetros indicados na caracterização (índice populacional: Quadro 4.3; IPVS: Quadro 4.4).

**Quadro 4.13 – Classificação da demanda do SE de recreação**

<b>Classe</b>	<b>Caracterização</b>	<b>Intervalo</b>
Baixa	Baixa densidade e vulnerabilidade, com alta oferta de recreação no entorno	0-9
Média	Baixa densidade e vulnerabilidade, com baixa oferta de recreação no entorno	10-17
Alta	Média densidade e/ou vulnerabilidade, com baixa oferta de recreação no entorno	18-26
Muito alta	Alta densidade e/ou vulnerabilidade, com baixa oferta de recreação no entorno	>27

Fonte: autoral (2023).

## 4.4. PROVISÃO DE ALIMENTOS

### 4.4.1. Oferta

Cortinovis e Geneletti (2020) consideraram a provisão de alimentos obtida de áreas rurais, considerando capacidade atual e potencial de uso do solo para agricultura, conforme



informações do Quadro 3.7. O presente estudo visa focar em áreas estritamente urbanas, e, portanto, nestas áreas o SE-PA está restrito a espécies alimentícias plantadas em locais públicos (praças, canteiros centrais, árvores individuais nas calçadas), hortas comunitárias e jardins privados, apesar do cultivo de espécies alimentícias no último não ser uma prática frequente no Brasil (MARTINS; NASCIMENTO; FRANCO, 2021).

Hortas comunitárias são uma excelente ferramenta para ajudar no combate à insegurança alimentar, uma vez que instaladas, a própria comunidade ao redor cuida que prospere (GAITHER et al., 2020; MENCONI; HELAND; GROHMANN, 2020).

Desta forma, para a provisão deste SE, e tendo em vista a restrição de dados quanto ao cadastro das espécies alimentícias em locais públicos, optou-se por definir a oferta do SE-PA em função da existência das hortas comunitárias, tal qual:

- 0: Inexistência de horta comunitária;
- 1: Existência de horta comunitária.

#### 4.4.2. Demanda

Cortinovis e Geneletti (2020) consideraram que a demanda do SE-PA é dada em função da distribuição de hortas comunitárias e da acessibilidade aos cidadãos que não possuem jardins particulares. Assim sendo, foi contabilizado o número de moradias com distâncias maiores do que 500m de jardins comunitários.

Para o presente estudo a demanda do SE de provisão de alimentos será determinada de maneira análoga à das demandas dos outros serviços ecossistêmicos, levando em consideração a densidade populacional, o IPVS e a oferta do SE-PA. A oferta deste SE ajuda a aumentar a segurança alimentar de populações vulneráveis, gerando um impacto social significativo.

A distância até as hortas comunitárias é um fator de grande relevância, porque o usufruto do SE depende da acessibilidade da horta às populações do entorno. Para cidadãos sem restrições de mobilidade, considera-se 700 metros uma distância que as populações estão dispostas a percorrer para se beneficiar deste SE<sup>37</sup>.

A Equação 12 mostra o equacionamento da demanda do SE de provisão de alimentos.

$$D_{alim} = (Ipop \cdot IPVS) \cdot (1 - Of_{PA}) \quad \text{Equação 12}$$

---

<sup>37</sup> Wang et al. (2021) delimitaram o raio de 700m como distância que as pessoas estão dispostas a percorrer até parques com mais 10 ha. Portanto, considerando-se populações vulneráveis que seriam beneficiadas pelo SE-PA, optou-se por utilizar o mesmo valor de referência, dada sua importância na melhoria de qualidade de vida e benefício para essas populações.

Onde:

- $D_{alim}$ : Demanda do SE de provisão de alimentos;
- $Ipop$ : Índice populacional;
- $IPVS$ : Índice Paulista de Vulnerabilidade Social;
- $Of_{PA}$ : Oferta do SE de provisão de alimentos.

As classes resultantes da demanda serão categorizadas conforme o Quadro 4.14. Os intervalos numéricos de cada classe foram determinados de acordo com os valores dos parâmetros indicados na caracterização (índice populacional: Quadro 4.3; IPVS: Quadro 4.4).

**Quadro 4.14 – Classificação da demanda do SE de provisão de alimentos**

Classe	Caracterização	Intervalo
Baixa	Baixíssima densidade e vulnerabilidade; regiões com acesso a horta comunitária	0-6
Média	Baixa densidade e vulnerabilidade	7-11
Alta	Média densidade e/ou vulnerabilidade	12-19
Muito alta	Alta densidade e vulnerabilidade	$\geq 20$

Fonte: autoral (2023).

## 4.5. COMPOSIÇÃO FINAL

### 4.5.1. Oferta total

A composição do mapa de oferta final será feita normalizando os valores da oferta de cada SE estudado. Os resultados absolutos de cada oferta de SE serão números da mesma ordem de grandeza, o que lhes permite a normalização mantendo boa representatividade.

A oferta total, em cada célula, será definida como a média simples dos fatores normalizados (Equação 13), assim como Cortinovis e Geneletti (2020) fizeram no estudo original, a única diferença neste caso é que os autores consideraram a oferta de sete serviços ecossistêmicos ao invés de quatro.

$$Of_{tot} = \sum \frac{Of_{RM} + Of_{RI} + Of_{PA} + Of_{recr}}{4} \quad \text{Equação 13}$$

Onde:

- $Of_{tot}$ : oferta total de serviços ecossistêmicos;
- $Of_{RM}$ : oferta normalizada do SE de resfriamento microclimático;
- $Of_{RI}$ : oferta normalizada do SE de regulação de inundações;

- $Of_{PA}$ : oferta normalizada do SE de provisão de alimentos;
- $Of_{recre}$ : oferta normalizada do SE de recreação.

#### 4.5.2. Demanda total

Cortinovis e Geneletti realizam uma análise de grupos na demanda de SE, obtendo uma variância explicada maior que 85%. No presente estudo a composição do mapa de demanda final por serviços ecossistêmicos será realizada da seguinte maneira:

- Atribuição de uma pontuação de 1 a 4 para as faixas pré-estabelecidas de oferta de SE (baixa =1, média =2, alta =3 e muito alta =4);
- Somatório dos índices e normalização do resultado total (**Equação 14**).

$$D_{total} = \frac{\sum I_{RM} + I_{RI} + I_{PA} + I_{recre}}{16} \quad \text{Equação 14}$$

Onde:

- $D_{total}$ : demanda total de serviços ecossistêmicos;
- $I_{RM}$ : índice do SE de regulação microclimática;
- $I_{RI}$ : índice do SE de regulação de inundações;
- $I_{PA}$ : índice do SE de provisão de alimentos;
- $I_{recre}$ : índice do SE de recreação.

## 4.6. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida para aplicação da metodologia é a bacia hidrográfica da Vila Leopoldina, que possui 6,2 km<sup>2</sup> e está localizada na zona Oeste do município de São Paulo (Figura 4.3). Uma Bacia Hidrográfica é definida como a área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída (TUCCI, 1997). Sobre a questão da escala da bacia, os autores Porto & Porto (2008) declararam:

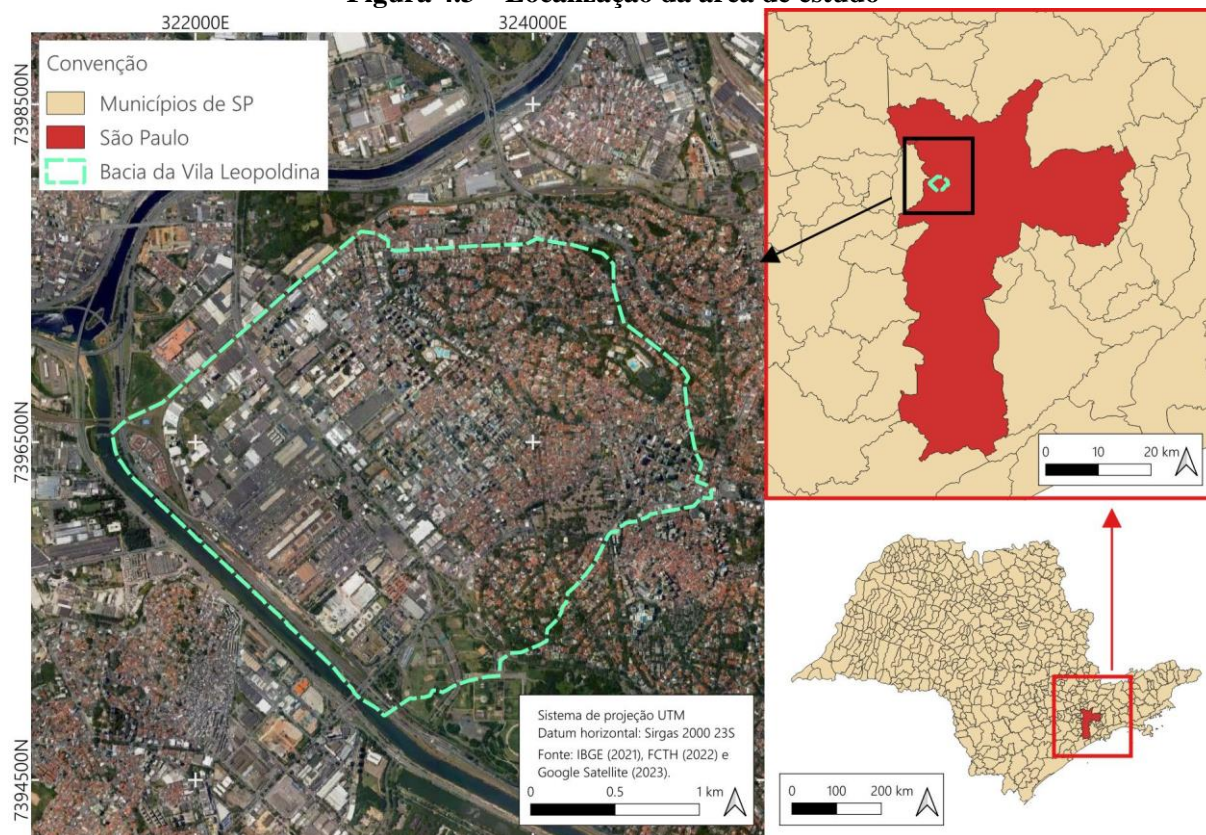
“Diz-se que o tamanho ideal de bacia hidrográfica é aquele que incorpora toda a problemática de interesse. Pode-se ter interesse em uma pequena bacia de 0,5 km<sup>2</sup> numa área urbana, como na bacia do Rio São Francisco, com seus mais de 600.000 km<sup>2</sup> de área.”

A cidade de São Paulo está inserida dentro do território da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT; FUSP; FEHIDRO, 2009), referida como Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 6. Dentro da cidade de São Paulo, os Cadernos de Drenagem são

importantes instrumentos de planejamento, que tratam com prioridade a questão da drenagem urbana (SIURB, 2021); os estudos são realizados em uma parceria da Secretaria Municipal de Infraestrutura e Obras Urbanas (SIURB) com a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH).

A Bacia Hidrográfica da Vila Leopoldina é objeto de estudo de um desses Cadernos de Drenagem, publicado em 2022 e intitulado Caderno de Bacia Hidrográfica – Bacia da Vila Leopoldina (FCTH; PMSP, 2022a).

**Figura 4.3 – Localização da área de estudo**



Fonte: autoral (2023).

A bacia da Vila Leopoldina está inserida em uma área altamente urbanizada, com ocupação consolidada e possui alguns usos territoriais especiais que merecem destaque (Figura 4.4), são eles:

- Parque Villa-Lobos – projeto de descomissionamento de aterro sanitário, possui 7 hectares e é bastante frequentado pela população paulistana;
- Cemitério da Lapa – existente desde 1918;
- Entrepasto CEAGESP – maior central de abastecimento de frutas, legumes, flores, pescados (e outros) da América Latina.



A área de estudo conta com uma população de 41 mil habitantes (IBGE, 2010), com predominância de setores censitários com baixa densidade demográfica, como mostrado na Figura 4.5, enquanto as áreas com alta densidade demográfica estão restritas a setores de tamanho diminuto.

**Figura 4.5 – Mapa da densidade demográfica da área de estudo**



Elaboração: autoral (2023).

A vulnerabilidade, representada pelo IPVS, se enquadra nas classificações baixíssima e muito baixa, na maior parte do território da área de estudo – como mostrado na Figura 4.6; na parte sul da bacia, entre a CEAGESP e o Parque Villa Lobos, há ocupações com vulnerabilidade média e muito alta, referentes a ocupações residenciais de baixo padrão.

**Figura 4.6 – Índice paulista de vulnerabilidade social da área de estudo**



Elaboração: autoral (2023).

A situação de cobertura vegetal da área de estudo é apresentada na Figura 4.7, os dados se encontram discretizados entre as seguintes categorias:

- Vegetação herbáceo-arbustiva;
- Baixa cobertura arbórea, arbórea-arbustiva e/ou arborescente;
- Média a alta cobertura arbórea, arbórea-arbustiva e/ou arborescente.

A informação de cobertura vegetal é oriunda da Secretaria do Verde Meio Ambiente (SVMA), e está disponível na plataforma de dados online GeoSampa<sup>38</sup>.

É possível observar uma arborização mais densa nos trechos norte e leste da bacia, indicados pelas manchas verde-escuras, já o parque e canteiros centrais apresentam predominantemente a tipologia de baixa cobertura arbórea, arbóreo-arbustiva e/ou arborescente.

No tangente aos serviços ecossistêmicos, a Figura 4.8 apresenta o mapa da localização das infraestruturas verde e azuis da bacia, agregando os dados de cobertura vegetal e classificando as áreas dentro parques, praças, canteiros, áreas verdes e área azuis – Rios Pinheiros e Tietê. As infraestruturas verde-azuis foram separadas dentre estas quatro classes levando em consideração os diferentes níveis de infraestrutura de acesso e permanência do público.

<sup>38</sup> [https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/\\_SBC.aspx](https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx)

**Figura 4.7 – Mapa da tipologia de cobertura vegetal da área de estudo**

Convenção

▭ Bacia da Vila Leopoldina

— Quadra viária

■ Massa d'água

Cobertura vegetal

■ Vegetação herbáceo-arbustiva

■ Baixa cobertura arbórea, arbóreo-arbustiva e/ou arborescente

■ Média a alta cobertura arbórea, arbóreo-arbustiva e/ou arborescente

Sistema de projeção UTM Datum horizontal:  
Sirgas 2000 23S

Fonte: FCTH (2022), GeoSampa (2022) e SVMA (2021).



Fonte: autoral (2023).

