

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIDADES INTELIGENTES E
SUSTENTÁVEIS**

GRACIELLI FOLLI MONTEIRO

**INFRAESTRUTURA VERDE URBANA E O POTENCIAL DE OFERTA DE SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS PARA ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA: ANÁLISE DO USO DO SOLO
DO BAIRRO PINHEIROS (SÃO PAULO)**

São Paulo

2022

GRACIELLI FOLLI MONTEIRO

**INFRAESTRUTURA VERDE URBANA E O POTENCIAL DE OFERTA DE SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS PARA ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA: ANÁLISE DO USO DO SOLO
DO BAIRRO PINHEIROS (SÃO PAULO)**

**GREEN URBAN INFRASTRUCTURE AND THE POTENTIAL FOR OFFERING
ECOSYSTEM SERVICES FOR CLIMATE ADAPTATION: LAND USE ANALYSIS OF
THE PINHEIROS NEIGHBORHOOD (SÃO PAULO)**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Cidades Inteligentes e Sustentáveis

Orientadora: Profa. Dra. AMARILIS LUCIA CASTELI FIGUEIREDO GALLARDO

São Paulo

2022

Monteiro, Gracielli Folli.

Infraestrutura verde urbana e o potencial de oferta de serviços ecossistêmicos para adaptação climática: análise do uso do solo do bairro Pinheiros (São Paulo). / Gracielli Folli Monteiro. 2022.

73 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2022.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo.

1. Soluções baseadas na natureza. 2. Serviços ecossistêmicos. 3. Planejamento Urbano. 4. Adaptação baseada em ecossistemas.

I. Gallardo, Amarilis Lucia Casteli Figueiredo. II. Título.

GRACIELLI FOLLI MONTEIRO

**INFRAESTRUTURA VERDE URBANA E O POTENCIAL DE OFERTA DE
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS PARA ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA: ANÁLISE DO
USO DO SOLO DO BAIRRO PINHEIROS (SÃO PAULO)**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Cidades Inteligentes e Sustentáveis

São Paulo, 05 de dezembro de 2022.

PRESIDENTE Profa. Profa. Dra. Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo - ORIENTADORA
Universidade Nove de Julho – UNINOVE

MEMBRO Profa. Dra. Tatiana Tucunduva Philippi Cortese
Universidade Nove de Julho – UNINOVE

MEMBRO Profa. Dra Ana Paula Branco Nascimento
Universidade São Judas

São Paulo

2022

Para todos os ecossistemas...

Aqui deixo quatro importantes lições espirituais que podemos aprender das árvores que Deus plantou.

1 - Vire-se para a luz

“As árvores crescem em direção à luz”

2 - Crie raízes

“Árvores plantadas junto a ribeiros de águas, meditam”

3 - Produza frutos

“O fruto do Espírito é amor, gozo, paz, longevidade, benignidade, bondade, fé, mansidão e temperança”

4 - Pensar a longo prazo

“As folhas da árvore são para a cura das nações”

Evangelho Segundo Espiritismo

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a minha professora orientadora Profa. Dra. Amarilis Lucia Casteli F. Gallardo, pela paciência, generosidade na condução e profissionalismo, desde o primeiro instante.

Agradeço ao Diretor do Programa Wilson Levy, pela oportunidade de crescimento e infinitas lições de humanidade que aprendi.

Agradeço a Bolsa de Estudos que recebi do programa para completar os estudos, que me ajudou a percorrer o caminho em muitos momentos e me possibilitou estudar um módulo internacional em Israel.

Agradeço a todos os meus professores do curso de Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, principalmente a Profa. Dra Andreza Portella Ribeiro por todas as aulas, *lives* e bancas que participamos nesse tempo do curso.

Agradeço aos meus avaliadores Guilherme Leite Gaudereto e Michele Cavalcanti Toledo na pré-banca e na qualificação e por suas sugestões e modificações propostas.

Agradeço as minhas avaliadoras de Defesa do Mestrado Profa. Dra Tatiana Tucunduva Philippi Cortese e Profa. Dra Ana Paula Branco Nascimento.

Agradeço a todos meus colegas de turma, aos que tive o privilégio de ajudar e contribuir, e imensamente aos que comigo estiveram na jornada.

Agradeço a toda rede de conexões com meus autores estudados e a infinidade de métodos que tive contato e pude experimentar.

Agradeço a todos os assuntos e temas que tive contato na pesquisa, os que aprendi, os que tive que deixar ir, pois não teria espaço para todos eles nesta tese.

Agradeço a minha família que mesmo com minha ausência, festeja meus triunfos.

Agradeço ter passado ilesa pela pandemia de Covid-19 e ter podido com o confinamento, completar uma pós-graduação, muitos cursos e palestras *on-line* e atingir o título de mestre.

A todos que participaram desta trajetória até aqui.

Agora tenho asas!!

‘Pois em verdade vos digo, se tivésseis a fé do tamanho de um grão de mostarda, diríeis a esta montanha transporta-te daí para ali e ela se transportaria e nada vos seria impossível. ’

(Jesus, Evangelho Segundo Espiritismo)

Recria tua vida, sempre, sempre.
Remove pedras e planta roseiras e faz doces. Recomeça.
(Cora Coralina)

Anda, quero te dizer nenhum segredo
Falo desse chão da nossa casa
Vem que tá na hora de arrumar
Tempo, quero viver mais duzentos anos
Quero não ferir meu semelhante
Nem por isso quero me ferir
Vamos precisar de todo mundo
Pra banir do mundo a opressão
Para construir a vida nova
Vamos precisar de muito amor
A felicidade mora ao lado
E quem não é tolo pode ver
A paz na terra amor
O sal na terra
A paz na terra amor
(Beto Guedes)

RESUMO

A relação das cidades com as mudanças climáticas está em constantes transições e adaptações. A necessidade de planejar a paisagem urbana, com utilização de novas soluções torna-se cada vez mais urgente. No planejamento urbano e ambiental existem soluções verdes que podem ser exploradas para aumentar o resfriamento térmico, proporcionando melhor conforto, estratégias como essas associam múltiplos benefícios para a sociedade e para o clima. O objetivo deste trabalho é apresentar um método estimativo de áreas verdes urbanas, capazes de receber estratégias de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) que evidenciem Serviços Ecossistêmicos (SE) de Regulação climática proporcionando conforto térmico, em um recorte territorial na Cidade de São Paulo. A metodologia de pesquisa foi feita inicialmente por revisão bibliográfica, para levantamento de Referencial Teórico de conceitos e posteriormente foram estudados três objetivos específicos: 1) Identificação de diferentes SbN correspondentes a funções ecossistêmicas relevantes para refrigeração em áreas urbanas, com áreas verdes e cobertura de árvores com levantamento teórico; 2) Análise do potencial de oferta de SE de Regulação climática em diferentes extensões de cobertura vegetal como medida AbE, com estudo de caso de análise geoespacial em um recorte territorial na cidade de São Paulo; 3) Discussão de inclusão de SbN e SE como medidas de apoio para ações do Plano de Ação Climática de São Paulo e como essas soluções contribuem para atingimento de metas de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A relação entre os conceitos, funções e benefícios e usos na cidade serve para avaliar como estas aplicações de SbN potencializam SE e refletir sobre os resultados obtidos. As análises das áreas foram feitas por classificações de cobertura de solo, que permitiram analisar dados geográficos (QGIS), mapeando informações geoespaciais. Foi possível propor um escopo de estudo de oferta de SE de regulação climática, de acordo com os dados encontrados, com a intenção de discutir um modelo de avaliação de área verde urbana, que potencializa o conforto térmico. O trabalho contribui assim para a Resiliência Urbana ao calor, por medidas de Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE) e visa integrar a aplicabilidade da abordagem em práticas de Planejamento Urbano, buscou integrar conceitos e discutir respostas que a qualificação ambiental traz para questões multidimensionais de uma cidade inteligente e sustentável. O estudo oferece dados que podem servir tanto como estratégias de implementação de desenvolvimento urbano em pequenas escalas, bairros e distritos, como em ações maiores em planos urbanos, ODS e planos climáticos.

Palavras-chave: Soluções Baseadas na Natureza. Serviços Ecossistêmicos. Planejamento Urbano. Adaptação baseada em Ecossistemas.

ABSTRACT

The relationship of cities with climate change is in constant transitions and adaptations. The need to plan the urban landscape, using new solutions, becomes increasingly urgent. In urban and environmental planning there are green solutions that can be explored to increase thermal cooling, providing better comfort, strategies like these associate multiple benefits for society and the climate. The objective of this work is to present an estimation method of urban green areas, capable of receiving Nature-Based Solutions (NbS) strategies that demonstrate Ecosystem Services (ES) of Climate Regulation providing thermal comfort, in a territorial cut in the City of São Paulo. The research methodology was initially carried out through a bibliographical review, to survey the Theoretical Reference of concepts and later three specific objectives were studied: 1) Identification of different SbN corresponding to relevant ecosystem functions for cooling in urban areas, with green areas and tree cover with theoretical survey; 2) Analysis of the potential supply of SE for Climate Regulation in different extensions of vegetation cover as an EbA measure, with a case study of geospatial analysis in a territorial cut in the city of São Paulo; 3) Discussion of the inclusion of SbN and SE as support measures for actions in the São Paulo Climate Action Plan and how these solutions contribute to achieving the goals of the Sustainable Development Goals (SDGs). The relationship between concepts, functions and benefits and uses in the city serves to assess how these SbN applications enhance SE and reflect on the results obtained. Area analyzes were performed using land cover classifications, which allowed analyzing geographic data (QGIS), mapping geospatial information. It was possible to propose a study scope of SE supply for climate regulation, according to the data found, with the intention of discussing an evaluation model of urban green area, which enhances thermal comfort. The work thus contributes to Urban Resilience to heat, through Ecosystem-Based Adaptation (EBA) measures and aims to integrate the applicability of the approach in Urban Planning practices, seeking to integrate concepts and discuss responses that environmental qualification brings to multidimensional issues of a smart and sustainable city. The study offers data that can serve both as urban development implementation strategies on small scales, neighborhoods and districts, as well as in larger actions in urban plans, SDGs and climate plans.