**Figura 4.8 – Mapa das infraestruturas verde e azuis da área de estudo**

Convenção

▭ Bacia da Vila Leopoldina

— Quadra viária

■ Infraestrutura azul

Infraestrutura verde

■ Canteiros e cobertura vegetal

■ Praças

■ Parques

Sistema de projeção UTM Datum horizontal:  
Sirgas 2000 23S

Fonte: Autoral (2023), FCTH (2022), GeoSampa (2022) e SVMA (2021).



Fonte: autoral (2023).



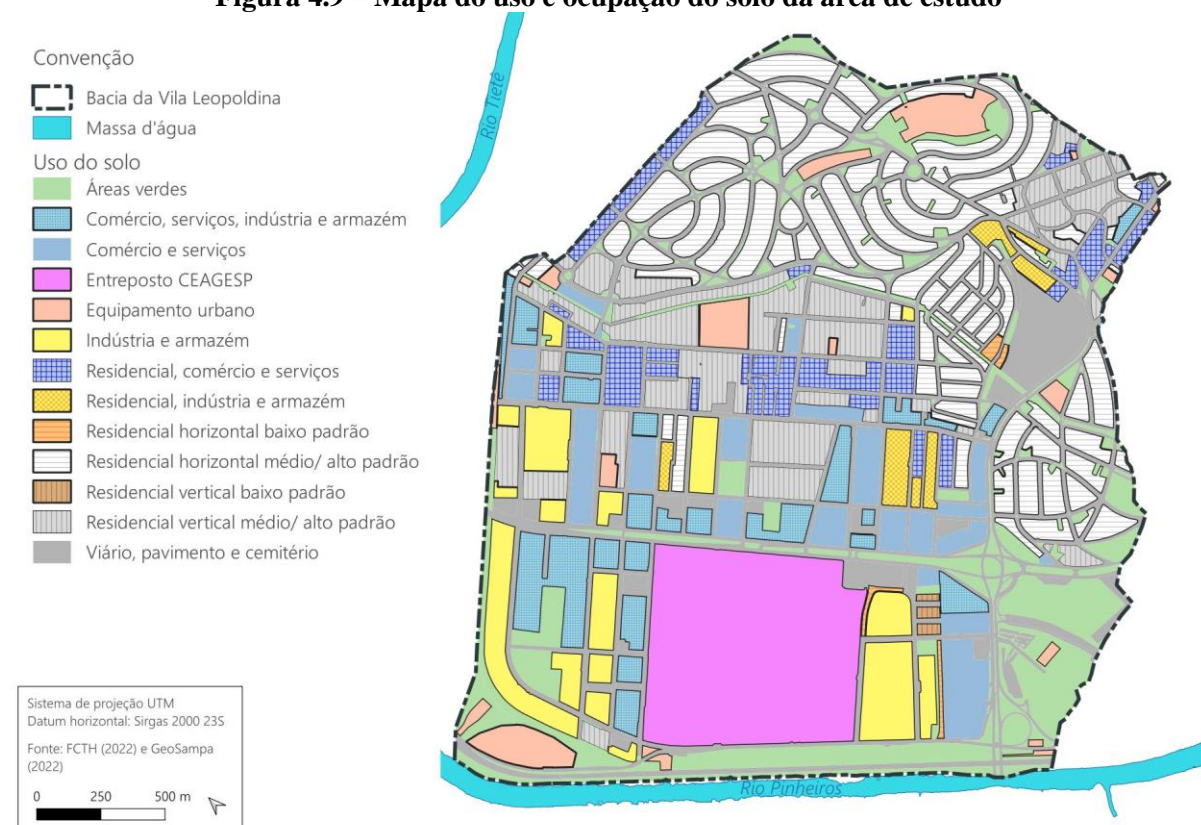
A caracterização dos usos do solo na Bacia é mostrada na Figura 4.9, são apresentadas 15 classificações diferentes – as mesmas utilizadas no Caderno de Drenagem em questão. O Quadro 4.16 apresenta as classificações dos usos do solo, áreas totais e percentuais. A bacia possui grande representatividade de áreas verdes, que perfazem 12,8% da área total. A parcela de uso estritamente residencial corresponde a 28,1% da área e as áreas de alta impermeabilização – viário, pavimento e cemitério – ocupam 22,4% da área total.

**Quadro 4.16 – Usos do solo na Bacia de Vila Leopoldina, áreas totais (m<sup>2</sup>) e percentuais**

Uso do solo	Área total (m <sup>2</sup> )	Área percentual (%)
Áreas verdes	793.087	12,8
Cemitério	100.798	1,6
Comércio, serviços, indústria e armazém	366.367	5,9
Comércio e serviços	341.536	5,5
Entrepasto CEAGESP	606.689	9,8
Equipamento urbano	208.492	3,4
Indústria e armazém	407.505	6,6
Pavimento	147.891	2,4
Residencial, comércio e serviços	273.343	4,4
Residencial, indústria e armazém	84.963	1,4
Residencial horizontal baixo padrão	20.941	0,3
Residencial horizontal médio/alto padrão	1.113.960	17,9
Residencial vertical baixo padrão	11.510	0,3
Residencial vertical médio/alto padrão	598.905	9,6
Viário	1.143.495	18,4
<b>Total Geral</b>	<b>6.219.482 m<sup>2</sup></b>	

Fonte: autoral (2023).

**Figura 4.9 – Mapa do uso e ocupação do solo da área de estudo**



Elaboração: autoral (2023).

A impermeabilização atual de cada uso do solo foi obtida do estudo do Caderno de Bacia Hidrográfica da Vila Leopoldina (FCTH; PMSP, 2022a) e seus respectivos valores estão apresentados no Quadro 4.17. As maiores taxas de impermeabilidade são observadas no uso residencial horizontal de baixo padrão (84,6%), indústria e armazém (83,2%) e no entreposto CEAGESP (92,7%) que tem uma taxa de impermeabilização muito próxima de pavimentos (94,8%). A Figura 4.10 apresenta o mapa com as taxas de impermeabilização atuais da área de estudo.

**Quadro 4.17 – Taxa de impermeabilização dos usos do solo na área de estudo e percentual de ocupação da área total**

Uso do solo	Impermeabilização (%)	Percentual da área total
Áreas verdes	21,6	12,8
Comércio, serviços, indústria e armazém	79,8	5,9
Comércio e serviços	76,4	5,5
Entrepósito CEAGESP	92,7	9,8
Equipamento urbano	66,5	3,4
Indústria e armazém	83,2	6,6
Residencial, comércio e serviços	74,2	4,4
Residencial, indústria e armazém	77,6	1,4
Residencial horizontal baixo padrão	84,6	0,3
Residencial horizontal médio/alto padrão	70,4	17,9
Residencial vertical baixo padrão	72,7	0,2
Residencial vertical médio/alto padrão	60,4	9,6
Viário, pavimentos e cemitério	94,8	22,4

Fonte: FCTH, PMSP (2022a); autoral (2023).

**Figura 4.10 – Mapa de impermeabilização do solo da área de estudo**



Fonte: FCTH, PMSP (2022a); autoral (2023).

## 5. RESULTADOS

No presente item serão apresentados os resultados obtidos da aplicação da metodologia adaptada para a área de estudo escolhida da cidade de São Paulo.

### 5.1. REGULAÇÃO DO MICROCLIMA

Com base nos dados de impermeabilização e uso do solo apresentados no item 4.6, as células da área de estudo foram classificadas dentre as coberturas do solo: áreas verdes, áreas azuis, cobertura heterogênea, solo exposto e solo impermeabilizado (Figura 5.1). O Quadro 5.1 apresenta as áreas totais (m<sup>2</sup>) e relativas (%) de cada cobertura, onde é possível observar a predominância das classificações: solo impermeabilizado e cobertura heterogênea, o primeiro perfazendo 50% da cobertura da área analisada.

**Figura 5.1 – Mapa da classificação da cobertura do solo na área de estudo**



Fonte: autoral (2023).

**Quadro 5.1 – Área total e percentual de cada cobertura do solo**

<b>Cobertura do Solo</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual da área total</b>
Áreas azuis	204.861	3,2
Áreas verdes	742.139	11,5
Cobertura heterogênea	2.191.265	34,2
Solo exposto	69.189	1,1
Solo impermeabilizado	3.201.944	50,0

Fonte: autoral (2023).

Com base nos dados apresentados no item CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, as células (quadras) receberam valores de pontuação de oferta microclimática (item 4.1.1, pág. 38, Quadro 4.7), baseado no seu tamanho, porcentagem de cobertura por dossel e tipo de cobertura do solo.

A oferta de microclima pode ser observada na Figura 5.2, onde é notável uma maior oferta do SE na porção norte e leste da área de estudo, condizentes com bairros bem arborizados e o parque Villa Lobos. A região ao sul da bacia apresenta áreas mais impermeáveis e com menos arborização, assim, obteve uma menor pontuação na oferta do SE.

O mapa resultante da demanda de regulação microclimática é observado na Figura 5.3, onde é possível observar que as áreas com maior vulnerabilidade social e menor oferta do SE apresentaram demanda muito alta; enquanto áreas com baixa densidade populacional e baixa vulnerabilidade apresentaram menor demanda. Não obstante, áreas com boa oferta do SE apresentaram baixa demanda, reforçando uma boa aderência da metodologia proposta e aplicada.

Comparando os dois resultados, de oferta e demanda, é possível notar:

- Áreas com baixa oferta podem apresentar demanda entre média e muito alta – a depender dos fatores sociais de densidade e vulnerabilidade;
- Áreas com alta oferta apresentam de baixa a média demanda – as áreas com baixa demanda são referentes a áreas com menores densidade populacional e vulnerabilidade.

Desta forma, a análise da demanda mostra uma camada a mais de complexidade no panorama dos SE, ao invés da análise pura da oferta, trazendo à tona a complexidade da ocupação e do fator populacional espalhados não homogeneamente pelo tecido urbano.

**Figura 5.2 – Oferta do SE de regulação microclimática na área de estudo**



Fonte: autoral (2023).

**Figura 5.3 – Demanda do SE de regulação microclimática na área de estudo**



Fonte: autoral (2023).

## 5.2. REGULAÇÃO DE INUNDAÇÕES

A oferta do SE de regulação de inundações foi definida como a permeabilidade do uso e ocupação do solo. O Quadro 5.2 apresenta os coeficientes de permeabilidade, determinados a partir da impermeabilização adotada no item 4.6.

**Quadro 5.2 – Coeficientes de permeabilidade para cada uso do solo**

Uso do solo	Permeabilidade (%)
Áreas verdes	78,4
Comércio, serviços, indústria e armazém	20,2
Comércio e serviços	23,6
Entrepasto CEAGESP	7,3
Equipamento urbano	33,5
Indústria e armazém	16,8
Residencial, comércio e serviços	25,8
Residencial, indústria e armazém	22,4
Residencial horizontal baixo padrão	15,4
Residencial horizontal médio/alto padrão	29,6
Residencial vertical baixo padrão	27,3
Residencial vertical médio/alto padrão	39,6
Viário, pavimentos e cemitério	5,2

Fonte: autoral (2023).

O mapa da oferta do SE-RI pode ser observado na Figura 5.4. As áreas mais claras são referentes a áreas com altíssima impermeabilização, como o entreposto CEAGESP, o cemitério da Lapa, viário e pavimento. O gradiente de cor verde escurece com o aumento da permeabilidade dos usos do solo, o tom mais escuro de verde, que engloba a faixa de 45-100% permeabilidade apresenta os usos do solo de áreas verdes, como jardins, praças, parques e canteiros centrais.

A Figura 5.5 apresenta o mapa de ocorrência de inundações na área de estudo, com um raio de influência de 50 metros, onde é possível observar a concentração dos alagamentos na porção de jusante da Bacia, na planície aluvial. Os dados são do período de 2004 a 2021 (CGE, 2021).

**Figura 5.4 – Oferta do SE de regulação de inundações na área de estudo**



Fonte: autoral (2023).

**Figura 5.5 – Ocorrência de inundações na área de estudo, com raio de influência de 50 m dos pontos de alagamento**



Fonte: autoral (2023).



A demanda do SE-RI foi obtida multiplicando a taxa de impermeabilização por um fator de vulnerabilidade composto por vulnerabilidades de: densidade populacional, uso do solo e enchentes.

A Figura 5.6 mostra o mapa final da demanda do SE-RI, onde é possível observar que áreas com alta e muito alta demanda correspondem a áreas com alagamentos e alta impermeabilização, além de usos do solo com vulnerabilidade média ou alta. Áreas de baixa demanda correspondem a áreas sem notificação de alagamentos ou usos do solo com baixa vulnerabilidade (por exemplo: áreas verdes) e permeabilidades de média a alta.

Os resultados obtidos para este SE indicam que há boa aderência entre os dados de entrada e de saída, havendo ótima correlação entre os locais com enchentes e alta/ muito alta demanda, além da classificação muito alta comportar quadras com altíssima impermeabilização e vulnerabilidades.

Áreas com pouca oferta do SE não necessariamente implicam áreas com alta demanda, como é o caso do cemitério da Lapa, observado com baixa demanda na Figura 5.6.

**Figura 5.6 – Demanda do SE de regulação de inundações na área de estudo**



Fonte: autoral (2023).

### 5.3. RECREAÇÃO

A oferta do SE de recreação foi obtida levando em consideração a capacidade de lazer de uma área natural dentro da zona urbana. Desde áreas sem nenhuma infraestrutura de permanência, que permitem apenas contemplação – como canteiros centrais e áreas verdes; até áreas mais complexas, como praças e parques. A Figura 5.7 mostra a oferta do SE de recreação na área de estudo, os valores atribuídos de 0 a 3 representam o potencial de recreação das áreas.

A demanda pelo SE de recreação foi obtida a partir dos dados de densidade demográfica, IPVS e distância às áreas verdes/ azuis. O mapa resultante da demanda do SE de recreação está apresentado na Figura 5.8, onde é possível observar que as áreas com máxima oferta, como por exemplo os arredores do Parque Villa-Lobos, possuem mínima demanda devido ao ótimo suprimento do SE em sua área de influência. Além disso, áreas com boa arborização, como a região norte da bacia, e uso do solo majoritariamente residencial de médio/ alto padrão, também apresentaram mínima demanda.

Regiões com baixa oferta de recreação natural de qualidade tiveram maiores demandas; em especial, as áreas com demanda muito alta deste SE estão diretamente relacionadas àquelas com maior densidade populacional.

Comparando os dois resultados, de oferta e demanda, é possível notar:

- Áreas com alta oferta de recreação – como o parque Villa-Lobos e a porção residencial do Boaçava (leste) e Alto da Lapa (norte), que possuem praças e boa arborização – apresentaram baixa demanda.
- As demais áreas, como a porção central (Vila Leopoldina) e sul apresentaram demandas diferentes, apesar de terem, aparentemente, quantidades similares de oferta. Estas diferenças na demanda são provenientes de sua formulação, que leva em consideração a densidade populacional e o IPVS.

Desta forma, a análise da demanda do SE de recreação mostra uma camada a mais de complexidade no panorama dos SE, ao invés da análise pura da oferta, trazendo à tona a complexidade da ocupação e do fator populacional espalhados não homogeneamente pelo tecido urbano.

**Figura 5.7 – Oferta de potencial de recreação na área de estudo**



Fonte: autoral (2023).

**Figura 5.8 – Demanda do SE de recreação na área de estudo**



Fonte: autoral (2023).

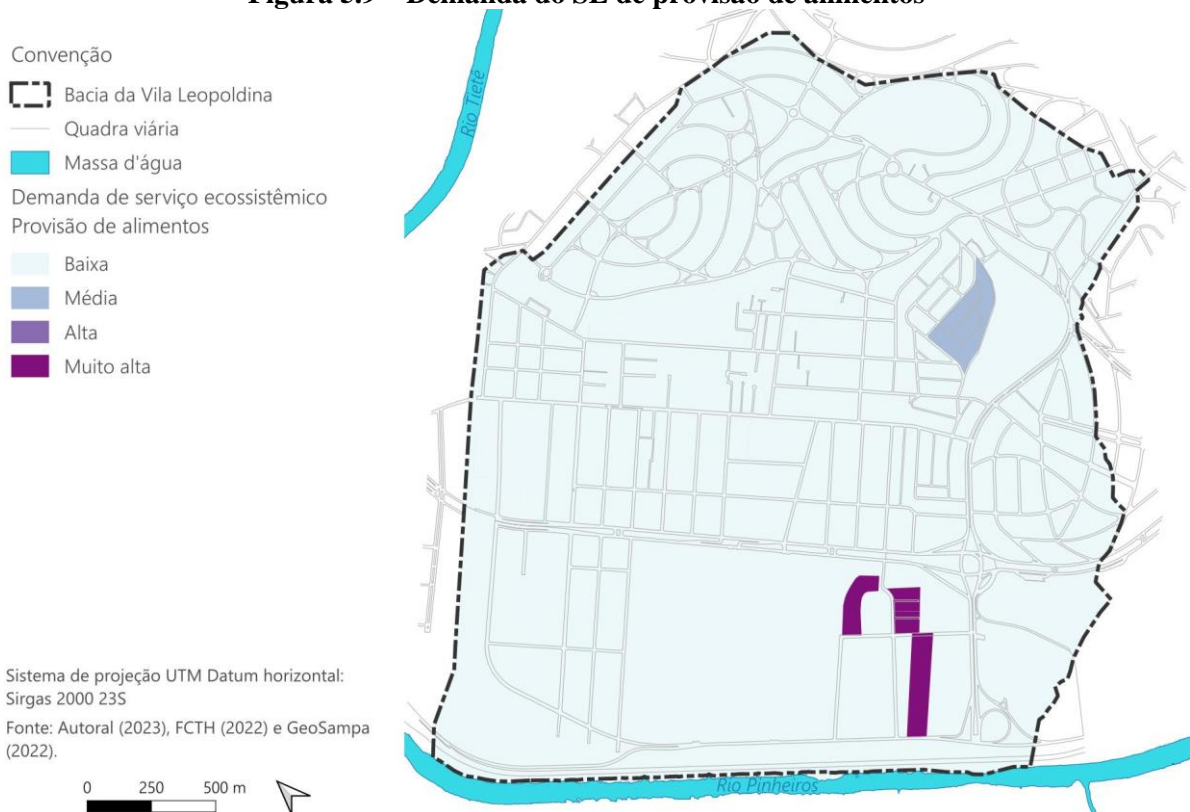
## 5.4. PROVISÃO DE ALIMENTOS

De acordo com a adaptação metodológica, não há dados disponíveis sobre a oferta de SE de provisão de alimentos na área de estudo, uma vez que não há hortas urbanas comunitárias na região.

O mapa da demanda de provisão alimentar está representado na Figura 5.9, onde é possível observar que as áreas com maior vulnerabilidade apresentaram maior demanda pelo SE, enquanto as demais áreas da bacia apresentaram baixa demanda.

A área de estudo escolhida apresenta baixa densidade populacional e baixa vulnerabilidade social, desta forma, no mapa de demanda do SE de provisão alimentar ficam evidenciadas as áreas com alta densidade e vulnerabilidade, indicando uma área de intervenção prioritária de fácil destaque para o SE em questão.

**Figura 5.9 – Demanda do SE de provisão de alimentos**



Fonte: autoral (2023).

## 5.5. COMPOSIÇÃO FINAL

O mapa final da oferta composta dos SE analisados é apresentado na Figura 5.10; e o mapa da demanda composta, na Figura 5.11.

No resultado composto da oferta é possível observar que áreas verdes e o Parque Villa Lobos obtiveram nota final maior do que 0,51, enquanto outras áreas com maior arborização e maior permeabilidade do uso do solo tiveram notas entre 0,26 e 0,50. A maior parte da área de estudo, aproximadamente 66% da área total, teve baixa classificação na oferta de SE (0,00 a 0,25).

Já no resultado composto da demanda, o parque Villa Lobos e algumas áreas residenciais bem arborizadas tiveram baixa demanda por SE, dadas as boas condições de oferta somadas às características de densidade populacional e baixa vulnerabilidade. A maior parte da bacia apresenta baixa demanda por SE, mesmo não possuindo grande oferta, devido a suas características de baixa densidade populacional e baixa vulnerabilidade. As áreas com maiores demanda por SE são aquelas com maior vulnerabilidade social, impermeabilização e/ou densidade populacional, onde há baixa oferta de SE.

Comparando os dois resultados, de oferta e demanda, é possível notar:

- Áreas com alta oferta de SE – como o parque Villa-Lobos e Alto da Lapa (norte) – apresentaram baixa demanda;
- Áreas com baixa oferta de SE apresentaram demandas de média a alta (0,26-1,00), a depender da composição dos fatores de demanda, como a densidade populacional e vulnerabilidade.
- O mapa de demanda possui, comparativamente, menos áreas com alta demanda do que o mapa de oferta possui áreas com baixa oferta – parâmetros estes que são o de identificação de áreas prioritárias de intervenção.

Desta forma, a análise da demanda composta dos SE mostra uma camada a mais de complexidade no panorama dos SE, ao invés da análise pura da oferta. Ao analisar a demanda pelos SE observamos uma gama mais concentrada de áreas para intervenção, facilitando assim o processo decisório do poder público na determinação destas áreas, maximizando o potencial benéfico da implantação de infraestruturas verdes e azuis.

Os resultados apresentados indicam uma boa resposta do modelo à metodologia proposta. As formulações da quantificação da oferta e demanda dos SE deram importância a diferentes tipologias naturais dos SE, tornando os dados de entrada não-redundantes.

**Figura 5.10 – Mapa composto da oferta de serviços ecossistêmicos na área de estudo**



Fonte: autoral (2023).

**Figura 5.11 – Mapa composto da demanda de serviços ecossistêmicos na área de estudo**



Fonte: autoral (2023).

A Figura 5.12 traz lado a lado os mapas finais de oferta e demanda (Figura 5.10 e Figura 5.11), a título de comparação. As escalas de cor são a mesma, porém com inversão, desta forma as áreas prioritárias de intervenção de ambas análises são apresentadas em vermelho/laranja e as áreas menos prioritárias são apresentadas em tons de verde. É possível observar a clara diferença entre as áreas de intervenção prioritária no mapa da oferta e da demanda. O mapa da demanda apresenta um resultado mais concentrado para o intervalo acima de 0,50, o que permite facilitar o processo decisório de alocação de áreas de intervenção prioritária.

**Figura 5.12 – Comparativo entre mapas de oferta e demanda compostas.**



Fonte: autorial (2023).

Os resultados da aplicação na área de estudo apresentaram boa aderência de modo geral, a oferta dos SE conseguiu representar os aspectos físicos considerados, e a demanda obteve um bom resultado levando em consideração a oferta e o fator populacional de densidade e vulnerabilidade, dando alta prioridade de intervenção para áreas com menores ofertas e maior vulnerabilidade/ densidade social.

## 6. DISCUSSÃO

A análise do mapa comparativo dos resultados de oferta e demanda totais (item 5.5, pág.70, Figura 5.12) permite a visualização de uma grande discrepância entre as áreas de intervenção prioritária quando se analisa a oferta ou a demanda dos SE:

Na análise da oferta total, é possível observar que grande parte da área de estudo possui baixa oferta de SE. Além de áreas verdes, azuis, praças e parques – onde já é esperada uma boa oferta de SE, algumas quadras tiveram bons valores de oferta graças à densidade de arborização. Áreas visualmente mais impermeabilizadas também tiveram baixa pontuação na oferta de SE, o que é um bom indício da aderência do modelo adotado.

Na análise da demanda total a área de alta demanda é muito menor do que a área de baixa oferta. Os locais com altíssima demanda são locais com maior vulnerabilidade social e densidade demográfica, e certamente se beneficiariam da implantação de mais SE próximos, como, por exemplo: plantio de espécies arbóreas comestíveis, garantindo resfriamento microclimático e provisão de alimentos; inserção de uma horta comunitária, que incentivaria o senso de comunidade e aumentaria a segurança alimentar – a implantação de SBNs visando regulação de inundações seria pouco efetiva, devido à localização do terreno em uma planície aluvial com alto lençol freático.

As demais quadras pequenas com alta demanda, certamente se beneficiariam das mesmas estruturas citadas acima, com o acréscimo de SBNs, que seriam eficazes nas áreas a montante da planície aluvial – ao norte da Av. Imperatriz Leopoldina.

A CEAGESP ocupa uma grande área da bacia (0,7 km<sup>2</sup>) e é um uso do solo não-residencial, mas o local recebe uma população transeunte de, em média, 50 mil pessoas por dia (CEAGESP, 2022). O terreno, com sua jurisdição atual, poderia ser favorecido com a implementação de arborização para resfriamento microclimático, porém outros usos como recreação e provisão de alimentos não se mostrariam muito adequados, devido ao caráter comercial do local. Caso a CEAGESP venha a ser vendida e loteada no futuro, abrem-se muitas possibilidades: espaços públicos com hortas comunitárias, jardins de chuva nas calçadas, inserção de corpos azuis – que também auxiliam no resfriamento microclimático e conexão da população com as águas – dentre outros.

### 6.1. COMPARAÇÃO COM ESTUDOS ATUAIS

As adaptações realizadas no método de Cortinovis e Geneletti (2020) visam pragmatizar a replicação do estudo, com instruções claras de classes, organização e estrutura, possuindo



equacionamentos muito similares entre as demandas dos SE, além da simplificação da composição de demanda geral ser feita por média simples. Também foi adicionado o dado de enchentes no SE-RI, que é de grande valor para a análise deste SE. Os autores utilizaram diferentes tipos de dados populacionais (população total, densidade e número de habitações), enquanto no presente estudo foi sugerido a utilização de um único fator populacional, baseado na densidade – e que deve ser reavaliado a depender da cidade onde for aplicado. Ademais, os autores utilizaram a vulnerabilidade como número de habitantes, enquanto no presente estudo optou-se por utilizar o IPVS, informação disponível para todo estado de São Paulo. Ambas abordagens possuem mesma ordem de grandeza no resultado final, pois as duplas de fatores (população total em cada célula + população vulnerável em cada célula e índice populacional + IPVS) possuem mesma ordem de grandeza.

Alguns planos estratégicos da cidade de São Paulo já utilizam dos preceitos dos SE<sup>39</sup>, mas estes não são utilizados de forma prática e factual. A construção diversa e transparente do saber de SE aumenta sua legitimidade, e com isso, permite contribuir cada vez nos processos de tomada de decisão (POSNER; MCKENZIE; RICKETTS, 2016).

Soluções baseadas na natureza são consideradas como peças importantes no planejamento de uma cidade sustentável e resiliente (AHERN, 1995; BECEIRO; BRITO; GALVÃO, 2022; BISWAL et al., 2022). Em especial, cidades resilientes precisam de uma rede estruturada, conectada, multifuncional e com diversidade de soluções – um sistema onde é seguro falhar, ao invés de soluções à prova de falhas<sup>40</sup> (AHERN, 2011), uma abordagem adaptativa e que encoraja inovações no sistema vigente (AHERN; CILLIERS; NIEMELÄ, 2014).

A metodologia estudada tem o mérito de demonstrar na prática uma possibilidade oferecida pelos avanços metodológicos e tecnológicos recentes<sup>41</sup>, e como eles podem contribuir para desenvolver novas formas de sistemas de planejamento. A maior parte dos estudos sobre serviços ecossistêmicos e planejamento urbano focam em conceitos gerais e diretrizes (MONTEIRO; FERREIRA; ANTUNES, 2020). Ao unir a análise da oferta e demanda de SE ao sistema de avaliação de transformação urbana, é garantido o uso contínuo dos SE no processo decisório do poder público, superando a lacuna de implementação que caracteriza grande parte das análises de SE (RUCKELSHAUS et al., 2015), especialmente no tocante às análises integradas de SE (BARTON et al., 2018), garantindo coerência na forma que os SE são analisados na escala de bairro até cidade.

---

<sup>39</sup> PLANPAVEL, PLANCLIMSP, Guia metodológico para Implantação de infraestruturas verdes, etc.

<sup>40</sup> Tradução livre dos termos: *fail-safe* e *safe-to-fail*.

<sup>41</sup> Estudos sobre serviços ecossistêmicos, sensoriamento remoto, bases de dados integradas e de livre acesso, etc.

No Brasil, o planejamento urbano se organiza seguindo o zoneamento estabelecido pelo Plano Diretor, assim como é determinado pelo Estatuto da Cidade, Lei Federal nº 10.257 de 10 de julho de 2001. Não obstante, os estados e municípios possuem liberdade para realizar alterações nas legislações locais, como, por exemplo, a Lei Municipal nº16.402 de 22 de março de 2016, do Município de São Paulo, que legisla sobre taxas mínimas de permeabilidade a serem implantadas em novas construções. Mesmo assim, estas medidas quantitativas são incapazes de diferenciar qualidades de áreas verdes e as funções ecológicas providas por diferentes tipos de infraestrutura verde (RONCHI; ARCIDIACONO; POGLIANI, 2020).