Keywords: Nature-Based Solutions, Ecosystem Services, Urban Planning, Ecosystem-based adaptation measures

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo cascata	20
Figura 2 - Interações entre capitais social, construído e humano que afetam o bem-estar	21
Figura 3 - Ações fornecidas por SbN em diversas escalas	25
Figura 4 - Potenciais benefícios ambientais, sociais e econômicos fornecidos por SbN	26
Figura 5 - Diversas aplicações de SbN para o ODS 11	27
Figura 6 - Fluxograma do Método.....	36
Figura 7 - Delineamento da Pesquisa	37
Figura 8 - Etapas de procedimentos de análise dos dados encontrados	37
Figura 9 - Análise de clusters	39
Figura 10 - Mapa de Distritos de Pinheiros.....	40
Figura 11 - Mapa de macrozoneamento de São Paulo	42
Figura 12 - Mapa de estratégias para diversas escalas de aplicação	45
Figura 13 - Jardim de chuva realizado pela PMSP, programa Gentileza urbana	51
Figura 14 - SbN aplicada no edifício B32	51
Figura 15 - Av. Faria Lima x Juscelino Kubitscheck.....	51
Figura 16 - Mapa de Uso de solo Pinheiros	53
Figura 17 - Mapa de Capacidade de resfriamento de cobertura vegetal	55
Figura 18 - Estratégias de SbN para potencializar SE de Regulação Climática.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação de Serviços Ecossistêmicos apresentada na Avaliação Ecossistêmica do Milênio	19
Quadro 2 - Resumo e diferenças entre classificações de serviços ecossistêmicos	20
Quadro 3 - ODS e SbN promotores de benefícios para atingimento da meta / objetivo	28
Quadro 4 - Equação de busca.....	38
Quadro 5 - Dados dos subdistritos que compõem o bairro de Pinheiros	40
Quadro 6 - Objetivos Planclima – SbN com SE de Regulação para AbE	46
Quadro 7 - ODS – SbN com SE de Regulação para AbE.....	48

LISTA DE SIGLAS

AbE	Adaptação baseada em Ecossistema
CE	Comissão Europeia
CICES	<i>Common International Classification of Ecosystem Services</i>
COP15	Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica
COP27	Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
EVU	Espaço Verde Urbano
GUI	<i>Green Urban Infrastructure</i>
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IUCN	União Internacional para conservação da natureza
IV	Infraestrutura Verde
IVA	Infraestrutura Verde-Azul
LID	<i>Low Impact Development</i>
MEA	Millenium Ecosystem Assessment
MEA	Avaliação Ecossistêmica do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PDE	Plano Diretor Estratégico
PLANCLIMA	Plano de Adaptação de clima
PLANPAVEL	Plano Municipal de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SbN	Soluções Baseadas na Natureza
SE	Serviços Ecossistêmicos
TEEB	<i>The Economics of Ecosystems and Biodiversity</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Objetivo geral	17
1.1.2	Objetivos específicos	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	SBN E SE	18
2.2	PRINCÍPIOS E ABORDAGENS DE SBN	22
2.3	SBN PARA COLABORAÇÃO COM OS ODS.....	23
2.4	SBN E SE COMO MEDIDAS DE ABE	32
2.5	ABE.....	35
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	36
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	37
3.2	PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS	38
3.3	PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DE DADOS BIBLIOMÉTRICOS	39
3.4	ÁREA DE ESTUDO.....	40
3.5	ANÁLISE GEOESPACIAL DE DADOS	43
3.6	QUADROS CONCEITUAIS DE OPORTUNIDADES ABE	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1	REGULAÇÃO CLIMÁTICA COM AUMENTO DE ÁREAS VERDES.....	50
4.2	ANÁLISE DO POTENCIAL DE OFERTA DE SE DE REGULAÇÃO CLIMÁTICA EM PINHEIROS	52
4.3	SBN - INDICADORES PARA AÇÕES DO PLANCLIMA E ODS	58
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A acelerada expansão da urbanização tem reclamado espaço na urbe para acomodar a crescente população ao mesmo tempo em que causa uma série de impactos ambientais, com repercussões para além dos limites urbanos. Cabe ao planejamento urbano a missão de entregar infraestrutura física e de serviços que atendam à sociedade que vive nesse ambiente. Os projetos paisagísticos dentro do planejamento urbano têm papel relevante para atender a essa demanda de modo harmonioso, contemplando o equilíbrio entre as necessidades e os benefícios.

No planejamento urbano a entrega da infraestrutura tradicional, ou a chamada infraestrutura cinza, é eficiente para atender muitas dessas demandas, entretanto a infraestrutura verde (ou verde e azul) muitas vezes está limitada apenas a cumprir uma função paisagística.

Porém frente aos vários problemas ambientais graves a que o mundo está submetido, dentre os principais as mudanças climáticas esse contexto vem sendo repensado. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), o último século foi o mais quente registrado na Terra desde o fim do último período glacial. Dessa forma, para além dos acordos globais para enfrentamento das mudanças climáticas, várias outras ações em âmbito local devem ser estimuladas e empreendidas. Assim, vêm sendo discutidas outras maneiras de projetar as cidades para também serem parte da solução para enfrentamento das mudanças climáticas.

Essa realidade nos mostra que é premente a necessidade de planejar a paisagem urbana repensando e maximizando a utilização de soluções de infraestrutura verde (IV). Assim no planejamento urbano uma grande quantidade de temas tem sido discutida como infraestrutura verde.

Benedict e McMahon (2002) definem Infraestrutura Verde (IV) como uma rede interconectada estrategicamente planejada e gerida de áreas naturais, paisagens rurais e outras áreas livres que conserva os valores e funções dos ecossistemas naturais, mantém o ar e a água limpos, e proporciona um grande leque de benefícios para o homem e a vida silvestre.

Soluções Baseadas na Natureza (SbN), foi caracterizada como uso da natureza para enfrentar desafios como mudanças climáticas, segurança alimentar, recursos hídricos ou gestão de risco de desastres, abrangendo uma definição mais ampla de como conservar e usar a biodiversidade de maneira sustentável" (EGGERMONT et al., 2015).

As soluções baseadas na natureza oferecem perspectivas interessantes e estão sendo adotadas em todo o mundo no planejamento urbano para oferecer vários benefícios e reduzir os riscos climáticos - por exemplo, para mitigar as ilhas de calor urbanas (HARLAN et al., 2006; GILL et al., 2007; DEPIETRI; WELLE; RENAUD, 2013) enquanto aumenta o bem-estar (MARTENS; GUTSCHER; BAUER, 2011; GULSRUD; HERTZOG; SHEARS, 2018).

Já, a Adaptação baseada em ecossistemas (AbE) (MUNANG, 2013) é definida como abordagens que aproveitam a capacidade da natureza de proteger as comunidades humanas contra os impactos adversos das mudanças climáticas por meio da prestação sustentável de serviços ecossistêmicos.

No planejamento urbano assim, aplicam-se princípios de ecologia nessas soluções de problemas ambientais para que cumpram um papel muito além da função precípua do planejamento da cidade, mas ensejando a colaboração efetiva para solucionar parte dos problemas urbanos relacionados, por exemplo, aos efeitos das mudanças climáticas. Para citar uma possibilidade: modificar os planos arbóreos e aumentar a cobertura vegetal das ruas e avenidas, fazendo-se estabelecer ou preservar as conexões entre áreas verdes, é uma providência que pode contribuir para a redução da temperatura nas áreas urbanizadas da cidade trazendo maior conforto térmico.

Assim, vem sendo discutido, em várias cidades do mundo, que a implementação e a aplicação de SbN na paisagem urbana aumentam a oferta de serviços ecossistêmicos de regulação e contribuem para a adaptação às mudanças climáticas. Essa perspectiva também vem sendo descrita como planejamento urbano sustentável e resiliente, que pode ajudar no enfrentamento de desafios urbanos do clima, melhorando não apenas o conforto térmico dos indivíduos, contribuindo com a saúde e bem-estar das pessoas, mas também ajudando a arrefecer a temperatura global.

O conceito de SbN surgiu como um elemento importante de transição para uma sociedade sustentável (ALBERT et al., 2021; GENELETTI; ZARDO, 2016; KABISCH et al., 2016). As SbN constituem um conceito guarda-chuva que inclui diversas abordagens de soluções sistêmicas muito eficientes, com recursos que combinam inovações técnicas, regulatórias, de governança e também sociais (RAYMOND et al., 2017b).

Meerow e Newell (2017) indicam ao menos 6 benefícios da infraestrutura verde: gerenciamento de águas pluviais, redução da vulnerabilidade social, aumento do acesso a espaços verdes, melhoria da qualidade do ar, mitigação do efeito da ilha de calor urbana e aumento da conectividade da paisagem.

Cortinovis e Geneletti (2019), Haase *et al.* (2014) e Geneletti *et al.* (2020) avaliaram a importância do espaço verde e azul na prestação de serviços de abastecimento, regulação e cultura aos cidadãos. As áreas verdes que existem na cidade são elementos importantes na vida das pessoas para o convívio social, pois nelas as pessoas se encontram, nesses espaços, há conforto térmico, menor poluição sonora e do ar além de lazer, cultura e atividades esportivas. Os parques são importantes também para promover alimento e abrigo para a fauna.

Os planos urbanos possuem espaços livres de edificação como: áreas gramadas, áreas com árvores, calçadas, jardins vegetados com árvores frutíferas e flores. Todos esses espaços podem qualificar o ambiente, quando pensado em sua totalidade com o planejamento urbano, em calçadas, caminhos, rotatórias e canteiros centrais com otimização de oferta de serviços ecossistêmicos urbanos em toda cidade. O conceito de Serviços Ecossistêmicos (SE) pode ser o de uma estrutura adequada para descrever a relação entre os aspectos ambientais envolvidos nas intervenções urbanas e suas consequências no bem-estar humano (CORTINOVIS; GENELETTI, 2019). SE são os benefícios que os humanos obtêm das funções do ecossistema que contribuem direta ou indiretamente para o bem-estar humano (De GROOT *et al.*, 2012; MEA, 2005).

Cortinovis e Geneletti (2019) estudaram a integração de SE reguladores urbanos, descrevendo como a capacidade, a demanda e o fluxo desses serviços e seus benefícios relacionados podem ajudar o planejamento urbano; bem como contribuem para encontrar e definir unidades de trabalho que permitam uma compreensão mais profunda da relação entre SE, fatores, estruturas e dinâmicas espaço-temporais (ANDERSSON *et al.*, 2015).