Os Cadernos de Drenagem, instrumentos de gestão das águas pluviais do município de São Paulo contam com diagnóstico e soluções para as inundações das bacias estudadas – assim como é o caso da área de estudo que foi escolhida, a Bacia da Vila Leopoldina. Nas soluções, muitas vezes são sugeridas obras de infraestrutura verde-azul, como parques lineares, e a escolha das áreas para algumas intervenções naturalizadas poderia ter seu efeito benéfico maximizado ao levar em consideração uma análise da oferta e demanda de SE na bacia, como realizado no presente estudo. Áreas de intervenção prioritária podem ser pré-determinadas com a análise, e a viabilidade da infraestrutura verde-azul (e capacidade hidráulica) pode ser aferida. O município de São Paulo possui um instrumento de gestão territorial de áreas verdes, o PLANPAVEL, “cujo objetivo primordial é definir uma política de gestão e provisão de áreas verdes e de proteção do patrimônio ambiental do município de São Paulo” (PMSP; SVMA, 2022). O Plano realiza um diagnóstico das áreas verdes e espaços livres, utilizando genericamente o conceito de SE e SA, além de cruzar informações com outros estudos<sup>42</sup>, resultando em um plano de ação contendo 75 ações. Outro instrumento do município de São Paulo, o PlanClimaSP, também conta com os serviços ecossistêmicos para alcançar os objetivos de combate às mudanças climáticas e aumento da resiliência da cidade, levando em consideração conceitos gerais de oferta e tipologias que oferecem os SE desejados.

Nos últimos anos, algumas cidades têm desenvolvido estratégias de planejamento mais avançadas, que vão além dos indicadores quantitativos mais comuns, reconhecendo e aferindo o valor ecológico de áreas verdes diferentes. Um exemplo é o Guia Metodológico para Implantação de Infraestrutura Verde (MACHADO et al., 2020), que conta com a análise de

---

<sup>42</sup> Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica do Município de São Paulo (PMMA), Plano Municipal de Conservação e Recuperação de Áreas Prestadoras de Serviços Ambientais do Município de São Paulo (PMSA), Plano Municipal de Arborização Urbana do Município de São Paulo (PMAU), Plano de Ação Climática do Município de São Paulo e Plano de Turismo Municipal da Cidade de São Paulo (PLATUM).

nove indicadores<sup>43</sup>, alguns considerados na presente metodologia, como a impermeabilização do terreno, ocorrência de alagamentos e vulnerabilidade social; todos os indicadores são calculados de uma forma diferente da expressa na metodologia selecionada para este estudo, e ao final os nove indicadores são somados, apresentando as áreas prioritárias para criação de parques e unidades de conservação, que são intervenções em uma escala muito maior do que a possibilitada pela presente metodologia, que permite a identificação de áreas desde plantio de arborização, implementação de hortas urbanas, até praças e parques. Uma limitação do estudo anteriormente citado é que são observadas apenas as ofertas dos indicadores, mesmo havendo dois indicadores com fator populacional (vulnerabilidade social e áreas verdes por habitante), a demanda *per se* não é contabilizada, ou seja: o quanto é necessário de SE em diferentes partes da cidade.

O estudo de Cortinovis e Geneletti (2020), utilizado como base metodológica da presente análise, introduz a análise da oferta e da demanda dos SE, com a diferença que os autores estudaram outros serviços ecossistêmicos (além dos quatro desta metodologia), como redução de ruído, provisão de habitat e regulação da qualidade do ar. No presente estudo estes SE não foram considerados porque, devido à formulação adotada, os dois serviços regulatórios utilizam árvores como tipologia de oferta, e esta tipologia já está englobada no serviço de regulação do microclima, o que lhe tornaria redundante. Já o serviço de provisão de habitat foca em riquezas de espécies, o que é mais adequado para análises com áreas periurbanas, que não eram do escopo do presente estudo – mas que faziam parte do escopo do estudo dos autores. Já a pesquisa de Longato et al. (2023), que, praticamente, avança um passo em relação à pesquisa de Cortinovis e Geneletti (2020), adiciona SBN na formulação dos SE, além de adicionar uma formulação de priorização de SBN, que leva em sua composição a oferta, demanda e um fator de adequabilidade.

## 6.2. PONTOS FORTES E LIMITAÇÕES

A metodologia utilizada oferece uma ferramenta de análise prática, transparente e replicável, que se baseia não apenas na oferta dos SE, mas engloba este fator dentro de uma análise de demanda. A metodologia empregada de mapeamento analisa múltiplos fatores relacionados à demanda de cada SE, independentemente, provendo assim um panorama mais detalhado do que

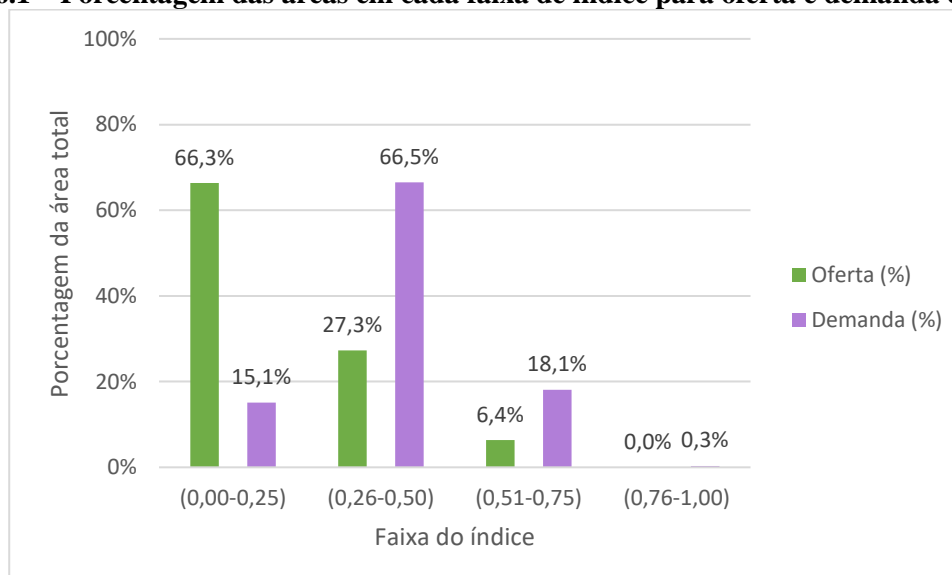
---

<sup>43</sup> 1:Nascentes impermeabilizadas; 2:geração de sedimentos, áreas desprotegidas dos cursos d'água e áreas impermeáveis; 3: densidade de alagamentos e potencial de inundação; 4: cobertura vegetal nativa; 5: corredores ecológicos; 6: áreas verdes e números de habitantes; 7: vulnerabilidade social; 8: temperatura da superfície; 9: arborização em vias movimentadas.

análises puras de densidade ou vulnerabilidade. O mapa de demanda composta permite a identificação de áreas de intervenção prioritária, onde a implementação de certas tipologias de infraestruturas verde-azuis teria impactos mais expressivos sobre a população local.

É notável que as áreas de intervenção prioritárias do mapa de demanda e de oferta compostas são bastante diferentes: enquanto o mapa de oferta possui a maior parte do terreno com baixa oferta, o mapa da demanda apresenta uma seleção de áreas bem mais direcionada para implementação de infraestrutura verde-azul com impacto maximizado, como exemplificado pela relação entre as áreas de cada categoria, na Figura 6.1. É válido ressaltar que a relação entre oferta e demanda é inversa: áreas com baixa oferta são áreas prioritárias, enquanto áreas com alta demanda são áreas prioritárias.

**Figura 6.1 – Porcentagem das áreas em cada faixa de índice para oferta e demanda compostas**



Fonte: autoral (2023).

A aplicação da metodologia na área de estudo permitiu observar pontos fortes e fracos da proposição. A começar pela limitação em si de criar um modelo matemático, que tenta representar uma situação real a partir de uma quantia finita de variáveis: quanto maior o número de variáveis, melhor pode ser a representatividade do modelo, porém ele ficará cada vez mais complexo, até seu equacionamento poder se tornar inviável. Do contrário, um modelo simples demais pode ser de fácil equacionamento, porém seu resultado pode não representar bem a situação real, apresentando resultados inconsistentes com as necessidades reais, majorando ou minorando os problemas da área.

Na metodologia aplicada neste estudo foram considerados quatro serviços ecossistêmicos, devido a suas características tipológicas distintas, que lhe garantem a minimização da redundância na análise ecossistêmica, são eles: regulação microclimática (arborização e áreas

azuis), regulação de inundações (permeabilidade do uso do solo), recreação (parques, praças, áreas azuis e todas tipologias de cobertura vegetal) e provisão de alimentos (hortas comunitárias). A oferta e demanda de cada SE foi equacionada utilizando dados de livre acesso, com formulação condizente com simplificações abordadas na literatura de referência.

Os resultados obtidos pela aplicação da metodologia adapta de Cortinovic e Geneletti (2020) podem ser replicados em outras áreas, e não obstante, os mapas resultantes de oferta composta e demanda composta podem ser disponibilizados para consulta da sociedade em uma plataforma de dados georreferenciados, incentivando assim, a iniciativa privada a participar no processo de aumento da sustentabilidade e resiliência da cidade, com a implementação de infraestruturas verde-azuis.

Conforme mencionado anteriormente, a elaboração de modelos matemáticos com a finalidade de representar situações reais – que possuem infinitas variáveis – apresenta limitações por si só. Algumas limitações quanto à composição dos indicadores foram, por exemplo:

- SE de regulação de inundações: neste SE é considerada a permeabilidade do terreno (CORTINOVIS, GENELETTI. 2020), o que permite a infiltração, percolação, retenção de água no solo, realizando o retardamento da vazão e diminuição do pico de vazão. Neste SE não foram consideradas, diretamente, infraestruturas verde-azuis de drenagem, como canteiros pluviais, jardins de chuva, dentre outros – mas foram consideradas indiretamente, com a taxa de permeabilidade alta de seu uso do solo. Outra limitação desta abordagem é a permeabilidade em áreas com lençol freático alto, como é o caso de planícies aluviais, onde há muito menos retenção de volume na infiltração;
- SE de provisão de alimentos: dada a escassez da presença de hortas urbanas em grandes centros urbano, na contabilização da oferta foram considerados apenas a presença ou ausência delas, sem contabilizar seu tamanho, aptidão para cultivo<sup>44</sup> ou capacidade de atendimento da demanda da população do entorno.

Desta forma, ressalta-se que a utilização da análise da oferta e demanda de SE é uma ferramenta capaz de auxiliar o planejamento urbano na alocação de intervenções naturalizadas, permitindo escolher áreas onde os efeitos da implantação podem ser maximizados frente à sociedade. Não obstante, a análise da demanda se mostrou eficaz e um fator que pode otimizar essa lista de áreas para intervenção.

---

<sup>44</sup> Luminosidade, qualidade do solo, etc.

A adaptação de metodologias para dados e realidades locais permite a disseminação do conhecimento, com aplicações em áreas com realidades diferentes daquelas que o autor original visou. Tal expansão das barreiras do conhecimento é crucial para o desenvolvimento e avanço científico, garantindo a diferentes áreas as mesmas oportunidades de acesso a informações.

## 7. CONCLUSÃO

A presente dissertação apresentou uma abordagem nova para o planejamento urbano em cidades brasileiras, baseada na avaliação da oferta e demanda de serviços ecossistêmicos proposta por Cortinovis e Geneletti (2020), com foco na escala de bairro até cidade. A adaptação foi feita para os dados disponíveis da cidade de São Paulo, e pode ser replicada caso outras prefeituras possuam os dados expostos no Quadro 4.15, contanto que seja feita uma reclassificação do índice de densidade populacional.

Foram utilizados quatro serviços ecossistêmicos para a análise, escolhidos dentre os sete SE originais do artigo de Cortinovis e Geneletti (2020). Os SE de redução de ruído e regulação microclimática foram desconsiderados por utilizarem como parâmetro a tipologia vegetal do tipo arbórea, já considerada na análise de regulação microclimática. O SE de provisão de habitat foca em riquezas de espécies, e ademais, não era contabilizado no cálculo da demanda dos autores, devido à insuficiência de dados para aferir uma demanda.

As adaptações metodológicas consistiram de pequenas intervenções: desde reclassificação de categorias, alterações na formulação mantendo o nível de grandeza, até inserção e adaptação para os dados disponíveis em São Paulo, como o IPVS e ocorrência de inundações.

A metodologia foi aplicada em uma área de estudo, a Bacia da Vila Leopoldina, em São Paulo/SP, e foram observados os seguintes resultados:

- Boa aderência dos resultados no cálculo da oferta dos SE, com boa correspondência da situação de cobertura e uso do solo e áreas de infraestrutura verde-azul;
- Boa aderência dos resultados no cálculo da demanda dos SE, respondendo bem aos dados de oferta e fator social, como densidade e vulnerabilidade;
- Grande discrepância entre áreas de intervenção prioritária quando comparados os mapas de oferta e demanda compostas: o mapa de demanda traz uma seleção de áreas muito mais restrita do que o de oferta, o que mostra a importância da análise da demanda de SE frente ao planejamento urbano de áreas naturalizadas.

Atualmente no Brasil os SE são utilizados no planejamento urbano como um conceito geral, e as poucas metodologias que realizam a análise de SE observam principalmente a oferta. O presente estudo reforça a importância da análise da demanda dos SE, pois assim os fatores populacionais como densidade e vulnerabilidade têm sua complexa distribuição espacial representada. A inserção de áreas naturalizadas no ambiente urbano tem a capacidade de trazer bem-estar e diversos benefícios à população ao seu entorno (NOWAK-OLEJNIK; SCHIRPKE;

TAPPEINER, 2022), e em especial, é capaz de afetar mais profundamente populações com alta vulnerabilidade social.

Outra possibilidade oferecida pela análise integrada de SE é a distribuição da informação em plataformas de dados públicos. Como os dados obtidos são em base SIG, podem ser disponibilizados para consulta, e, desta forma, a informação sobre áreas prioritárias para intervenção se torna pública e investidores do setor particular ou privado podem auxiliar no processo de aumento da resiliência urbana.

O presente estudo também se mostra relevante porque, mesmo em âmbito acadêmico e internacional, poucos são os estudos realizados sobre a análise integrada de SE. Desta forma, e baseado na metodologia de Cortinovis e Geneletti (2020), o presente estudo pôde contribuir à consolidação do saber da análise integrada de SE, e, em especial, pôde contribuir ao avanço deste conhecimento dentro do território brasileiro.

Estudos futuros podem analisar os efeitos da implantação de infraestruturas verde-azuis em locais com alta demanda, e seus respectivos efeitos no recálculo da oferta e demanda de uma dada área de estudo. Outras adaptações metodológicas podem considerar novos indicadores a depender dos tipos de dados disponíveis. Também é interessante analisar uma forma como incorporar SBNs na formulação da oferta dos serviços de regulação de inundações – ou outro SE conveniente.