A multifuncionalidade é frequentemente vista como uma característica importante de SbN, a capacidade de entender como essas áreas estão se comportando em termos de oferta de SE pode ajudar no desenvolvimento e planejamento de *trade-offs* e sinergias (EGGERMONT *et al.* 2015; KABISCH *et al.* 2016; NESSHÖVER *et al.*, 2017).

O Planclima surgiu do grupo C40 de cidades para a liderança climática, firmado entre 2019/2020 conta com 42 ações definidas para reduzir os gases do efeito estufa até 2030 e zerar as emissões até 2050. O Plano foi traçado após a assinatura da carta compromisso com o Acordo de Paris. O Acordo de Paris, substitui o protocolo de Kyoto em que foi acordado que 55 países, que representam 55% das emissões de gases de efeito estufa precisavam mudar. O Acordo foi firmado em 4 de Novembro de 2016, até Junho de 2017, 195 países assinaram o Acordo, entre eles o Brasil.

No contexto brasileiro, ainda tímido, o Plano de Adaptação de clima (PLANCLIMA) é como uma força motriz, para que este assunto possa avance, como em sua Ação 19, na qual

consta: Promover a melhoria da qualidade ambiental de São Paulo, na perspectiva dos impactos da mudança do clima, em que visa fortalecer a gestão dos recursos naturais, além de evitar a sua degradação e atingindo metas de sustentabilidade e com avaliação crítica da aplicação dos instrumentos urbanísticos ambientais em consonância com o objetivo XI, art. 7º, do Plano Diretor Estratégico (PDE), que como todos os planos diretores, deve ser revisado a cada 10 anos. A Ação 20, que versa sobre a mitigação de fatores antropogênicos e a adaptação aos efeitos reais ou esperados das mudanças climáticas, com um monitoramento consistente, revisões e ajustes para possíveis melhorias nos planos, e a inclusão de SbN em ambientes construídos, tem sido excelentes estratégias em busca de um planejamento urbano sustentável e de alta qualidade. Essas estratégias de soluções híbridas, em ambientes já construídos, possibilitam integrar infraestrutura cinza e infraestrutura verde.

Os ODS, relacionados com os indicadores da Agenda 2030, contemplam a conexão com as metas e protocolos nacionais e internacionais para a sustentabilidade. Os Objetivos são como pedidos ou convites globais a tomar alguma ação para enfrentar a pobreza, proteger o meio ambiente, proteger o clima e garantir que as pessoas, possam ter paz e prosperidade no futuro. Estes são os objetivos para os quais as Nações Unidas estão contribuindo a fim de que possamos atingir a Agenda 2030 no Brasil e o verde está em várias métricas a serem observadas como cálculo de referência, essencial para leitura de dados e apurações de atingimento destas metas.

Para explorar essa perspectiva em âmbito local, no contexto de cidades sustentáveis, escolheu-se a cidade de São Paulo, pela magnitude dos problemas que a gestão envolve. Para desenvolver a pesquisa selecionou-se a subprefeitura de Pinheiros em razão do elevado nível de urbanização, mas também pelo desenho urbano que permite explorar diferentes tipos de SbN que vêm sendo empregadas em outras cidades do mundo. Ademais, o bairro de Pinheiros foi escolhido por ser um dos bairros mais antigos da cidade, por possuir uma área urbanizada em constante transformação, com uma grande concentração econômica em suas grandes avenidas. Além disso, Pinheiros ainda abriga edificações históricas e fica bem localizado entre os maiores parques urbanos da cidade e ao mesmo tempo, área de grandes desafios urbanos, por causa da grande impermeabilização do solo.

Espera-se que o uso de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) para potencializar os Serviços ecossistêmicos (SE) urbanos que regulam o clima e dão conforto térmico externo e ainda, visam colaborar na Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE), e possam ilustrar ferramentas tangíveis de aplicação em planos de mitigação de Mudanças Climáticas, como é o caso de São Paulo.

A proposta estudou mapas com dados de Pinheiros e elencou as evidências de promoção de SE, identificou e analisou as contribuições teóricas da aplicação do estudo, principalmente quantificando as possíveis ofertas SE de regulação de clima desta área urbana. As descobertas discutem o papel da IV no uso do solo urbano e potencial de oferta SE de regulação climática como medida de AbE e pode contribuir com ações de planos climáticos de adaptação e ao atingimento de objetivos de sustentabilidade.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Esta dissertação tem como objetivo analisar o papel da Infraestrutura Verde (IV) no uso do solo urbano e discutir o potencial de oferta de Serviços Ecossistêmicos (SE) de regulação climática em áreas verdes urbanas como medidas de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) em um recorte territorial na cidade de São Paulo.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento teórico sobre os temas SbN e IV que vêm sendo empregadas no Planejamento Urbano, com ênfase em SE de regulação climática e AbE promovendo sustentabilidade e resiliência urbana e os benefícios para a vida e saúde das pessoas, com atingimento de metas de ODS
- Analisar o potencial de oferta de SE de regulação climática e conforto térmico em diferentes extensões de cobertura vegetal como medida AbE, com estudo de caso de análise geoespacial em um recorte territorial na cidade de São Paulo
- Discutir a inclusão de SbN e SE como medidas de apoio para ações do Plano de Ação Climática de São Paulo e ODS com quadros indicativos

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este referencial teórico vai abordar os seguintes temas: Soluções Baseadas na Natureza, Serviços Ecossistêmicos, Adaptação climática, Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, ODS relacionados ao verde, meio ambiente e benefícios dos Serviços ecossistêmicos e de Soluções Baseadas na Natureza para as pessoas e Resiliência Urbana.

2.1 SBN E SE

A União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN, 2009), descreve as Sbn como "ações para proteger, gerenciar de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados que abordam os principais desafios sociais de forma eficaz e adaptativa, proporcionando simultaneamente o bem-estar humano e protegendo a biodiversidade".

O conceito Sbn, como é usado em ciências ambientais e da natureza, participa de contextos de conservação, com organizações internacionais procurando maneiras de trabalhar com os ecossistemas ao invés de só depender da engenharia convencional, para se adaptar e mitigar os efeitos da mudança climática, enquanto melhora meios de vida sustentáveis e oferece proteção natural a ecossistemas e biodiversidade.

Sbn é considerado um conceito muito amplo que cobre muitas abordagens diferentes. Essas abordagens surgem da necessidade de foco comum no ecossistema de serviços e visam enfrentar os desafios da sociedade.

Algumas classes de abordagem de Sbn são:

1. restauração de ecossistemas (por exemplo restauração ecológica, engenharia ecológica e restauração da paisagem florestal);
2. ecossistema de questões específicas (por exemplo adaptação baseada em ecossistemas, para mitigação e risco de desastre com preocupação na perda ou diminuição de ecossistemas);
3. infraestruturas (por exemplo, infraestrutura natural e verde);
4. gestão baseadas em ecossistemas (por exemplo: gestão da zona costeira e água integrada à gestão de recursos naturais); e
5. proteção (por exemplo, com base em conservação, incluindo proteção e gestão das áreas).

Serviços ecossistêmicos (SE) são, por definição, benefícios obtidos por intermédio dos ecossistemas que contribuem para o bem-estar humano (MEA, 2005).

A Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA) define os Serviços ecossistêmicos desempenhados pela natureza da seguinte forma:

Quadro 1 - Relação de Serviços Ecosistêmicos apresentada na Avaliação Ecosistêmica do Milênio

Tipologia	Descrição
Conservação	Ação que visa preservar o estado atual dos ecossistemas urbanos, a fim de garantir o fornecimento de SE. Por exemplo, preservação de áreas úmidas existentes
Restauração	Ação que visa recuperar a saúde e a funcionalidade dos ecossistemas urbanos, a fim de voltar a um nível de provisão de SE oferecido no passado. Por exemplo, remoção de pavimentação de superfícies seladas
Aprimoramento	Ação destinada a melhorar o estado dos ecossistemas urbanos existentes, a fim de melhorar a oferta de SE. por exemplo, ampliando parques urbanos existentes
Novo ecossistema	Ação que visa a criação de novos ecossistemas urbanos a fim de proporcionar novos ES em uma área. por exemplo, plantar árvores nas ruas

Fonte: MEA (2005).

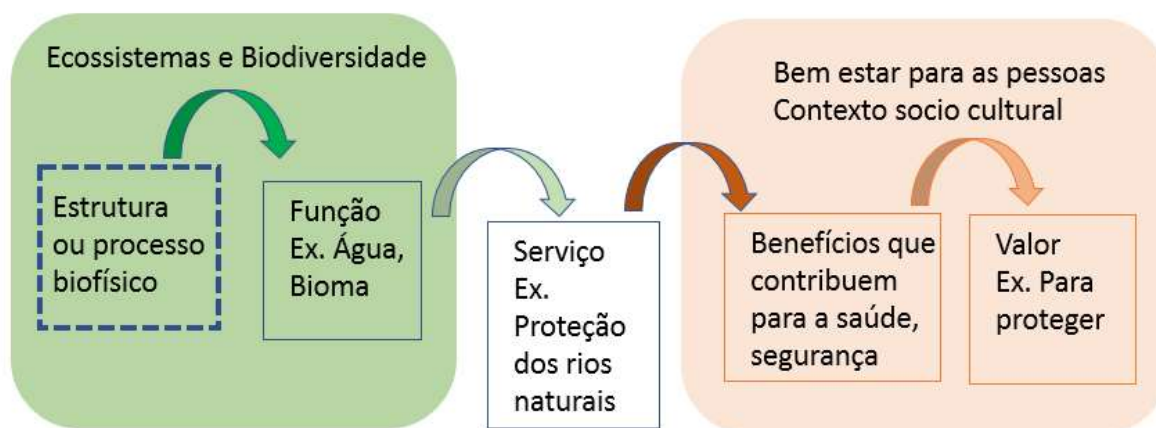
A abordagem de Serviços Ecosistêmicos (SE) tem como objetivo principal alcançar a sustentabilidade, na concepção de que melhorar e manter o bem-estar humano em uma determinada paisagem, só pode ser obtido se protegidos, simultaneamente, os sistemas de suporte de vida da Terra (MEA, 2005).

Órgãos Internacionais como o Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) (2018), que desenvolveram métodos e métricas de contagem de áreas em ecossistemas.

O Relatório *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (2010) agrupa os serviços ecossistêmicos em quatro categorias: provisionamento, regulação, habitat e serviços culturais e sugere que os serviços ecossistêmicos podem ser usados como uma ferramenta; assim, as cidades têm a oportunidade de fazer mudanças positivas, economizando nos custos municipais, fortalecendo as economias locais (verdes), melhorando a qualidade de vida e garantindo meios de subsistência.

Maes *et al.* (2012) com base nas informações de classificação do CICES (Provisionamento, regulação, manutenção e cultural), incluindo também a biodiversidade, mapeou e avaliou os serviços ecossistêmicos adotando o modelo cascata, conforme a figura 1, modelo cascata de Haines-Young e Potschin (2013), que apresenta estruturas e funções, para serviços, benefícios e para valores de serviços ecossistêmicos.

Figura 1 - Modelo cascata



Fonte: Haines-Young e Potschin (2013). Adaptada pela Autora.

O lado esquerdo da Figura 1, indica os serviços de suporte ou natureza, o capital natural. Esses elementos do capital natural vão produzir funções que serão traduzidas em serviços ecossistêmicos. A parte direita, apresenta um serviço ecossistêmico final: é a parte do meio ambiente, que quando combina atividades humanas, coincidentes no tempo e espaço com capital social, podem produzir bem-estar humano.

Gómez-Baggethun *et al.* (2013) classificam importantes SE em áreas urbanas e funções e componentes ecossistêmicos subjacentes: suprimento de comida, regulação do fluxo de água e mitigação do escoamento, regulação da temperatura urbana, redução de ruído, purificação de ar, moderação de extremos ambientais, tratamento de esgoto, regulação do clima, polinização e dispersão de sementes, recreação e desenvolvimento cognitivo, avistamento de animais.

A nova categorização do CICES é uma estrutura ligada ao Sistema de Contabilidade Econômico Ambiental da Organização das Nações Unidas, dividida em cinco níveis: seção, divisão, grupo, classe e tipo de classe. As seções, compreendem em três grupos distintos: **serviços de provisão; serviços de regulação e manutenção e serviços culturais**. O CICES não inclui SE de apoio pois os considera como funções ecológicas.

Quadro 2 - Resumo e diferenças entre classificações de serviços ecossistêmicos

Classificação	MEA	TEEB	CICES
Categorias	Provisão	Provisão	Provisão
	Regulação	Regulação	Regulação e Manutenção
	Culturais	Culturais e Amenidades	Culturais
	Suporte	Habitat	-

Fonte: a Autora.

O CICES considera o que o ser humano está usando, CICES V5 não inclui ES de apoio pois considera como funções ecológicas. Os serviços de suporte e agricultura para o CICES são funções ecológicas. O MEA desclassifica outros multicriteriais de suporte.

Outra abordagem que envolve os Serviços Ecosistêmicos é o conceito de capital natural. Capital Natural é o estoque da natureza que contribui para o bem-estar humano, biodiversidade e produção de energia (DOMINATI; PATTERSON; MACKAY, 2010).

A inovação da tecnologia talvez reduza o potencial da Terra para suportar as atividades humanas, um dia, os recursos acabarão, como os peixes, as florestas antigas e a biodiversidade (DAILY, 1997).

São contabilizados para estimar a contribuição do capital natural para o bem-estar humano do ponto de vista social, econômico e ambiental (TURNER *et al.*, 2016).

As SbN contêm estoques de capital natural ou suas áreas, são usadas para manter e aumentar o fluxo de SE. Assim, como parte das estratégias e intervenções de planejamento urbano que abordam diferentes desafios urbanos, o SbN pode ajudar a operacionalizar os conceitos de capital natural e SE (POTSCHIN *et al.*, 2016).

Figura 2 - Interações entre capitais social, construído e humano que afetam o bem-estar



Fonte: Costanza *et al.* (2014). Adaptada pela Autora.

2.2 PRINCÍPIOS E ABORDAGENS DE SBN

Soluções baseadas na natureza estão apoiadas em um conjunto de princípios:

1. apoiada em normas e princípios de conservação da natureza;
2. podem ser implementadas sozinhas ou de forma integrada com outras soluções para desafios sociais (por exemplo, tecnológicos e soluções de engenharia);
3. são determinadas pelo contexto, seja ele natural ou cultural, necessitando de avaliação específica;
4. produzir benefícios sociais de forma equitativa para promover transparência e ampla participação;
5. manter a diversidade biológica e cultural e a capacidade dos ecossistemas de evoluir ao longo do tempo;
6. são aplicados na escala de uma paisagem;
7. reconhecem e lidam com as compensações entre a produção benefícios econômicos para desenvolvimento e opções futuras para a produção de serviços de ecossistemas;
8. são parte integrante do *design* geral de políticas e medidas ou ações, para enfrentar um desafio específico.

Uma análise de tipologias de aplicações SbN feita pela BiodivERsA (2020), uma rede de organizações de financiamento nacionais e regionais que apoia a pesquisa pan-europeia sobre biodiversidade e serviços ecossistêmicos, categorizou as intervenções de SBN dois principais níveis:

1. o nível necessário de engenharia de biodiversidade e ecossistemas desenvolvidos nas SbN;
2. nível de melhoria dos serviços ecossistêmicos alcançáveis pelas SbN (EGGERMONT *et al.*, 2015), que identifica três tipos principais:
 - Tipo 1: soluções que envolvem fazer melhor uso de ecossistemas naturais existentes ou protegidos (por exemplo, medidas para aumentar os peixes estoques em um pântano intacto para melhorar a segurança alimentar);
 - Tipo 2: soluções baseadas em desenvolvimento protocolos de gestão sustentável e procedimentos para ecossistemas gerenciado ou restaurado (por exemplo, restabelecimento de sistemas agroflorestais tradicionais baseado em espécies de árvores comerciais para reduzir ou aliviar a pobreza);

- Tipo 3: soluções que envolvem a criação de novos ecossistemas (por exemplo, estabelecendo em partes dos edifícios (paredes verdes, telhados verdes).

Existem algumas abordagens de nomenclatura, por isso há textos com indicações de “Soluções Baseadas na Natureza” ou “Infraestrutura Verde” com inclusão de soluções em áreas verdes, árvores como elementos individuais e espaços, ou ainda “Infraestrutura Verde e Azul” que envolve árvores, áreas verdes e seus diversos ecossistemas e questões de gestão de águas de redes hidráulicas ou corpos d’água de bacias.

Os termos para “natureza urbana” incluem Infraestrutura Verde (IV), Infraestrutura Verde-Azul (IVA), Espaço Verde Urbano (EVU) e Soluções Baseadas na Natureza (SBN) (CHILDERS *et al.*, 2019).

Neste texto será adotado o termo guarda-chuva, SbN para Soluções Baseada na Natureza que agrega todo tipo de solução verde, seja ele para áreas livres ou na edificação já construída, *retrofit*.

2.3 SBN PARA COLABORAÇÃO COM OS ODS

A urbanização, por diminuir a área de cobertura vegetal, diminui radicalmente a capacidade de evapotranspiração da paisagem (BONZI, 2015).

O aumento de áreas verdes na cidade, nos ambientes construídos e no planejamento urbano, pode auxiliar na diminuição da temperatura, seja em tetos verdes, (CASTLETON *et al.*, 2010; COOK-PATTON; BAUERLE, 2012), na melhora no microclima (WANG *et al.*, 2019) ou nas calçadas aproveitando as copas das árvores nas ruas (SALMOND *et al.*, 2016) espaços verdes abertos e sistemas de fachadas verticais (KOC; OSMOND; PETERS, 2017; DEMUZERE *et al.*, 2014; NORTON *et al.*, 2015).

Na cidade de Portland (OREGON), em 2010, foi desenvolvido um *Manual de manejo de águas de chuvas* de Portland (CITY OF PORTLAND, 2016), com soluções de baixo impacto (*Low Impact Development – LID*), para drenagem das águas das chuvas como alternativa. Esse manual foi desenvolvido pela escola de arquitetura da Universidade do Arkansas. Nele, foram conceituadas técnicas para serem usadas em 4 escalas de projeto: Edifício, propriedade, rua e espaços abertos, e estão reunidas soluções de: controle de fluxo de água, retenção de água, filtragem, infiltração e tratamento da água. E classifica uma série de tipologias para solucionar cada caso: tubulação grande subterrânea, controle de fluxo de água, vertedouros, retenção de água para estacionamentos com piso drenante, sistema de retenção com canaletas, sistema subterrâneo para retenção de água, cisterna para colher água da chuva

proveniente de telhados, lagoa ou bacia de retenção, retentor de água no terreno, reservatório para pisos drenantes com filtro, filtro com areia, parede verde, telhado verde, piso permeável, trincheiras drenantes, caixas de árvore com filtro, jardins de chuva, encostas vegetadas, biovaletas, lagoas de infiltração e *wetlands*.

Para a Comissão Europeia (2013), são componentes de Infraestrutura verde:

Centros: áreas centrais de alto valor de biodiversidade, como áreas protegidas (por exemplo, sítios Natura 2000), e áreas centrais não protegidas com grandes ecossistemas funcionais saudáveis;

Corredores e trampolins: características naturais como pequenos cursos de água, lagoas, faixas da floresta;

Habitats restaurados: para reconectar ou melhorar as áreas naturais existentes (por exemplo, canavial restaurado ou selvagem prado de flores);

Recursos artificiais: como ecopontes ou telhados verdes para melhorar o ecossistema serviços ou auxiliar o movimento da vida selvagem;

Zonas tampão: que melhoram a qualidade ecológica geral e a permeabilidade da paisagem para biodiversidade (por exemplo, agricultura favorável à vida selvagem);

Zonas multifuncionais: com usos de solo compatíveis que suportam múltiplos usos de solo na mesma área espacial (por exemplo, produção de alimentos e recreação), na provisão de co-benefícios, como tornar o local mais atrativo, com a melhora da saúde e da qualidade de vida das pessoas, e a criação de empregos verdes.