## REFERÊNCIAS

- ABREU, Ângela Maria Ribeiro da Silva Morais. **Hortas urbanas – contributo para a sustentabilidade. Caso de estudo: “Hortas comunitárias de Cascais”**. 2012. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.
- AHERN, Jack. Greenways as a planning strategy. **Landscape and Urban Planning**, v. 33, n. 1, p. 131–155, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(95\)02039-V](https://doi.org/10.1016/0169-2046(95)02039-V). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016920469502039V>.
- AHERN, Jack. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, n. 4, p. 341–343, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016920461100079X>.
- AHERN, Jack; CILLIERS, Sarel; NIEMELÄ, Jari. The concept of ecosystem services in adaptive urban planning and design: A framework for supporting innovation. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, p. 254–259, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204614000346>.
- AKBARI, Hashem; TAHA, Haider. The impact of trees and white surfaces on residential heating and cooling energy use in four Canadian cities. **Energy**, v. 17, n. 2, p. 141–149, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(92\)90063-6](https://doi.org/10.1016/0360-5442(92)90063-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0360544292900636>.
- ALMEIDA, Dejair Lopes De; GUERRA, José Guilherme Marinho; RIBEIRO, Raul de Lucena Duarte. **Sistema integrado de produção agroecológica: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica**. p. 39. 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/111699/1/CNPAB-Sistema-Integrado-de-Producao-Agroecologica-SIPA-DOC.-169-03.pdf>
- AMBIENTE ITALIA RESEARCH INSTITUTE. **European Common Indicators. European Environment Agency**. Milano, 2003.
- ANAND, Shikha; GUPTA, Stutee. Provisioning ecosystem services: Multitier bibliometric analysis and visualisation. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 8, p. 100081, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100081>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665972720300659>.
- ANGEL, Shlomo; LAMSON-HALL, Patrick; BLANCO, Zeltia Gonzalez. Anatomy of density: measurable factors that constitute urban density. **Buildings and Cities**, v. 2, n. 1, p. 264–282, 2021. DOI: 10.5334/bc.91.
- ARMSON, D.; RAHMAN, M. A.; ENNOS, A. R. A comparison of the shading effectiveness of five different street tree species in Manchester, UK. **Arboriculture and Urban Forestry**, v. 39, n. 4, p. 157–164, 2013.
- ARMSON, D.; STRINGER, P.; ENNOS, A. R. The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 11, n. 3, p.

245–255, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.05.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866712000611>.

AUGUSTO, Bruno; ROEBELING, Peter; RAFAEL, Sandra; FERREIRA, Joana; ASCENSO, Ana; BODILIS, Carole. Short and medium- to long-term impacts of nature-based solutions on urban heat. **Sustainable Cities and Society**, v. 57, p. 102122, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102122>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670720301098>.

BABÍ ALMENAR, Javier; ELLIOT, Thomas; RUGANI, Benedetto; PHILIPPE, Bodénan; NAVARRETE GUTIERREZ, Tomas; SONNEMANN, Guido; GENELETTI, Davide. Nexus between nature-based solutions, ecosystem services and urban challenges. **Land Use Policy**, v. 100, n. April 2019, 2021. DOI: [10.1016/j.landusepol.2020.104898](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104898).

BALLINAS, Mónica; BARRADAS, Víctor L. The Urban Tree as a Tool to Mitigate the Urban Heat Island in Mexico City: A Simple Phenomenological Model. **Journal of Environmental Quality**, v. 45, n. 1, p. 157–166, 2016. DOI: [10.2134/jeq2015.01.0056](https://doi.org/10.2134/jeq2015.01.0056).

BANGASH, Rubab F.; PASSUELLO, Ana; SANCHEZ-CANALES, María; TERRADO, Marta; LÓPEZ, Alfredo; ELORZA, F. Javier; ZIV, Guy; ACUÑA, Vicenç; SCHUHMACHER, Marta. Ecosystem services in Mediterranean river basin: Climate change impact on water provisioning and erosion control. **Science of The Total Environment**, v. 458–460, p. 246–255, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.025>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713004464>.

BARÓ, Francesc; PALOMO, Ignacio; ZULIAN, Grazia; VIZCAINO, Pilar; HAASE, Dagmar; GÓMEZ-BAGGETHUN, Erik. Mapping ecosystem service capacity, flow and demand for landscape and urban planning: A case study in the Barcelona metropolitan region. **Land Use Policy**, v. 57, p. 405–417, 2016. DOI: [10.1016/j.landusepol.2016.06.006](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.006). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.006>.

BARTON, D. N. et al. (Dis) integrated valuation – Assessing the information gaps in ecosystem service appraisals for governance support. **Ecosystem Services**, v. 29, p. 529–541, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041617300220>.

BECEIRO, Paula; BRITO, Rita Salgado; GALVÃO, Ana. Assessment of the contribution of Nature-Based Solutions (NBS) to urban resilience: application to the case study of Porto. **Ecological Engineering**, v. 175, p. 106489, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106489>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092585742100344X>.

BERRY, Rowan; LIVESLEY, Stephen J.; AYE, Lu. Tree canopy shade impacts on solar irradiance received by building walls and their surface temperature. **Building and Environment**, v. 69, p. 91–100, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.07.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132313002060>.

BISWAL, Basanta Kumar; BOLAN, Nanhi; ZHU, Yong-Guan; BALASUBRAMANIAN, Rajasekhar. Nature-based Systems (NbS) for mitigation of stormwater and air pollution in urban areas: A review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 186, p. 106578, 2022.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106578>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344922004141>.

BOLUND, Per; HUNHAMMAR, Sven. Ecosystem services in urban areas. **Ecological Economics**, v. 29, n. 2, p. 293–301, 1999. DOI: 10.1016/S0921-8009(99)00013-0.

BROWN, Gregory. Mapping Spatial Attributes in Survey Research for Natural Resource Management: Methods and Applications. **Society & Natural Resources**, v. 18, n. 1, p. 17–39, 2004. DOI: 10.1080/08941920590881853.

BROWN, Gregory; REED, Patrick. Validation of a Forest Values Typology for Use in National Forest Planning. **Forest Science**, v. 46, n. 2, p. 240–247, 2000. DOI: 10.1093/forestscience/46.2.240. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/forestscience/46.2.240>.

BURKHARD, Benjamin; KROLL, Franziska; NEDKOV, Stoyan; MÜLLER, Felix. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. **Ecological Indicators**, v. 21, p. 17–29, 2012. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.06.019.

CAPRARIO, Jakcemara; RECH, Aline Schuck; TASCA, Fabiane Andressa; FINOTTI, Alexandra Rodrigues. Influence of drainage network and compensatory techniques on urban flooding susceptibility. **Water Science and Technology**, v. 79, n. 6, p. 1152–1163, 2019. DOI: 10.2166/wst.2019.113.

CARSON, Rachel Louise. **Silent Spring**. 1. ed. Houghton Mifflin, 1962.

CARVALHO, Camilla Rafaela; COSTA, Diego Elvis COLACIO; SILVA, Evandro Mendes; CORREIA, Noêmia Gonçalves Neves; PEREIRA, Rafael Henrique; BARBOSA, Thaynara Lourenço; JÚNIOR, Doge PALHARES; OTHERS. PROJETO HORTA SAUDÁVEL: CULTIVO DE HORTALIÇAS EM PEQUENOS ESPAÇOS RESIDENCIAIS EM GRANDES CENTROS URBANOS–MG. **Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 6, n. 2, 2016.

CAVAN, Gina et al. Urban morphological determinants of temperature regulating ecosystem services in two African cities. **Ecological Indicators**, v. 42, p. 43–57, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.01.025>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X14000338>.

CBH-AT; FUSP; FEHIDRO. Plano Da Bacia Hidrográfica Do Alto Tietê. **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê**, v. 1, 2009.

CEAGESP. **Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo**. 2022. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

CGE. **Pontos de Alagamentos**. , 2021. Disponível em: <https://www.cgesp.org/v3/>. Acesso em: 24 abr. 2023.

CHANG, Chi-Ru; LI, Ming-Huang; CHANG, Shyh-Dean. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. **Landscape and Urban Planning**, v. 80, n. 4, p. 386–395, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.09.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204606002076>.

CHAPARRO, Lydia; GO, Erik; LANGEMEYER, Johannes; NOWAK, David J.; TERRADAS, Jaume. Contribution of Ecosystem Services to Air Quality and Climate Change Mitigation Policies : The Case of Urban Forests in Barcelona , Spain. p. 466–479, 2020. DOI: 10.1007/s13280-014-0507-x.

CHEN, Feiyan; LI, Ling; NIU, Jiqiang; LIN, Aiwen; CHEN, Shiyu; HAO, Lin. Evaluating Ecosystem Services Supply and Demand Dynamics and Ecological Zoning Management in Wuhan, China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 13, 2019. DOI: 10.3390/ijerph16132332. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/13/2332>.

CHEN, Han-Shi; LIN, Ying-Chen; CHIUEH, Pei-Te. Nexus of ecosystem service-human health-natural resources: The nature-based solutions for urban PM2.5 pollution. **Sustainable Cities and Society**, v. 91, p. 104441, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104441>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670723000525>.

CHENG, Xin; VAN DAMME, Sylvie; LI, Luyuan; UYTENHOVE, Pieter. Evaluation of cultural ecosystem services: A review of methods. **Ecosystem Services**, v. 37, p. 100925, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100925>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041618303164>.

CHENG, Xin; VAN DAMME, Sylvie; UYTENHOVE, Pieter. A review of empirical studies of cultural ecosystem services in urban green infrastructure. **Journal of Environmental Management**, v. 293, p. 112895, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112895>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721009579>.

CHIQUETTO, Júlio B.; LEICHSENDRING, Alexandre R.; RIBEIRO, Flávia N. D.; RIBEIRO, Wagner C. Work, housing, and urban mobility in the megacity of São Paulo, Brazil. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 81, p. 101184, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101184>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038012121001762>.

CHOWDHURY, Koushik; BEHERA, Bhagirath. Economic significance of provisioning ecosystem services of traditional water bodies: Empirical evidences from West Bengal, India. **Resources, Environment and Sustainability**, v. 5, p. 100033, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2021.100033>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666916121000207>.

COPERNICUS. **Copernicus High Resolution Imperviousness degree**. , 2015. Disponível em: <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers>. Acesso em: 18 mar. 2023.

CORTINOVIS, Chiara; GENELETTI, Davide. A framework to explore the effects of urban planning decisions on regulating ecosystem services in cities. **Ecosystem Services**, v. 38, n. January 2018, p. 100946, 2019. DOI: 10.1016/j.ecoser.2019.100946.

CORTINOVIS, Chiara; GENELETTI, Davide. A performance-based planning approach integrating supply and demand of urban ecosystem services. **Landscape and Urban Planning**, v. 201, n. May, p. 103842, 2020. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.103842. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103842>.

CORTINOVIS, Chiara; ZULIAN, Grazia; GENELETTI, Davide. Assessing nature-based recreation to support urban green infrastructure planning in Trento (Italy). **Land**, v. 7, n. 4, 2018. DOI: 10.3390/land7040112.

COSTA, Christiane Gasparini Araújo; GARCIA, Mariana Tarricone; RIBEIRO, Silvana Maria; SALANDINI, Marcia Fernanda de Sousa; BÓGUS, Cláudia Maria. Hortas comunitárias como atividade promotora de saúde: uma experiência em Unidades Básicas de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, n. 10, p. 3099–3110, 2015. DOI: 10.1590/1413-812320152010.00352015.

COSTANZA, Robert et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253–260, 1997.

COX, Daniel T. C.; SHANAHAN, Danielle F.; HUDSON, Hannah L.; PLUMMER, Kate E.; SIRIWARDENA, Gavin M.; FULLER, Richard A.; ANDERSON, Karen; HANCOCK, Steven; GASTON, Kevin J. Doses of Neighborhood Nature: The Benefits for Mental Health of Living with Nature. **BioScience**, p. biw173, 2017. DOI: 10.1093/biosci/biw173.

CRUZ, J. A.; BLANCO, A. C.; GARCIA, J. J.; SANTOS, J. A.; MOSCOSO, A. D. Evaluation of the cooling effect of green and blue spaces on urban microclimate through numerical simulation: A case study of Iloilo River Esplanade, Philippines. **Sustainable Cities and Society**, v. 74, p. 103184, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103184>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670721004595>.

DE CARVALHO, Roberta Mendonça; SZLAFSZTEIN, Claudio Fabian. Urban vegetation loss and ecosystem services: The influence on climate regulation and noise and air pollution. **Environmental Pollution**, v. 245, p. 844–852, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.114>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749118305657>.

DE CASTRO MAZARRO, Alejandro; SIKDER, Sujit Kumar; PEDRO, Alexandra Aguiar. Spatializing inequality across residential built-up types: A relational geography of urban density in São Paulo, Brazil. **Habitat International**, v. 119, p. 102472, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2021.102472>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0197397521001612>.

DE GROOT, R. S.; ALKEMADE, R.; BRAAT, L.; HEIN, L.; WILLEMEN, L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. **Ecological Complexity**, v. 7, n. 3, p. 260–272, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1476945X09000968>.

DE GROOT, Rudolf S.; WILSON, Matthew A.; BOUMANS, Roelof M. J. **A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services** **Ecological Economics**. Disponível em: [www.elsevier.com/locate/ecocon](http://www.elsevier.com/locate/ecocon).

DE GROOT, Rudolf; VAN DER PERK, Johan; CHIESURA, Anna; VAN VLIET, Arnold. Importance and threat as determining factors for criticality of natural capital. **Ecological Economics**, v. 44, n. 2, p. 187–204, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00273-2](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00273-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800902002732>.

DE GUENNI, L. B.; CARDOSO, M.; GOLDAMMER, J.; HURTT, G.; MATA, L. J.; EBI, K.; HOUSE, J.; VALDES, J.; NORGAARD, R. Regulation of natural hazards: floods and fires. **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends**, v. 1, p. 441–454, 2005. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84923309223&partnerID=40&md5=5f17bef17673245277feb56aa6394b45>.

DE JESUS CRESPO, R.; WU, J.; MYER, M.; YEE, S.; FULFORD, R. Flood protection ecosystem services in the coast of Puerto Rico: Associations between extreme weather, flood hazard mitigation and gastrointestinal illness. **Science of the Total Environment**, v. 676, p. 343–355, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.287.

DEILAMI, Kaveh; KAMRUZZAMAN, Md.; LIU, Yan. Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 67, p. 30–42, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243417302994>.

DICK, Jan et al. Stakeholders' perspectives on the operationalisation of the ecosystem service concept: Results from 27 case studies. **Ecosystem Services**, v. 29, p. 552–565, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041616304661>.

DING, Tonghui; CHEN, Junfei; FANG, Liping; JI, Juan; FANG, Zhou. Urban ecosystem services supply-demand assessment from the perspective of the water-energy-food nexus. **Sustainable Cities and Society**, v. 90, p. 104401, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104401>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670723000124>.