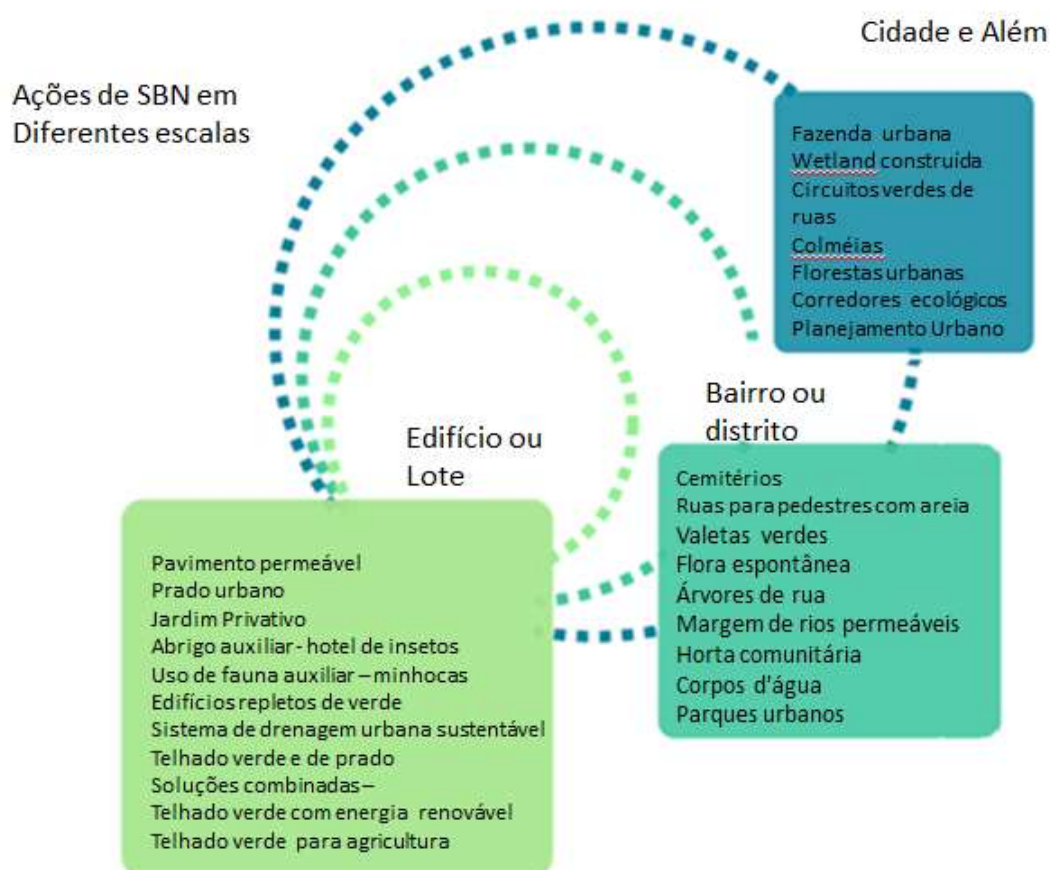
Nos ambientes construídos, tetos verdes são uma oportunidade de melhora na temperatura mais especificamente pelo processo de evapotranspiração das plantas inseridas no projeto, que também tem a característica de captar e absorver os poluentes (LUNDY; WADE, 2011; NOCCO; ROUSE; BALSTER, 2016; PAPPALARDO; LA ROSA; CAMPISANO, 2017; ZARDO; GENELETTI; PÉREZ-SOBA, 2017; ALLEN *et al.*, 1998). Esse processo ainda ajuda na regulação do clima e purificação do ar pelas plantas ali inseridas (SINGH; SANTAL, 2015; WANG *et al.*, 2019). Em Bruxelas, por exemplo, com um estudo extenso de ecologização dos telhados dos edificios resultou em redução do escoamento da água da chuva (MENTENS; RAES; HERMY, 2006).

Existem diversas possibilidades também de *retrofit* nas edificações, como elementos verdes: podemos considerar, telhado verde, parede verde e coleta de água de chuva para reuso, em áreas externas. E muitas destas possibilidades podem ajudar na sustentabilidade, pois diminuem o consumo de água limpa.

Cada SbN interage com seu ambiente de uma maneira diferente, e só pode ser qualificada como 'solução' desde que aborde os desafios urbanos com sensibilidade ao contexto socioespacial (BARÓ *et al.*, 2016).

Estruturas conceituais foram desenvolvidas para abordar serviços e benefícios em contextos multiescalares (FAEHNLE *et al.*, 2014).

Figura 3 - Ações fornecidas por SbN em diversas escalas



Fonte: elaborada pela Autora.

Zander *et al.* (2021) estudou, serviços ecossistêmicos reguladores, de abastecimento, serviços culturais e serviços de apoio em telhados verdes, em Oslo. O estudo indica que a aplicação de telhados verdes, potencializam SE em diferentes tipologias funcionais da construção.

Os telhados e fachadas vegetais melhoram o conforto térmico dos edifícios, especialmente em climas quentes e secos, pois oferecem benefícios na redução do aquecimento no inverno e resfriamento no verão, mesmo em edificações já construídas na cidade (CASTLETON *et al.*, 2010).

Segundo Elmqvist *et al.* (2015) as cidades são um nexos fundamental da relação entre as pessoas e a natureza e são grandes centros de demanda por serviços ecossistêmicos e também geram impactos ambientais extremos.

A Figura 4 apresenta os potenciais benefícios ambientais, sociais e econômicos fornecidos por SBN, neste caso, um telhado verde no ambiente urbano. As SbN ajudam a aumentar o capital natural e promovem a biodiversidade, ao mesmo tempo que proporcionam outros co-benefícios.

Figura 4 - Potenciais benefícios ambientais, sociais e econômicos fornecidos por SbN



Fonte: Fraive (2017). Adaptada pela Autora.

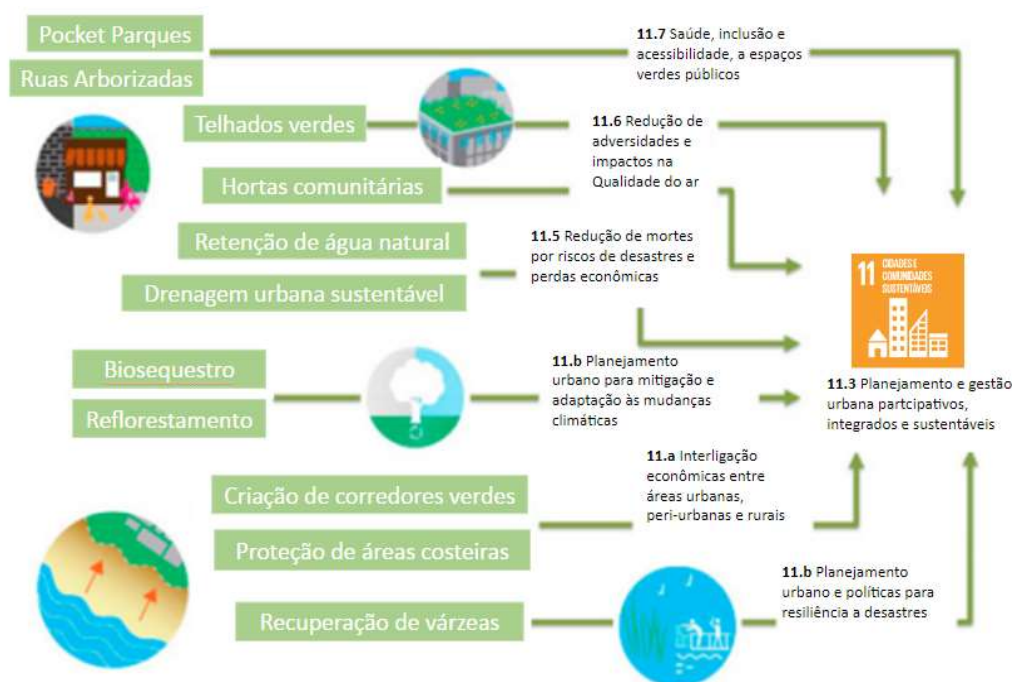
De acordo com Xing, Jones e Donnison (2017), SbN aplicadas em estruturas existentes em ambientes construídos, foram estudadas para permitir a integração de processos de *design*, planejamento e avaliação de estratégias de sustentabilidade. As SbN devem ser planejadas levando-se em consideração a escala e os contextos locais. Existem muitos caminhos do papel da infraestrutura verde, em diferentes tipos de cidades, climas e contextos sociais, quanto a seus efeitos, no ambiente socioespacial (DEMUZERE *et al.*, 2014).

Em 2015, representantes da ONU firmaram um pacto através da Agenda 2030, cujo plano de ação indica 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), contém 169 metas, e 241 indicadores que buscam orientar países e instituições na promoção da vida digna para todos. São objetivos e metas claras, para que todos os países adotem conforme suas prioridades e atuem em parceria global, guiando as escolhas necessárias para melhorar a vida das pessoas, com adoção de medidas que visam acabar com a pobreza, lutar contra as desigualdades e

injustiças e combater as mudanças climáticas (PNUD, 2015). Dentro de cada objetivo, foram traçadas premissas, metas menores e prazos estratégicos para alcançar esses objetivos, e dos 17 ODS, as SbN auxiliam em pelo menos sete objetivos, que são: Objetivo 3: Boa saúde e bem-estar; Objetivo 6: Água limpa e saneamento; Objetivo 11: Cidades e comunidades sustentáveis; Objetivo Meta 13: Ação climática; Objetivo 14: Vida abaixo da água; Objetivo 15: Vida na terra; e Objetivo 17: Parcerias para as metas.

A Figura 5 indica quais estratégias de SbN podem ser usadas no planejamento urbano para atingimento de algumas Metas do Objetivo 11, para promover Cidades e comunidades sustentáveis.

Figura 5 - Diversas aplicações de SbN para o ODS 11



Com o entendimento de espaços verdes como infraestrutura urbana importante, o objetivo 11 "tornar as cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis", o que inclui fornecer acesso a espaços verdes e públicos para todos os estratos da sociedade (ONU, 2015).

Um dos aspectos no manejo da água é o aproveitamento da água pluvial. Alguns fatores positivos no uso da água de chuva são a redução do consumo de água potável e custos reduzidos, além de uma menor contribuição de quantidade de água de chuva que vai para as galerias, evitando inundações nas cidades. Entre os usos possíveis para esta água estão: a irrigação do jardim, uso em caixas de vasos sanitários, a rega de jardins, a lavagem de pisos, os sistemas de ar-condicionado, entre outros.

No Plano de ações de ODS, no que se refere a aplicação das técnicas sustentáveis em drenagem urbana nas edificações, agrupam-se nos Objetivos ODS 6, 11 e 13, são possíveis de serem aplicadas SbN, como promotora de benefícios como por exemplo telhado verde, coleta de água de chuva para reuso em irrigação e reservatórios. As SbN também colaboram com atingimento das metas 6.a, 6.b, 6.6, 13.2 e 15.a. Considerando-se que as referidas técnicas são apresentadas como ação de prevenção/mitigação à ocorrência de desastres naturais: alagamentos e/ou inundações urbanas.

O quadro 3 apresenta as metas e objetivos que podem usar SbN para promover atingimento.

Quadro 3 - ODS e SbN promotores de benefícios para atingimento da meta / objetivo

ODS	Metas e Objetivos	SbN promotora
3	Garantir o acesso a saúde de qualidade e promover bem-estar, em todas as idades	Aumentando áreas verdes, locais de convívio e ambientes saudáveis, ar puro
6	Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos.	Gestão e armazenamento de água, reuso e proteção dos ecossistemas relacionados a água, telhado verde, coleta de água de chuva para reuso em irrigação
6a	Ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso	Tratamento de efluentes, reciclagem e tecnologias de reuso, biovaletas, reservatórios, jardins filtrantes, jardins de chuva, reuso de água para irrigação
6b	Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.	Educação ambiental com uso de SbN para valorização da água e recursos naturais
6.6	Proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos.	
11	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis	Parques urbanos, corredores verdes, circuitos verdes de calçadas, floresta urbana, ruas arborizadas, pocket parks, utilização de jardins de chuva e biovaletas e educação ambiental
11.3	Planejamento e gestão urbana participativos, integrados e sustentáveis	Aumento de áreas verdes, melhora na conservação de infraestruturas verdes urbanas, aumenta a evapotranspiração, melhora no conforto térmico, ajuda na diminuição na temperatura do ar e diminui ilhas de calor

ODS	Metas e Objetivos	SbN promotora
11.5	Redução de mortes por risco de desastres e perdas econômicas	Educação ambiental com uso de SbN para valorização da água e recursos naturais, drenagem sustentável, estratégias SbN com bacias de retenção de água de chuva, aumento de áreas verdes para captação e amortecimento de águas de chuva
11.6	Redução de adversidades e impactos na qualidade do ar	Aumento de áreas verdes, melhora na conservação de infraestruturas verdes urbanas, aumenta a evapotranspiração, melhora no conforto térmico, ajuda na diminuição na temperatura do ar e diminui ilhas de calor
11.7	Saúde, inclusão e acessibilidade, a espaços verdes públicos	Aumentando áreas verdes públicas, corredores verdes, hortas urbanas comunitárias, parques
11a	Interligação econômicas entre áreas urbanas, peri-urbanas e rurais	Reflorestamento, uso de SbN para requalificação ambiental e melhora na qualidade do ar, com aumento de áreas verdes para auxílio de infraestruturas que auxiliam a retardar o escoamento de águas de chuva, biovaletas, reservatórios
11b	Aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar gerenciamento hídrico	Melhorando a gestão de infraestruturas verdes, Aumento de áreas verdes, melhora na conservação de infraestruturas verdes urbanas, aumenta a evapotranspiração, melhora no conforto térmico, ajuda na diminuição na temperatura do ar, auxílio de infraestruturas que auxiliam a retardar o escoamento de águas de chuva, biovaletas, reservatórios
13	Tomar medidas urgentes para combater mudança do clima e seus impactos.	Melhorando a gestão de infraestruturas verdes que auxiliam a retardar o escoamento de águas de chuva, evitando desastres
13.2	Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais	Inserir estratégias de SbN e medidas construtivas sustentáveis capazes de melhorar a qualidade ambiental e inserir em políticas públicas e planos
13b	Promover mecanismos para a criação de capacidades para o planejamento relacionado à mudança do clima e à gestão eficaz	Educação ambiental com uso de SbN para valorização da água e recursos naturais e inserir estratégias de SbN e medidas construtivas sustentáveis
15	Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda da biodiversidade	Aumentando áreas verdes com SbN promotoras de SE, Educação ambiental com uso de SbN para valorização do capital natural e meio ambiente (m², km², hec)
15a	Mobilizar e aumentar significativamente, a partir de todas as fontes, os recursos financeiros para a conservação e o uso sustentável da biodiversidade e dos ecossistemas	

Fonte: elaborada pela Autora.

Cenários úteis para exploração de estratégias de SbN para gestão de águas pluviais foram estudados por (DORST *et al.*, 2019; FRANTZESKAKI *et al.*, 2019; KABISCH *et al.*, 2017; PAULEIT *et al.*, 2019; RAYMOND *et al.*, 2017a).

IUCN (2016) considera SbN como iniciativas guarda-chuva para promover mudanças na sociedade, pois são capazes de prover diversos serviços:

1 - Soluções baseadas na natureza para segurança da água - Fornecer de água para gerações futuras, manter a segurança e resiliência contra as mudanças do clima e seus impactos (OZMENT; DIFRANCESCO; GARTNER, 2015). A água também é abordada no ODS 6 sobre a garantia de sustentabilidade na gestão das águas. O valor da água está relacionado aos serviços ecossistêmicos para o bem-estar das pessoas, para a segurança alimentar e energética, para a indústria e a economia que são os motores da economia do crescimento nas cidades.

2. Soluções baseadas na natureza para Segurança Alimentar - Disponibilidade e acessibilidade de comida para todos, alimento seguro e localmente apropriado e confiável através do tempo e através espaço - é um dos principais problemas que o mundo enfrenta hoje. Estima-se que mais de 795 milhões de pessoas sejam subnutridas, a vasta maioria vivendo em países em desenvolvimento (FAO; IFAD; WFP, 2015). A erradicação da Fome é o Objetivo número 2 para o Desenvolvimento Sustentável, sobre fome zero.

3. Soluções baseadas na natureza para saúde humana – O ambiente natural, e mais especificamente os ecossistemas, o clima e biodiversidade, é cada vez mais determinante e influencia na saúde e bem-estar humanos.

4. Soluções baseadas na natureza para redução do risco de desastres - Aconteceu uma série de desastres naturais (furacões, terremotos e outros) na última década que claramente demonstrou o papel da natureza no auxílio da redução de riscos para perigos naturais. Essas experiências demonstraram que o papel regulador dos serviços ecossistêmicos pode ser eficaz em termos de custos na redução dos riscos apresentados a sociedade por esses desastres. O uso de SBN para diminuir o risco de desastres é abordado em parte pelos ODS 11 e 13, que se concentram respectivamente em fazer cidades e assentamentos humanos seguros e resilientes.

5. Soluções baseadas na natureza para enfrentar os desafios da sociedade global e na mitigação e adaptação as mudanças do clima - SbN estão aqui auxiliando nos objetivos ODS, como 1 (não pobreza), 2 (sem fome), 3 (boa saúde e bem-estar), 6 (água potável e saneamento) e 15 (vida em terra). Uma melhor conservação do uso do solo com ações e políticas de gestão, pode ser uma intervenção poderosa aos esforços globais de mitigação do clima. E por fim:

6. Soluções baseadas na natureza como capital natural - O capital natural é o estoque finito de ativos ambientais, como água, terra, ar, espécies e minerais que produzem um fluxo de bens e serviços do ecossistema que são importantes para o bem-estar humano e para a economia. O capital natural fornece a base para outros tipos de capital, incluindo manufaturado, financeiro, capital humano e social. No entanto, confrontado com os efeitos do mau

funcionamento degradado dos ecossistemas, que prejudicam o bem-estar humano, o termo capital natural crítico é cada vez mais usado para enfatizar que é essencial para o bem-estar humano e não tem substitutos (EKINS, 2003; ROCKSTRÖM *et al.*, 2009).

As tipologias de espaços verdes no planejamento urbano são muito diversificadas, desde pequenos jardins até hortas comunitárias, florestas urbanas, terraços ajardinados e telhados verdes. Alguns desses espaços já são considerados no planejamento urbano, mas nem todos levam em consideração os estudos de promoção de serviços ecossistêmicos.

De acordo com o manual Green Surge, existem 44 tipologias de espaços verdes divididas em oito grupos interligados a evidências científicas sobre um ecossistema correspondente. Essas interligações são importantes para aumentar os espaços verdes nas áreas urbanas e qualificar o entorno construído. Usando os princípios de conectividade e multifuncionalidade, é possível determinar quais desses espaços fazem parte de uma rede verde promotora de serviços na cidade e é possível identificar onde é necessário melhorar a qualidade dos ambientes construídos ou investir em novas tipologias verdes e fortalecer as ligações entre elas. São elas:

- **Parques e recreação** - grande parque urbano; parque/jardim histórico; rotatórias; jardim botânico/arboreto; Jardim zoológico; área verde do bairro; espaço verde institucional; cemitérios e terrenos sem uso; instalações esportivas verdes; • áreas de acampamento;
- **Espaços azuis** - lago, lagoa; rio, córrego; leito de rio seco; canal; estuário; delta; costa;
- **Áreas naturais, seminaturais e selvagens** - floresta (por exemplo, floresta remanescente, florestas manejadas, formas mistas) arbustivo; áreas abandonadas, rochas, dunas de areia; poço de areia, pedreira, mina a céu aberto; pântano, pântano, charco;
- **Construções Verdes** - varanda verde; parede verde no solo; parede verde com fachada; amplo telhado verde; telhado verde intensivo; átrio, Paredes verdes, painéis laterais.
- **Terras agrícolas** - terra arável; pastagem; prado/pomar de árvores; produção de biocombustível; agrofloresta; horticultura;
- **Privado, comercial, industrial e espaço verde institucional** - espaço verde conectado à infraestrutura cinza; biovaletas; caixas de árvore e árvore de rua, cerca viva; ruas e caminhos verdes; jardins privativos; aterro ferroviário; playgrounds, escolas;
- **Loteamentos** - Comunidades com jardins;
- **Corredores verdes** - Normalmente em beiras de rios

2.4 SBN E SE COMO MEDIDAS DE ABE

Os efeitos negativos do aumento das áreas impermeáveis nas cidades, como por exemplo as ilhas de calor (SIQUEIRA-GAY; DIBO; GIANNOTTI, 2017), vêm se agravando em função das mudanças climáticas. O planejamento urbano e os recentes planos de adaptação climática possuem papel integrador para ordenar o ambiente urbano e fornecer diretrizes para que a cidade possa mitigar (medidas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa) e se adaptar (medidas, ações ou oportunidades para reduzir os efeitos dessas emissões) a tais mudanças (AGUIAR; CAMARGO-CRUZ; RESENDE, 2021).