DINIZ, Igor Ramon Fernandes; COUTINHO, Jarbele Cássia da Silva. Prototipação de uma interface para um aplicativo de plantio e cultivo de hortas residenciais. *Em: ANAIS DA ESCOLA POTIGUAR DE COMPUTAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES (EPOCA 2018) 2018, Anais [...]. : Sociedade Brasileira de Computação, 2018. p. 21–30. DOI: 10.5753/epoca.2018.13445.*

ELKIN, Mayer; MCLAREN, Duncan; HILLMAN, Mayer. **Reviving the City: towards sustainable urban development**. Continuum International Publishing, 1991.

EMBRAPA. **Mais de 80% da população brasileira habita 0,63% do território nacional**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28840923/mais-de-80-da-populacao-brasileira-habita-063-do-territorio-nacional>. Acesso em: 2 abr. 2023.

ESQUIVEL, Jocelyn; ECHEVERRÍA, Cristian; SALDAÑA, Alfredo; FUENTES, Rodrigo. High functional diversity of forest ecosystems is linked to high provision of water flow regulation ecosystem service. **Ecological Indicators**, v. 115, p. 106433, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106433>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X20303708>.

ESRI. **ArcGIS**. , 2023.

FCTH; PMSP. **Caderno de Bacia Hidrográfica: Bacia da Vila Leopoldina**. São Paulo. 2022 a.

FCTH; PMSP. **Caderno de Bacia Hidrográfica: Córrego do Sapateiro**. São Paulo. 2022 b.

FINATTO, Roberto Antônio; SALAMONI, Giancarla. Agricultura familiar e agroecologia: perfil da produção de base agroecológica do município de Pelotas/RS. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 2, p. 199–217, 2008. DOI: 10.1590/S1982-45132008000200012.

FRANK, Susanne; FÜRST, Christine; WITT, Anke; KOSCHKE, Lars; MAKESCHIN, Franz. Making use of the ecosystem services concept in regional planning—trade-offs from reducing water erosion. **Landscape Ecology**, v. 29, n. 8, p. 1377–1391, 2014. DOI: 10.1007/s10980-014-9992-3. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-014-9992-3>.

GAITHER, Cassandra Johnson; ARAGÓN, Amanda; MADDEN, Marguerite; ALFORD, Sheridan; WYNN, Aza; EMERY, Marla. “Black folks do forage”: Examining wild food gathering in Southeast Atlanta Communities. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 56, p. 126860, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126860>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866720306774>.

GARBA, Issa; ABDOURAHAMANE, Zakari Seybou. Extreme rainfall characterisation under climate change and rapid population growth in the city of Niamey, Niger. **Heliyon**, v. 9, n. 2, p. e13326, 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e13326.

GAUDERETO, GUILHERME LEITE; GALLARDO, AMARILIS LUCIA CASTELI FIGUEIREDO; FERREIRA, MAURÍCIO LAMANO; NASCIMENTO, ANA PAULA BRANCO DO; MANTOVANI, WALDIR. EVALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES AND MANAGEMENT OF URBAN GREEN AREAS: PROMOTING HEALTHY AND SUSTAINABLE CITIES. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, 2018. DOI: 10.1590/1809-4422asoc0120r3vu1814td.

GEOSAMPA. **Mapa Digital da Cidade de São Paulo**. 2017. Disponível em: [http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/\\_SBC.aspx#](http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx#).

GHOSH, Sumita. Urban agriculture potential of home gardens in residential land uses: A case study of regional City of Dubbo, Australia. **Land Use Policy**, v. 109, p. 105686, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105686>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837721004099>.

GIGOVIĆ, Ljubomir; PAMUČAR, Dragan; BAJIĆ, Zoran; DROBNJAK, Siniša. Application of GIS-Interval Rough AHP Methodology for Flood Hazard Mapping in Urban Areas. **Water**, v. 9, n. 6, p. 360, 2017. DOI: 10.3390/w9060360.

GILLHAM, Oliver. **The Limitless City: A Primer on the Urban Sprawl Debate**. Washington DC: Island Press, 2002.

GIL-LOPEZ, Tomas; MEDINA-MOLINA, Manuel; VERDU-VAZQUEZ, Amparo; MARTEL-RODRIGUEZ, Basilio. Acoustic and economic analysis of the use of palm tree pruning waste in noise barriers to mitigate the environmental impact of motorways. **Science of The Total Environment**, v. 584–585, p. 1066–1076, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.162>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717301791>.

GÓMEZ-BAGGETHUN, Erik; BARTON, David N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. **Ecological Economics**, v. 86, p. 235–245, 2013. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2012.08.019.

GOVERNO FEDERAL. **Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cidadania/pt-br/aceso-a-informacao/carta-de-servicos/desenvolvimento-social/inclusao-social-e-produtiva-rural/programa-nacional-de-agricultura-urbana-e-periurbana>. Acesso em: 13 maio. 2023.

GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R. An evapotranspiration-interception model for urban areas. **Water Resources Research**, v. 27, n. 7, p. 1739–1755, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1029/91WR00557>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/91WR00557>.

GUEDES, Fatima Becker; SEEHUSEN, Susan Edda. **Pagamento por Serviços Ambientais na Mata Atlântica**. 1. ed. Brasília - DF: MMA, 2011.

GUO, Chao; LI, Jiake; LI, Huairen; LI, Yajiao. Influences of stormwater concentration infiltration on soil nitrogen, phosphorus, TOC and their relations with enzyme activity in rain garden. **Chemosphere**, v. 233, p. 207–215, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.236>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519311579>.

GUTMAN, Pablo. Ecosystem services: Foundations for a new rural-urban compact. **Ecological Economics**, p. 383–387, 2007. DOI: 10.106.j.ecolecon.2007.02.027.

HAASE, Dagmar et al. A Quantitative Review of Urban Ecosystem Service Assessments: Concepts, Models, and Implementation. **AMBIO**, v. 43, n. 4, p. 413–433, 2014. DOI: 10.1007/s13280-014-0504-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0504-0>.

HANSEN, Rieke; FRANTZESKAKI, Niki; MCPHEARSON, Timon; RALL, Emily; KABISCH, Nadja; KACZOROWSKA, Anna; KAIN, Jaan Henrik; ARTMANN, Martina; PAULEIT, Stephan. The uptake of the ecosystem services concept in planning discourses of European and American cities. **Ecosystem Services**, v. 12, p. 228–246, 2015. DOI: 10.1016/j.ecoser.2014.11.013.

HE, Shan; SU, Yue; SHAHTAHMASSEBI, Amir Reza; HUANG, Lingyan; ZHOU, Mengmeng; GAN, Muye; DENG, Jinsong; ZHAO, Gen; WANG, Ke. Assessing and mapping cultural ecosystem services supply, demand and flow of farmlands in the Hangzhou metropolitan area, China. **Science of the Total Environment**, v. 692, p. 756–768, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.160.

HEGETSCHWEILER, K. Tessa; DE VRIES, Sjerp; ARNBERGER, Arne; BELL, Simon; BRENNAN, Michael; SITER, Nathan; OLAFSSON, Anton Stahl; VOIGT, Annette; HUNZIKER, Marcel. Linking demand and supply factors in identifying cultural ecosystem services of urban green infrastructures: A review of European studies. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 21, p. 48–59, 2017. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.11.002.

HIRONS, Mark; COMBERTI, Claudia; DUNFORD, Robert. Valuing Cultural Ecosystem Services. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 41, n. 1, p. 545–574, 2016. DOI: 10.1146/annurev-environ-110615-085831. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085831>.



HOWARD, M.; HATHAWAY, J. M.; TIRPAK, R. A.; LISENBEE, W. A.; SIMS, S. Quantifying urban tree canopy interception in the southeastern United States. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 77, p. 127741, 2022. DOI: 10.1016/j.ufug.2022.127741.

HUANG, Yijing; TIAN, Zhan; KE, Qian; LIU, Junguo; IRANNEZHAD, Masoud; FAN, Dongli; HOU, Meifang; SUN, Laixiang. Nature-based solutions for urban pluvial flood risk management. **WIREs Water**, v. 7, n. 3, p. e1421, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/wat2.1421>. Disponível em: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wat2.1421>.

HURLEY, Patrick T.; BECKER, Sarah; EMERY, Marla R.; DETWEILER, Jenna. Estimating the alignment of tree species composition with foraging practice in Philadelphia's urban forest: Toward a rapid assessment of provisioning services. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 68, p. 127456, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127456>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866721004830>.

IBGE. **Estimativas de População**. 2010. Disponível em: <https://www.emplasa.sp.gov.br/RMSP>. Acesso em: 14 jun. 2022.

IBGE. **Estimativas de população**. 2020. Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2020/estimativa\\_dou\\_2020.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2020/estimativa_dou_2020.pdf). Acesso em: 2 abr. 2023.

IBGE. **Estimativas de população residente no Brasil e Unidades da Federação**. , 2021. Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2021/estimativa\\_dou\\_2021.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2021/estimativa_dou_2021.pdf). Acesso em: 23 abr. 2023.

IBGE. **Mapas interativos**. 2023. Disponível em: <https://mapasinterativos.ibge.gov.br/densidade/>. Acesso em: 2 abr. 2023.

JACKSON, Michelle C.; WOODFORD, Darragh J.; WEYL, Olaf L. F. Linking key environmental stressors with the delivery of provisioning ecosystem services in the freshwaters of southern Africa. **Geo: Geography and Environment**, v. 3, n. 2, p. 1–12, 2016. DOI: 10.1002/geo2.26.

JACOBI, Pedro Roberto. São Paulo metrópole insustentável – como superar esta realidade? **Cadernos Metrópole**, v. 15, n. 29, p. 219–239, 2013.

JACOBS, Cor; KLOK, Lisette; BRUSE, Michael; CORTESÃO, João; LENZHOLZER, Sanda; KLUCK, Jeroen. Are urban water bodies really cooling? **Urban Climate**, v. 32, p. 100607, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100607>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095519301002>.

JAROSIEWICZ, Paweł; FAZI, Stefano; ZALEWSKI, Maciej. How to boost Ecohydrological Nature-Based Solutions in water quality management. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 22, n. 2, p. 226–233, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2021.11.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1642359321001154>.

JESSUP, Kelsey; PARKER, Sophie S.; RANDALL, John M.; COHEN, Brian S.; RODERICK-JONES, Rowan; GANGULY, Shona; SOURIAL, Jill. Planting Stormwater Solutions: A methodology for siting nature-based solutions for pollution capture, habitat

enhancement, and multiple health benefits. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 64, p. 127300, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127300>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866721003277>.

JIM, C. Y.; CHEN, Wendy Y. Ecosystem services and valuation of urban forests in China. **Cities**, v. 26, n. 4, p. 187–194, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2009.03.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275109000456>.

KABISCH, Nadja; STROHBACH, Michael; HAASE, Dagmar; KRONENBERG, Jakob. Urban green space availability in European cities. **Ecological Indicators**, v. 70, p. 586–596, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.029>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X16300504>.

KALANTARI, Zahra; FERREIRA, Carla Sofia Santos; KEESSTRA, Saskia; DESTOUNI, Georgia. Nature-based solutions for flood-drought risk mitigation in vulnerable urbanizing parts of East-Africa. **Current Opinion in Environmental Science and Health**, v. 5, p. 73–78, 2018. DOI: [10.1016/j.coesh.2018.06.003](https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.06.003). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.06.003>.

KAMITSIS, Ilias; FRANCIS, Andrew J. P. Spirituality mediates the relationship between engagement with nature and psychological wellbeing. **Journal of Environmental Psychology**, v. 36, p. 136–143, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.07.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494413000558>.

KAMIYAMA, Chiho; HASHIMOTO, Shizuka; KOHSAKA, Ryo; SAITO, Osamu. Non-market food provisioning services via homegardens and communal sharing in satoyama socio-ecological production landscapes on Japan's Noto peninsula. **Ecosystem Services**, v. 17, p. 185–196, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.01.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041616300018>.

KANDILIOTI, Georgia; MAKROPOULOS, Christos. Preliminary flood risk assessment: the case of Athens. **Natural Hazards**, v. 61, n. 2, p. 441–468, 2012. DOI: [10.1007/s11069-011-9930-5](https://doi.org/10.1007/s11069-011-9930-5).

KAPSALIS, Vasilis C.; KYRIAKOPOULOS, Grigorios L.; ARAVOSSIS, Konstantinos G. Investigation of Ecosystem Services and Circular Economy Interactions under an Inter-organizational Framework. **Energies**, v. 12, n. 9, 2019. DOI: [10.3390/en12091734](https://doi.org/10.3390/en12091734). Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/9/1734>.

KARRASCH, Leena. Matching an ecosystem services approach with social impact assessment. *Em*: **Handbook on Biodiversity and Ecosystem Services in Impact Assessment**. Edward Elgar Publishing Ltd., 2016. p. 86–112. DOI: [10.4337/9781783478996.00010](https://doi.org/10.4337/9781783478996.00010).

KATAKI, Sampriti; CHATTERJEE, Soumya; VAIRALE, Mohan G.; DWIVEDI, Sanjai K.; GUPTA, Dharmendra K. Constructed wetland, an eco-technology for wastewater treatment: A review on types of wastewater treated and components of the technology (macrophyte, biofilm and substrate). **Journal of Environmental Management**, v. 283, p. 111986, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111986>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721000487>.

KAZAKIS, Nerantzis; KOUGIAS, Ioannis; PATSIALIS, Thomas. Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region, Greece. **Science of The Total Environment**, v. 538, p. 555–563, 2015. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.08.055.

KONG, Fanhua et al. Energy saving potential of fragmented green spaces due to their temperature regulating ecosystem services in the summer. **Applied Energy**, v. 183, p. 1428–1440, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.09.070>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916313721>.

KOSANIC, Aleksandra; PETZOLD, Jan. A systematic review of cultural ecosystem services and human wellbeing. **Ecosystem Services**, v. 45, p. 101168, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101168>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041620301108>.

KREMER, Peleg; HAMSTEAD, Zoé A.; MCPHEARSON, Timon. The value of urban ecosystem services in New York City: A spatially explicit multicriteria analysis of landscape scale valuation scenarios. **Environmental Science & Policy**, v. 62, p. 57–68, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901116300879>.

LAWAL, Dano Umar; MATORI, Abdul Nasir; HASHIM, Ahmad Mustafa; WAN YUSOF, Khamaruzaman; CHANDIO, Imtiaz Ahmed. Detecting flood susceptible areas using GIS-based analytic hierarchy process. 2012.

LEITE, Michele Benetti; DE ANGUITA, Pablo Mart\`inez. Classificação das políticas públicas relacionadas com os serviços ecossistêmicos no território brasileiro. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 37, n. 1, p. 106–121, 2017.

LI, Ping; SHENG, Mingyang; YANG, D.; TANG, L. Evaluating flood regulation ecosystem services under climate, vegetation and reservoir influences. **Ecological Indicators**, v. 107, n. August, p. 105642, 2019. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105642. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105642>.

LI, Q. et al. Forest Bathing Enhances Human Natural Killer Activity and Expression of Anti-Cancer Proteins. **International Journal of Immunopathology and Pharmacology**, v. 20, n. 2\_suppl, p. 3–8, 2007. DOI: 10.1177/03946320070200S202.

LIMNIOS, Giorgia; FURLAN, Sueli Ângelo. Parques urbanos no município de São Paulo - SP (Brasil): Espacialização e demanda social. **Revista LABVERDE**, v. 0, n. 6, p. 173, 2013. DOI: 10.11606/issn.2179-2275.v0i6p173-189.

LIU, Wen; FENG, Qi; ENGEL, Bernard A.; YU, Tengfei; ZHANG, Xin; QIAN, Yuguo. A probabilistic assessment of urban flood risk and impacts of future climate change. **Journal of Hydrology**, v. 618, p. 129267, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129267>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169423002093>.

LIU, Zhenhuan; HUANG, Qiandu; YANG, Haiyan. Supply-demand spatial patterns of park cultural services in megalopolis area of Shenzhen, China. **Ecological Indicators**, v. 121, p. 107066, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107066>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X20310050>.

LIVESLEY, S. J.; BAUDINETTE, B.; GLOVER, D. Rainfall interception and stem flow by eucalypt street trees – The impacts of canopy density and bark type. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 13, n. 1, p. 192–197, 2014. DOI: 10.1016/j.ufug.2013.09.001.

LONGATO, Davide; CORTINOVIS, Chiara; ALBERT, Christian; GENELETTI, Davide. Practical applications of ecosystem services in spatial planning: Lessons learned from a systematic literature review. **Environmental Science & Policy**, v. 119, p. 72–84, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.02.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901121000344>.

LONGATO, Davide; CORTINOVIS, Chiara; BALZAN, Mario; GENELETTI, Davide. A method to prioritize and allocate nature-based solutions in urban areas based on ecosystem service demand. **Landscape and Urban Planning**, v. 235, p. 104743, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104743>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204623000622>.

LOURDES, Karen T.; GIBBINS, Chris N.; HAMEL, Perrine; SANUSI, Ruzana; AZHAR, Badrul; LECHNER, Alex M. **A review of urban ecosystem services research in southeast asia**. LandMDPI AG, , 2021. DOI: 10.3390/land10010040.

LUEDERITZ, Christopher et al. A review of urban ecosystem services: six key challenges for future research. **Ecosystem Services**, v. 14, p. 98–112, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.05.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041615300024>.

MACHADO, Aline Ribeiro; CAVANI, Ana Candida Melo; SOUZA, Caroline Almeida; SOLERA, Maria Lucia; LONGO, Mariana Hortelani Carneseca; VELASCO, Giuliana Del Nero; IKEMATSU, Priscila; AMARAL, Raquel Dias Aguiar Moraes. **Guia Metodológico para Implantação de Infraestrutura Verde**. São Paulo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, , 2020.

MANOLI, Gabriele; FATICHI, Simone; SCHLÄPFER, Markus; YU, Kailiang; CROWTHER, Thomas W.; MEILI, Naika; BURLANDO, Paolo; KATUL, Gabriel G.; BOUZEID, Elie. Magnitude of urban heat islands largely explained by climate and population. **Nature**, v. 573, n. 7772, p. 55–60, 2019. DOI: 10.1038/s41586-019-1512-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1512-9>.

MARAGNO, Denis; GAGLIO, Mattias; ROBBI, Martina; APPIOTTI, Federica; FANO, Elisa Anna; GISSI, Elena. Fine-scale analysis of urban flooding reduction from green infrastructure: An ecosystem services approach for the management of water flows. **Ecological Modelling**, v. 386, p. 1–10, 2018. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2018.08.002.

MARANDO, Federica; SALVATORI, Elisabetta; SEBASTIANI, Alessandro; FUSARO, Lina; MANES, Fausto. Regulating Ecosystem Services and Green Infrastructure: assessment of Urban Heat Island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy. **Ecological Modelling**, v. 392, p. 92–102, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.11.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380018303995>.

MARTINS, Guilherme Nogueira; NASCIMENTO, Ana Paula Branco Do; FRANCO, Maria Solange. PLANTAS CULTIVADAS EM HORTAS RESIDENCIAIS: CONTRIBUIÇÕES

PARA A SUSTENTABILIDADE EM UMA CIDADE DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, BRASIL. **Revista Biodiversidade**, v. 20, n. 3, p. 13–30, 2021.

MENCONI, M. E.; HELAND, L.; GROHMANN, D. Learning from the gardeners of the oldest community garden in Seattle: Resilience explained through ecosystem services analysis. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 56, p. 126878, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126878>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866720306956>.

MENUCHI, Carlos Alexandre Trindade Pinheiro. **Análise das oportunidades e desafios no uso de Soluções baseadas na Natureza como medidas complementares ao "Programa Novo Rio Pinheiros" na cidade de São Paulo**. 2021. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. DOI: 10.11606/D.6.2021.tde-18032022-164419.

MIDDLE, Isaac; DZIDIC, Peta; BUCKLEY, Amma; BENNETT, Dawn; TYE, Marian; JONES, Roy. Integrating community gardens into public parks: An innovative approach for providing ecosystem services in urban areas. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 13, n. 4, p. 638–645, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.09.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866714000958>.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being : synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.

MONTEIRO, Renato; FERREIRA, José C.; ANTUNES, Paula. Green infrastructure planning principles: An integrated literature review. **Land**, v. 9, n. 12, p. 1–19, 2020. DOI: 10.3390/land9120525.

MORAIS, Marcelo Alonso. OS ESPAÇOS NAS ESTRATÉGIAS DOS GRUPOS URBANDISTAS PARA O EXERCÍCIO DE CIDADANIA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Revista de Geografia**, Recife, v. 35, n. 1, p. 219–235, 2018. Disponível em: <http://www.revista.ufpe.br/revistageografia>.

NAPOLI, Marco; MASSETTI, Luciano; BRANDANI, Giada; PETRALLI, Martina; ORLANDINI, Simone. Modeling Tree Shade Effect on Urban Ground Surface Temperature. **Journal of Environmental Quality**, v. 45, n. 1, p. 146–156, 2016. DOI: 10.2134/jeq2015.02.0097.

NASCIMENTO, Shirley G. S.; BECKER, Cláudio; SILVA, Fernanda Novo; CALDAS, Nádia Velleda; ÁVILA, Mariana R. De. Produção agroecológica e Segurança Alimentar e Nutricional. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, 2019.

NESBITT, Lorien; HOTTE, Ngaio; BARRON, Sara; COWAN, Judith; SHEPPARD, Stephen R. J. The social and economic value of cultural ecosystem services provided by urban forests in North America: A review and suggestions for future research. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 25, p. 103–111, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.05.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866717300456>.

NIU, Xiaotao; FAN, Jun; DU, Mengge; DAI, Zijun; LUO, Ruihua; YUAN, Hongyou; ZHANG, Shougang. Changes of Rainfall Partitioning and Canopy Interception Modeling after Progressive Thinning in Two Shrub Plantations on the Chinese Loess Plateau. **Journal of Hydrology**, v. 619, p. 129299, 2023. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.129299.

NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; HODNETT, M.; RENNÓ, C. D.; RODRIGUES, G.; SILVEIRA, A.; WATERLOO, M.; SALESKA, S. Height Above the Nearest Drainage - a hydrologically relevant new terrain model. **Journal of Hydrology**, v. 404, n. 1–2, p. 13–29, 2011. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2011.03.051.

NOOR, Muhammad; ISMAIL, Tarmizi; SHAHID, Shamsuddin; ASADUZZAMAN, Md.; DEWAN, Ashraf. Projection of rainfall intensity-duration-frequency curves at ungauged location under climate change scenarios. **Sustainable Cities and Society**, v. 83, p. 103951, 2022. DOI: 10.1016/j.scs.2022.103951.

NOWAK, David J.; CRANE, Daniel E.; STEVENS, Jack C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 4, n. 3–4, p. 115–123, 2006. DOI: 10.1016/j.ufug.2006.01.007.

NOWAK, David J.; HIRABAYASHI, Satoshi; BODINE, Allison; GREENFIELD, Eric. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. **Environmental Pollution**, v. 193, p. 119–129, 2014. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.05.028.

NOWAK-OLEJNIK, Agnieszka; SCHIRPKE, Uta; TAPPEINER, Ulrike. A systematic review on subjective well-being benefits associated with cultural ecosystem services. **Ecosystem Services**, v. 57, p. 101467, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101467>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041622000638>.

ONU. **Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 4 jul. 2023.

PACETTI, Tommaso; CIOLI, Simona; CASTELLI, Giulio; BRESCI, Elena; PAMPALONI, Matteo; PILEGGI, Tiziana; CAPORALI, Enrica. Planning Nature Based Solutions against urban pluvial flooding in heritage cities: A spatial multi criteria approach for the city of Florence (Italy). **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 41, p. 101081, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101081>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581822000945>.

PALMA, Maykon Ivan. **O MAPA DE RUÍDO COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO: O CASO DA POLUIÇÃO SONORA CAUSADA PELOS AUTOMÓVEIS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**. 2018. Mestrado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

PARK, Chae Yeon; PARK, Yoon Sun; KIM, Ho Gul; YUN, Seok Hwan; KIM, Choong-Ki. Quantifying and mapping cooling services of multiple ecosystems. **Sustainable Cities and Society**, v. 73, p. 103123, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103123>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670721004054>.

PCRJ. Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade do Rio de Janeiro 2015. p. 1–448.

PHILLIPS, Steven J.; DUDÍK, Miroslav; SCHAPIRE, Robert E. **[Internet] Maxent software for modeling species niches and distributions**. , 2023. Disponível em: [https://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/).

PICKARD, Brian R.; DANIEL, Jessica; MEHAFFEY, Megan; JACKSON, Laura E.; NEALE, Anne. EnviroAtlas: A new geospatial tool to foster ecosystem services science and resource management. **Ecosystem Services**, v. 14, p. 45–55, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.04.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041615000534>.

PIRES DE SOUZA ARAUJO, Ana Carolina; SOUZA DOS SANTOS, Daniel; LINS-DE-BARROS, Flávia; DE SOUZA HACON, Sandra. Linking ecosystem services and human health in coastal urban planning by DPSIWR framework. **Ocean & Coastal Management**, v. 210, p. 105728, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105728>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096456912100212X>.

PLEASANT, Mary M.; GRAY, Steven A.; LEPCZYK, Christopher; FERNANDES, Anthea; HUNTER, Nathan; FORD, Derek. Managing cultural ecosystem services. **Ecosystem Services**, v. 8, p. 141–147, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.03.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041614000266>.

PMSP. **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo**. São Paulo, 2014. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/plano-diretor/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

PMSP. **Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050**. São Paulo, 2021. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/governo/secretaria\\_executiva\\_de\\_mudancas\\_climaticas/arquivos/planclimas/PlanClimaSP\\_BaixaResolucao.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/governo/secretaria_executiva_de_mudancas_climaticas/arquivos/planclimas/PlanClimaSP_BaixaResolucao.pdf). Acesso em: 12 maio. 2023.

PMSP; SVMA. **Plano Municipal de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres**. São Paulo.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 43–60, 2008. DOI: 10.1590/S0103-40142008000200004.

POSNER, Stephen M.; MCKENZIE, Emily; RICKETTS, Taylor H. Policy impacts of ecosystem services knowledge. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 7, p. 1760–1765, 2016. DOI: 10.1073/pnas.1502452113. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1502452113>.

PRUDENTE, Eunice Aparecida de Jesus. Em busca das raízes das nossas desigualdades sociais. **Augusto Guzzo Revista Acadêmica**, n. 7, p. 34–43, 2005.

QUADROS, Waldir. Gênero e raça na desigualdade social brasileira recente. **Estudos Avançados**, v. 18, n. 50, p. 95–117, 2004. DOI: 10.1590/S0103-40142004000100010.

RIECHERS, Maraja; BARKMANN, Jan; TSCHARNTKE, Teja. Perceptions of cultural ecosystem services from urban green. **Ecosystem Services**, v. 17, p. 33–39, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.11.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041615300589>.

RIMBA, Andi; SETIAWATI, Martiwi; SAMBAH, Abu; MIURA, Fusanori. Physical Flood Vulnerability Mapping Applying Geospatial Techniques in Okazaki City, Aichi Prefecture, Japan. **Urban Science**, v. 1, n. 1, p. 7, 2017. DOI: 10.3390/urbansci1010007.

ROBERTS, William M.; COULDRICK, Laurence B.; WILLIAMS, Gareth; ROBINS, Dawn; COOPER, Dave. Mapping the potential for Payments for Ecosystem Services schemes to improve water quality in agricultural catchments: A multi-criteria approach based on the supply and demand concept. **Water Research**, v. 206, p. 117693, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117693>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135421008873>.

RONCHI, Silvia; ARCIDIACONO, Andrea; POGLIANI, Laura. Integrating green infrastructure into spatial planning regulations to improve the performance of urban ecosystems. Insights from an Italian case study. **Sustainable Cities and Society**, v. 53, p. 101907, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101907>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670719310315>.

RUCKELSHAUS, Mary et al. Notes from the field: Lessons learned from using ecosystem service approaches to inform real-world decisions. **Ecological Economics**, v. 115, p. 11–21, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.07.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800913002498>.

RUSSO, Alessio; ESCOBEDO, Francisco J.; CIRELLA, Giuseppe T.; ZERBE, Stefan. Edible green infrastructure: An approach and review of provisioning ecosystem services and disservices in urban environments. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 242, p. 53–66, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.026>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880917301457>.

SAMII, Cyrus; LISIECKI, Matthew; KULKARNI, Parashar; PALER, Laura; CHAVIS, Larry; SNILSTVEIT, Birte; VOJTKOVA, Martina; GALLAGHER, Emma. Effects of Payment for Environmental Services (PES) on Deforestation and Poverty in Low and Middle Income Countries: A Systematic Review. **Campbell Systematic Reviews**, v. 10, n. 1, p. 1–95, 2014. DOI: 10.4073/csr.2014.11.

SCHMIDT, Katja; SACHSE, René; WALZ, Ariane. Current role of social benefits in ecosystem service assessments. **Landscape and Urban Planning**, v. 149, p. 49–64, 2016. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2016.01.005.