Nesse contexto, as Soluções baseadas na Natureza (SbN) representam um conceito para integrar uma série de abordagens baseadas em ecossistemas para enfrentar os crescentes desafios sociais (BUSH; DOYON, 2019). Raymond *et al.* (2017a) estabeleceram metodologia de avaliação dos benefícios das SbN para dez grandes tipos de desafios sociais, sendo um desses representados pela manutenção de áreas verdes. Segundo Kabisch *et al.* (2016), as SbN também vêm sendo associadas a outros conceitos como adaptação baseada em ecossistemas e infraestrutura verde.

Para Kabisch e Haase (2014), esses conceitos representam abordagens sistêmicas nas quais intervenções específicas são empregadas para enfrentar problemas relacionados à resiliência urbana e sustentabilidade. A infraestrutura verde caracterizada por diferentes tipos de áreas verdes (arborização urbana, praças, parques, corredores ecológicos, dentre outros) entremeada à infraestrutura cinza urbana (edifícios, vias e outras infraestruturas geralmente construídas em concreto e outros materiais não-naturais) contribui com importantes benefícios para a qualidade de vida e saúde como conforto térmico, melhoria da qualidade do ar e lazer, dentre outros (DEMUZERE *et al.*, 2014).

De acordo com Ferrari *et al.* (2019) tanto a conservação quanto a valorização de infraestrutura verde podem ser considerada uma SbN para melhorar a sustentabilidade no planejamento urbano.

O Planclima em São Paulo, indica objetivos gerais com utilização de SbN com ações de auxílio aos impactos de mudança do clima, no fortalecimento de gestão de recursos naturais para evitar a degradação, além de buscar o aperfeiçoamento com monitoramento, aplicação, eficiência e eficácia de instrumentos urbanísticos. Essas ações buscam incentivar construções sustentáveis, aumento de pavimentação permeável e aumento de áreas verdes para assim fortalecer a infiltração de água de chuva, ou outras tipologias de retenção e armazenamento

com estruturas de drenagem. Medidas mais específicas requalificam o ambiente urbano, os espaços públicos, favorecendo as atividades ao ar livre, a caminhabilidade, a cultura e a convivência das pessoas entre si e das pessoas com a natureza.

A relação entre a infraestrutura verde e essas características de resiliência em espaços públicos é frequentemente focada na gestão de águas pluviais (AHERN, 2013).

Estas estruturas de drenagem, permitem que a água possa percorrer caminhos, ou ficar retida em jardins de chuva, biovaletas, caixas de drenagem cobertas de brita e enterradas ou trincheiras drenantes. Todas essas estratégias colaboram também com algumas das ações do Planclima relacionadas a apoiar as estruturas de concreto e como soluções de drenagem sustentável. Estas ações são feitas para diversas escalas do planejamento urbano. O trabalho trata apenas as ações (19,20, 22, 23, 24, 37, 38 e 39) do Planclima em relação ao seu potencial aproveitamento de inclusão de SbN para contribuir com esses benefícios primário de mitigação de GEE e adaptação aos impactos da mudança do clima como: Aumento e maior acesso às áreas verdes e Melhoria da qualidade do ar; e outros cobenefícios (sociais, econômicos e ambientais); que esses avanços sociais e ações auxiliam no planejamento urbano.

Muitas estratégias de SbN podem ser consideradas aliadas como medidas de adaptação climática para o resfriamento, pois são como suporte de terra e vegetação, em ambientes naturais, solo natural e em edificações já construídas.

A infraestrutura verde dá suporte aos processos ecológicos da paisagem, fazendo com que os ambientes construídos promovam uma melhora na qualidade ambiental das cidades, e ainda uma melhora no ambiente e conforto de clima no lote, sempre focando na multifuncionalidade entre técnicas aplicadas e garantindo uma sustentabilidade ambiental, social e econômica.

Segundo Demuzere *et al.* (2014) a infraestrutura verde urbana pode desempenhar um papel na adaptação às mudanças climáticas através da redução da temperatura do ar e da superfície.

As SbN apresentam diferentes tipologias e, consequentemente, diferentes componentes-chave, como cobertura do solo, cobertura e forma das copas das árvores, que determinam sua capacidade de fornecer resfriamento (ZARDO *et al.*, 2017).

Estas tipologias verdes são uma maneira de aproveitar o que a natureza tem a oferecer nos ambientes urbanos, e assim contribuir para a sustentabilidade, planejamento ambiental e valorização do espaço.

As contribuições de SE para o bem-estar sustentável dos humanos e do resto da natureza (COSTANZA *et al.*, 2017). Segundo esses autores, os benefícios de provisionamento como o

de peixes entregues como alimentos para pescadores, ribeirinhos e comunidades pesqueiras. Os benefícios de regulação, incluem controle de enchentes, regulação de água em ocasião de tempestades, melhoria na qualidade do ar e controle climático. E os serviços culturais, incluem benefícios de produzir recreação, identidade, senso de lugar, senso de pertencimento e combinada a infraestruturas construídas como pontes, trilhas, dão esses valores aos espaços e pessoas.

A importância de avaliar os co-benefícios da infraestrutura verde-azul em espaços urbanos pode servir como uma estratégia de adaptação para melhorar a gestão dos recursos naturais e oferecer suporte a diferentes processos e funções do ecossistema (AMARAL *et al.*, 2021) e esta prática garante a segurança de recurso para o *nexus* água-energia-alimento (MAHLKNECHT; GONZÁLEZ-BRAVO; LOGE, 2020).

A avaliação das sinergias e os trade-offs entre os SE em sistemas integrados complexos, foi estudado por Rugani para identificar e modelar os nexos humanos-natureza complexos e interligados. Ele afirma que é uma estratégia acessível para avaliar as relações específicas entre a tecnosfera e a geobiosfera (RUGANI *et al.*, 2018).

As SbN, também auxiliam, com suas estratégias, a cidade a retornar de eventos extremos.

Resiliência urbana refere-se à capacidade de um sistema urbano e todas as suas redes sócioecológicas e sociotécnicas constituintes em escalas temporais e espaciais, para manter ou retornar rapidamente às funções desejadas em face de uma perturbação, para se adaptar à mudança e para transformar rapidamente os sistemas que limitam a capacidade adaptativa atual ou futura. (MEEROW; NEWELL, 2016, p. 45)

SbN assumem novas ideias de conservação da biodiversidade, adaptação às mudanças climáticas, estratégias de mitigação e uso sustentável dos recursos naturais (POTSCHIN *et al.*, 2016).

O Millennium Ecosystem Assessment (2005), que desenvolve ações de conservação de ecossistemas de maneira sustentável; e no Brasil, o Plano de Ação Climática - Programa de Planejamento para Ação Climática do C40, promove estratégias de conhecimento científico em favor desenvolvimento tecnológico e a inovação. O Brasil tem diversos programas, planos e inventários sobre mitigação climática para encontrar meios e estratégias de reduzir os impactos negativos do aquecimento global.

Os serviços e benefícios da infraestrutura urbana verde para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas foram estudados por Laforteza *et al.* (2009) e Gill *et al.* (2007), e estruturas conceituais foram desenvolvidas para abordar serviços e benefícios em contextos multiescalares (FAEHNLE *et al.*, 2014).

2.5 ABE

A Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) é uma estratégia de adaptação aos efeitos adversos das mudanças climáticas e busca valorizar a infraestrutura verde e diversificada gama de serviços ecossistêmicos associados para atenuar seus efeitos negativos no ambiente urbano (ROLO *et al.*, 2019; ROLO *et al.*, 2022). Segundo Geneletti e Zardo (2016), a manutenção e a valorização de áreas verdes urbanas também constituem AbE. As abordagens de AbE incluem ainda gestão, conservação e restauração dessa infraestrutura verde que prestam relevantes serviços ecossistêmicos para a sociedade (MUNANG *et al.*, 2013).

Desse modo, a AbE potencializa a oferta de serviços ecossistêmicos (SE) no ambiente urbano que resultam das funções que os ecossistemas desempenham nas cidades, como a regulação climática (FLAUSINO; GALLARDO, 2021). Os SE, por sua vez, podem ser considerados como uma proxy para avaliar tanto a mitigação das externalidades negativas, quanto as positivas como áreas verdes, associadas aos efeitos da urbanização (GAUDERETO *et al.*, 2018). Cada vez mais, políticas públicas têm sido propostas utilizando-se do conceito de SE para mensurar objetivamente esses benefícios (SOUZA *et al.*, 2018). Vários estudos demonstram que a valorização dos SE em escala local aumenta a resiliência urbana (AHERN, 2011; HAASE; FRANTZESKAKI; ELMQVIST, 2014) e, portanto, contribui para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas (SCHWARZ; BAUER; HAASE, 2011).

Herreros-Cantis e Mcphearson (2021) consideram que políticas de planejamento urbano devem garantir investimentos em SbN por meio de AbE. Zölch *et al.* (2016) destaca as SbN como estratégias de AbE considerando-se o foco em plantio de árvores e implantação de telhados verdes. Para Lehmann (2021), os SE cada vez mais têm sido internalizados na agenda do planejamento urbano por meio do plantio de árvores nas ruas e avenidas, jardins, parques, florestas urbanas, telhados verdes e paredes vivas dentre outros. Os SE vêm sendo utilizados como indicadores que podem ser mensurados para avaliação das estratégias de enfrentamento das mudanças climáticas no planejamento urbano (VAN OUDENHOVEN *et al.*, 2018). O uso de análise geoespacial para mensurar abordagens baseadas em SE vem sendo preconizado (LAFORTEZZA *et al.*, 2018) e testado para avaliar fluxo e demanda de SE pela análise da cobertura do solo (BARÓ *et al.*, 2016). A infraestrutura verde representa uma das medidas para atenuação de ilhas de calor urbanas, como confirmada por Wang *et al.* (2015) ao estudar o papel das áreas cobertas de árvores no arrefecimento da temperatura média urbana, configurando-se em medidas de AbE (LEHMANN, 2021).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método empregado nessa pesquisa é o de análise geoespacial e análise de indicadores (SE) para aplicação de métodos de análise propostos na literatura (ZARDO; GENELETTI; PÉREZ-SOBA, 2017), a serem empregados no planejamento urbano em contexto nacional.