SEABRA, Odete Carvalho de Lima. **Os meandros dos Rios nos Meandros do Poder Tietê e Pinheiros: Valorização dos Rios e das Várzeas na cidade de de São Paulo**. 1987. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

SEADE. **Índice Paulista de Vulnerabilidade Social** . , 2010. Disponível em: <https://ipvs.seade.gov.br/view/index.php?prodCod=2>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SHEN, Zhong-Jian; ZHANG, Bing-Hua; XIN, Ru-Hong; LIU, Jun-Yang. Examining supply and demand of cooling effect of blue and green spaces in mitigating urban heat island effects: A case study of the Fujian Delta urban agglomeration (FDUA), China. **Ecological Indicators**, v. 142, p. 109187, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109187>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X22006598>.

SHI, Yishao; SHI, Donghui; ZHOU, Liangliang; FANG, Ruibo. Identification of ecosystem services supply and demand areas and simulation of ecosystem service flows in Shanghai. **Ecological Indicators**, v. 115, p. 106418, 2020. DOI:



<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106418>. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X20303551>.

SILVA, Vitor Fabiano; CARNEIRO, Leonardo de Oliveira. A FESTA DE PRETO-VELHO NO PARQUE DA LAJINHA. **Revista de Geografia PPGE**, Juiz de Fora, p. 1–13, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/17971/9278>.

SILVEIRA, Samuel João Da; OLIVEIRA, Francisco Henrique De; SCHUCH, Fernanda Simoni. ÁREA VERDE MÍNIMA PARA LOTEAMENTOS SUSTENTÁVEIS SEGUNDO O CICLO HIDROLÓGICO. **Arquitetura Revista**, v. 16, n. 1, 2019. DOI: 10.4013/arq.2020.161.02.

SIURB. **Secretaria de Obras publica novos Cadernos de Drenagem**. 2021. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/noticias/?p=316050>. Acesso em: 1 maio. 2023.

SKELHORN, Cynthia; LINDLEY, Sarah; LEVERMORE, Geoff. The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city: A fine scale assessment in Manchester, UK. **Landscape and Urban Planning**, v. 121, p. 129–140, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.09.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204613001916>.

SODIQ, Ahmed; BALOCH, Ahmer A. B.; KHAN, Shoukat Alim; SEZER, Nurettin; MAHMOUD, Seif; JAMA, Mohamoud; ABDELAAL, Ali. **Towards modern sustainable cities: Review of sustainability principles and trends**. **Journal of Cleaner Production** Elsevier Ltd, , 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.04.106.

SONG, Chorong; IKEI, Harumi; IGARASHI, Miho; MIWA, Masayuki; TAKAGAKI, Michiko; MIYAZAKI, Yoshifumi. Physiological and psychological responses of young males during spring-time walks in urban parks. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 33, n. 1, p. 8, 2014. DOI: 10.1186/1880-6805-33-8.

SONG, Shuang; LIM, Miao Shan; RICHARDS, Daniel Rex; TAN, Hugh Tiang Wah. Utilization of the food provisioning service of urban community gardens: Current status, contributors and their social acceptance in Singapore. **Sustainable Cities and Society**, v. 76, p. 103368, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103368>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670721006430>.

SOUZA, Bárbara Oliveira. **Aquilombar-se : panorama histórico, identitário e político do Movimento Quilombola Brasileiro**. 2008. Mestrado - Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/2130>.

SPANGENBERG, Jörg; SHINZATO, Paula; JOHANSSON, Erik; DUARTE, Denise. SIMULATION OF THE INFLUENCE OF VEGETATION ON MICROCLIMATE AND THERMAL COMFORT IN THE CITY OF SÃO PAULO. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 3, n. 2, p. 1, 2019. DOI: 10.5380/revsbau.v3i2.66265.

STANFORD UNIVERSITY. **Invest (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs)**. , 2023. Disponível em: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest-models/urban-cooling>. Acesso em: 13 mar. 2023.

STESSENS, Philip; KHAN, Ahmed Z.; HUYSMANS, Marijke; CANTERS, Frank. Analysing urban green space accessibility and quality: A GIS-based model as spatial decision support for urban ecosystem services in Brussels. **Ecosystem Services**, v. 28, p. 328–340, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041616303898>.

STOYCHEVA, Vanya; GENELETTI, Davide. A review of regulating ecosystem services in the context of urban planning. **Journal of the Bulgarian Geographical Society**, v. 48, p. 27–42, 2023. DOI: 10.3897/jbgs.e93499.

SUN, Xiang; TAN, Xingyu; CHEN, Keliang; SONG, Shuang; ZHU, Xiaodong; HOU, Donglin. Quantifying landscape-metrics impacts on urban green-spaces and water-bodies cooling effect: The study of Nanjing, China. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 55, p. 126838, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126838>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866720306555>.

SUPERFISKY, Kat. The Nature of Infrastructure: How Imperiled Ecosystems Like the Los Angeles River Provide Cultural Ecosystem Services and Health Benefits to Urban Residents. *Em*: DELLASALA, Dominick A.; GOLDSTEIN, Michael I. (org.). **Imperiled: The Encyclopedia of Conservation**. Oxford: Elsevier, 2022. p. 209–215. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821139-7.00205-1>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128211397002051>.

TAKÁCS, Ágnes; KISS, Márton; HOF, Angela; TANÁCS, Eszter; GULYÁS, Ágnes; KÁNTOR, Noémi. Microclimate Modification by Urban Shade Trees – An Integrated Approach to Aid Ecosystem Service Based Decision-making. **Procedia Environmental Sciences**, v. 32, p. 97–109, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616001419>.

TAMM, Ottar; SAAREMÄE, Egle; RAHKEMA, Kristiina; JAAGUS, Jaak; TAMM, Toomas. The intensification of short-duration rainfall extremes due to climate change – Need for a frequent update of intensity–duration–frequency curves. **Climate Services**, v. 30, p. 100349, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100349>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405880723000109>.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/ Editora da UFRGS, 1997. v. 4

TZOULAS, Konstantinos; KORPELA, Kalevi; VENN, Stephen; YLI-PELKONEN, Vesa; KAŹMIERCZAK, Aleksandra; NIEMELA, Jari; JAMES, Philip. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. **Landscape and Urban Planning**, v. 81, n. 3, p. 167–178, 2007. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2007.02.001.

UNGUENDOLI, Silvia; BIOLCHI, Luis Germano; AGUZZI, Margherita; PILLAI, Umesh Pranavam Ayyappan; ALESSANDRI, Jacopo; VALENTINI, Andrea. A modeling application of integrated nature based solutions (NBS) for coastal erosion and flooding mitigation in the Emilia-Romagna coastline (Northeast Italy). **Science of The Total Environment**, v. 867, p. 161357, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161357>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722084613>.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **EnviroAtlas**. 2023. Disponível em: <https://www.epa.gov/enviroatlas>.

USDA FOREST SERVICE. **i-Tree**. , 2006. Disponível em: <https://www.itreetools.org/>. Acesso em: 13 mar. 2023.

VYMAZAL, Jan. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Five Decades of Experience. **Environmental Science & Technology**, v. 45, n. 1, p. 61–69, 2011. DOI: 10.1021/es101403q. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/es101403q>.

WANG, Huoqing; SUN, Yuepeng; ZHANG, Lixun; WANG, Wenying; GUAN, Yuntao. Enhanced nitrogen removal and mitigation of nitrous oxide emission potential in a lab-scale rain garden with internal water storage. **Journal of Water Process Engineering**, v. 42, p. 102147, 2021. a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102147>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714421002348>.

WANG, Wenjing; WU, Tong; LI, Yuanzheng; ZHENG, Hua; OUYANG, Zhiyun. Matching Ecosystem Services Supply and Demand through Land Use Optimization: A Study of the Guangdong-Hong Kong-Macao Megacity. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 5, p. 2324, 2021. b. DOI: 10.3390/ijerph18052324.

WANG, Yafei; BAKKER, Frank; DE GROOT, Rudolf; WÖRTCHE, Heinrich. Effect of ecosystem services provided by urban green infrastructure on indoor environment: A literature review. **Building and Environment**, v. 77, p. 88–100, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013231400081X>.

WANG, Yasha; OUYANG, Wanlu. Investigating the heterogeneity of water cooling effect for cooler cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 75, p. 103281, 2021. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103281.

WANG, Zikang; GUO, Jing; LING, Hongbo; HAN, Feifei; KONG, Zijie; WANG, Wenqi. Function zoning based on spatial and temporal changes in quantity and quality of ecosystem services under enhanced management of water resources in arid basins. **Ecological Indicators**, v. 137, p. 108725, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108725>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X22001960>.

WANGAI, Peter Waweru; BURKHARD, Benjamin; MÜLLER, Felix. **A review of studies on ecosystem services in Africa**. **International Journal of Sustainable Built Environment** Elsevier B.V., , 2016. DOI: 10.1016/j.ijbsbe.2016.08.005.

WANGHE, Kunyuan; GUO, Xinle; AHMAD, Shahid; TIAN, Fei; NABI, Ghulam; IGOREVICH STRELNIKOV, Ivan; LI, Kemao; ZHAO, Kai. FRESF model: An ArcGIS toolbox for rapid assessment of the supply, demand, and flow of flood regulation ecosystem services. **Ecological Indicators**, v. 143, p. 109264, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109264>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X22007361>.

WERKER, A. G.; DOUGHERTY, J. M.; MCHENRY, J. L.; VAN LOON, W. A. Treatment variability for wetland wastewater treatment design in cold climates. **Ecological Engineering**, v. 19, n. 1, p. 1–11, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(02\)00016-2](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(02)00016-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857402000162>.

WESTMAN, Walter Emil. How much are nature's services worth? *Science*, p. 960–964, 1977.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Urban green spaces and health**. WHO Regional Office for Europe Copenhagen, 2016.

WU, Zhijie; ZHANG, Yixin. Water Bodies' Cooling Effects on Urban Land Daytime Surface Temperature: Ecosystem Service Reducing Heat Island Effect. *Sustainability*, v. 11, n. 3, p. 787, 2019. DOI: 10.3390/su11030787.

XUE, Xingyu; HE, Tao; XU, Liuchang; TONG, Cheng; YE, Yang; LIU, Hongjiu; XU, Dayu; ZHENG, Xinyu. Quantifying the spatial pattern of urban heat islands and the associated cooling effect of blue–green landscapes using multisource remote sensing data. *Science of The Total Environment*, v. 843, p. 156829, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156829>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722039262>.

YAN, Yanyun; JAUNG, Wanggi; RICHARDS, Daniel R.; CARRASCO, L. Roman. Where did the ecosystem services value go? Adaptive supply, demand and valuation of new urban green spaces. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 187, p. 106616, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106616>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344922004499>.

YAO, Jing; CHEN, Nina; LIU, Miao; CHEN, Wei; HE, Xingyuan. An analysis of the co-benefits of the supply–demand for multiple ecosystem services for guiding sustainable urban development. *Ecological Indicators*, v. 147, p. 109917, 2023. a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109917>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X23000596>.

YAO, Lingye; SAILOR, David J.; ZHANG, Xiang; WANG, Junsong; ZHAO, Lihua; YANG, Xiaoshan. Diurnal pattern and driving mechanisms of the thermal effects of an urban pond. *Sustainable Cities and Society*, v. 91, p. 104407, 2023. b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104407>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670723000185>.

ZANDERSEN, Marianne; ODDERSHEDE, Jakob Stoktoft; PEDERSEN, Anders Branth; NIELSEN, Helle Ørsted; TERMANSEN, Mette. Nature Based Solutions for Climate Adaptation - Paying Farmers for Flood Control. *Ecological Economics*, v. 179, 2021. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2020.106705.

ZARDO, L.; GENELETTI, D.; PÉREZ-SOBA, M.; EUPEN, M. Van. Estimating the cooling capacity of green infrastructures to support urban planning. *Ecosystem Services*, v. 26, p. 225–235, 2017. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.06.016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.016>.

ZAWADZKA, J. E.; HARRIS, J. A.; CORSTANJE, R. Assessment of heat mitigation capacity of urban greenspaces with the use of InVEST urban cooling model, verified with day-time land surface temperature data. *Landscape and Urban Planning*, v. 214, p. 104163, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104163>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204621001262>.

ZAWADZKA, Joanna; GALLAGHER, Elaine; SMITH, Heather; CORSTANJE, Ron. Ecosystem services from combined natural and engineered water and wastewater treatment systems: Going beyond water quality enhancement. **Ecological Engineering**, v. 142, p. 100006, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoena.2019.100006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590290319300069>.

ZENG, Jie; CUI, Xinyu; CHEN, Wanxu; YAO, Xiaowei. Impact of urban expansion on the supply-demand balance of ecosystem services: An analysis of prefecture-level cities in China. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 99, p. 107003, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.107003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925522002694>.

ZHAO, Yuhao; WANG, Na; LUO, Yuhang; HE, Haishan; WU, Lei; WANG, Hongliang; WANG, Qingtao; WU, Jiansheng. Quantification of ecosystem services supply-demand and the impact of demographic change on cultural services in Shenzhen, China. **Journal of Environmental Management**, v. 304, 2022. DOI: [10.1016/j.jenvman.2021.114280](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114280).

ZHENG, Yaoyao; LI, Yao; HOU, Hao; MURAYAMA, Yuji; WANG, Ruci; HU, Tangao. Quantifying the Cooling Effect and Scale of Large Inner-City Lakes Based on Landscape Patterns: A Case Study of Hangzhou and Nanjing. **Remote Sensing**, v. 13, n. 8, p. 1526, 2021. DOI: [10.3390/rs13081526](https://doi.org/10.3390/rs13081526).

ZHOU, Wen; CAO, Wei; WU, Tao; ZHANG, Ting. The win-win interaction between integrated blue and green space on urban cooling. **Science of The Total Environment**, v. 863, p. 160712, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160712>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722078159>.

ZHOU, Y.; GAO, W.; YANG, C.; SHEN, Y. Exploratory analysis of the influence of landscape patterns on lake cooling effect in Wuhan, China. **Urban Climate**, v. 39, 2021. DOI: [10.1016/j.uclim.2021.100969](https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100969). Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85113730138&doi=10.1016%2fj.uclim.2021.100969&partnerID=40&md5=778b9c612f28c1b55504172c325ebb2a>.

ZHOU, Yuan; WU, Xuefei. Identification of priority areas for green stormwater infrastructure based on supply and demand evaluation of flood regulation service. **Environmental Development**, v. 45, p. 100815, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100815>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211464523000155>.

ZITER, Carly. The biodiversity–ecosystem service relationship in urban areas: a quantitative review. **Oikos**, v. 125, n. 6, p. 761–768, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/oik.02883>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/oik.02883>.

ZWIERZCHOWSKA, Iwona; HOF, Angela; IOJĂ, Ioan-Cristian; MUELLER, Christian; PONIŻY, Lidia; BREUSTE, Juergen; MIZGAJSKI, Andrzej. Multi-scale assessment of cultural ecosystem services of parks in Central European cities. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 30, p. 84–97, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.12.017>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866717304442>.