Os Sistemas de Informação Geográfica (GIS) têm sido amplamente utilizados como ferramenta no planejamento urbano e na caracterização do uso do solo. A análise geoespacial com o suporte do GIS vem sendo empregada para equacionar desafios urbanos no planejamento (MALCZEWSKI, 2006), para a proposição de indicadores no planejamento urbano (SIQUEIRA-GAY; GALLARDO; GIANNOTTI, 2019) e para integração dos SE na tomada de decisão sobre áreas verdes (PETRONI; SIQUEIRA-GAY; GALLARDO, 2022).

O uso da tecnologia é uma tendência de avanço para o papel de mapeamento e modelagem do uso de solo, principalmente, na perspectiva sociopolítica e participativa do GIS, (MALCZEWSKI, 2004). A maioria das ferramentas atualmente disponíveis aborda apenas uma parte de leituras espaciais (FERRETTI; MONTIBELLER, 2016; GREENE *et al.*, 2011; MALCZEWSKI; RINNER, 2015). Para tanto, é necessário coletar, classificar, identificar e vincular grandes quantidades de dados espaciais e não espaciais.

Figura 6 - Fluxograma do Método



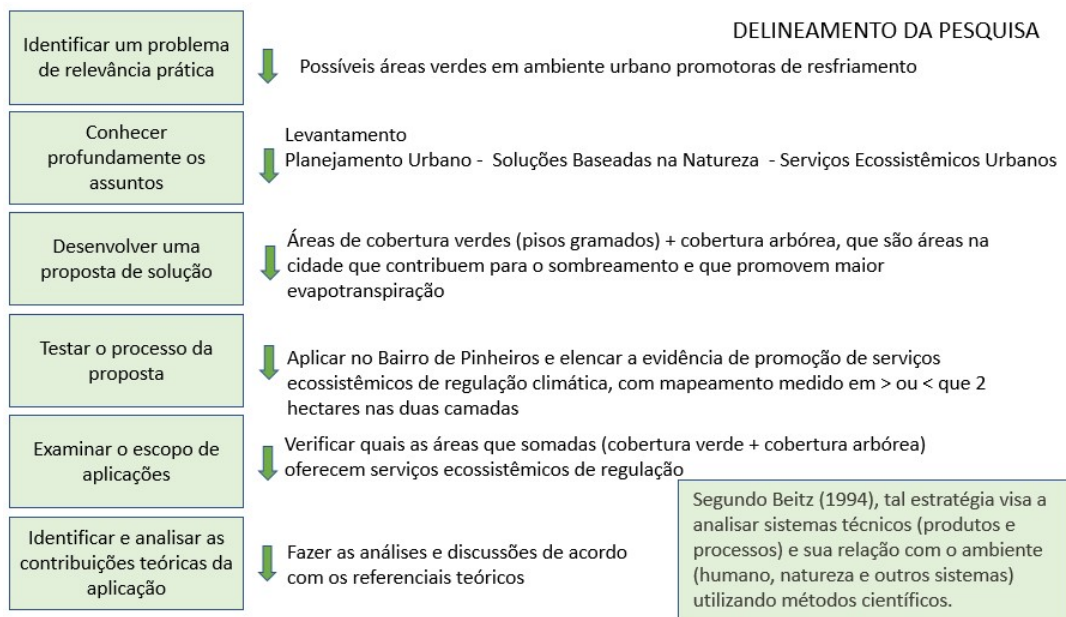
Fonte: elaborada pela Autora.

Como o recorte de análise é uma área urbana, cabe destacar que o tecido urbano é constituído por diversos usos de solo que delimitam as principais características ou tipologias de infraestrutura existentes na cidade, como edifícios, áreas e espaços livres, áreas verdes, praças, calçadas, cursos de água, dentre outros. O objeto de estudo desse trabalho refere-se a analisar o uso do solo da infraestrutura existente, com foco em tipologias de áreas verdes.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

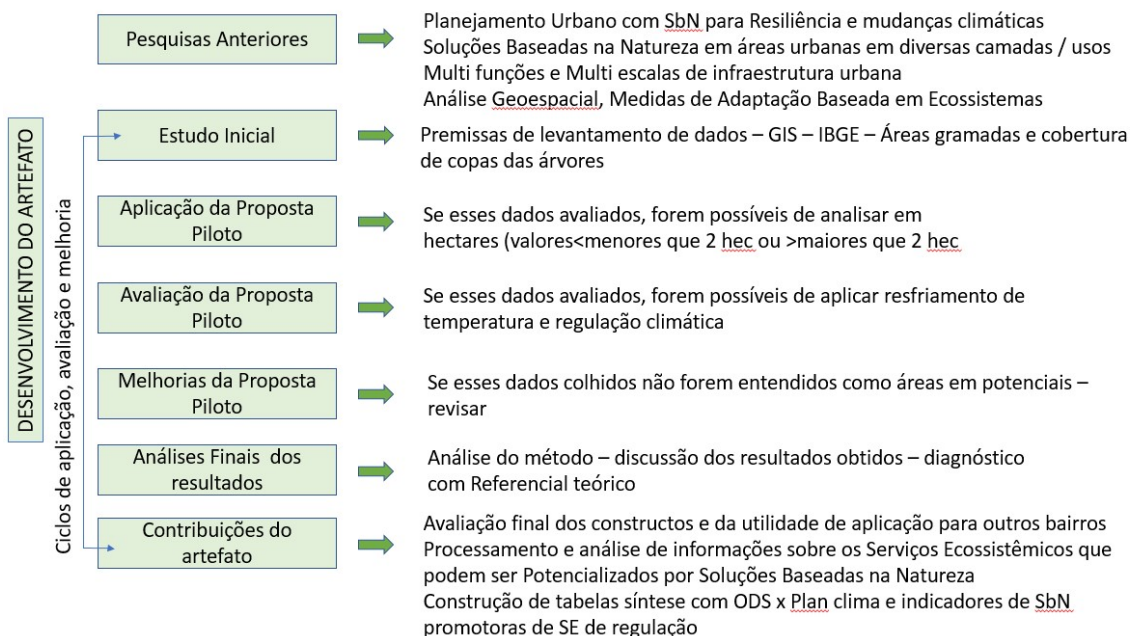
Esta pesquisa aplicada irá utilizar análise espacial de cobertura verde e copa das árvores para avaliação dos serviços ecossistêmicos de regulação climática ofertados por SbN. A pesquisa inicia com estudo de áreas em potencial de um recorte urbano que contribuam para o resfriamento e sombreamento de áreas urbanas e que possam ser medidos e classificados.

Figura 7 - Delineamento da Pesquisa



Fonte: elaborada pela Autora.

Figura 8 - Etapas de procedimentos de análise dos dados encontrados



Fonte: elaborada pela Autora.

3.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Este estudo foi feito em duas etapas. Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliométrica, apoiada por *software*, de artigos científicos resultantes das palavras-chaves buscadas na base de dados: Scopus, procurando entender como o assunto vem sendo abordado e para elucidar os temas da pesquisa em um período temporal, dos autores mais citados (QUEVEDO-SILVA *et al.*, 2016). Após a análise da documentação, numa segunda etapa, com processo de construção descritiva dos temas, foi feito o referencial teórico.

Quadro 4 - Equação de busca

Base de Dados	SCOPUS
String	“(TITLE-ABS-KEY ((urban AND planning)) AND TITLE-ABS-KEY (("ecosystem service*")) AND TITLE-ABS-KEY (("nature based solution*"))) “
Anos das publicações	2015-2022
Documentos encontrados	115

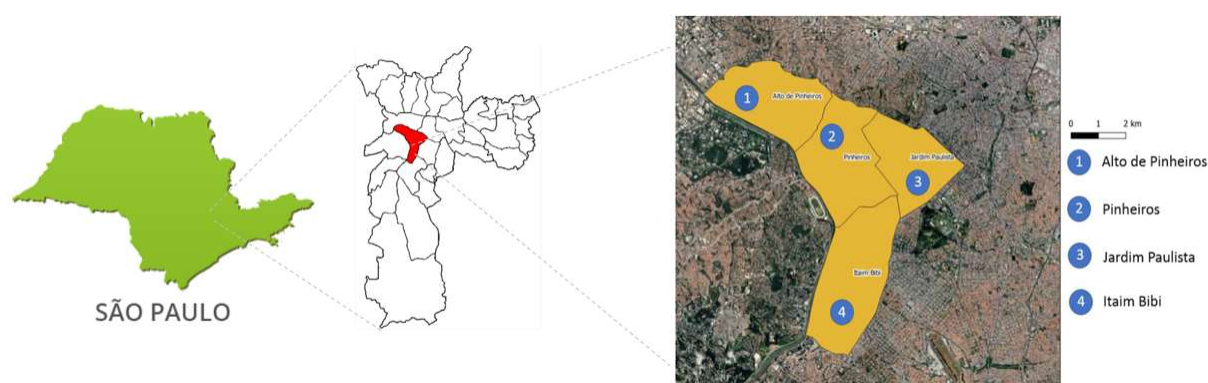
Fonte: Scopus (2021).

A partir desses textos, iniciou-se a leitura e mapeamento de outros artigos, sites, manuais e livros neles citados, estes foram selecionados para completar o esclarecimento conceitual e referencial teórico dos termos em análise e, a partir da leitura e estudo desses artigos, foram encontradas as abordagens para completar os objetivos propostos.

3.4 ÁREA DE ESTUDO

O estudo de análise espacial foi aplicado no bairro de Pinheiros em São Paulo que abrange 31,70 km² da área do município de São Paulo, sendo dividido em 4 subdistritos: Alto de Pinheiros, Itaim Bibi, Jardim Paulista e Pinheiros. A Figura 10 e o Quadro 5 a seguir apresentam, respectivamente, a localização da área e alguns dados socioeconômicos.

Figura 10 - Mapa de Distritos de Pinheiros



Fonte: autora, 2022.

Quadro 5 - Dados dos subdistritos que compõem o bairro de Pinheiros

Subdistritos do Bairro de Pinheiros	Densidade Demográfica Hab/ Km ²	População (2010)	Área Superfície (Km ²)
Alto de Pinheiros	5.600	43.117	8.207
Itaim Bibi	9.351	92.570	10.970
Jardim Paulista	14.540	88.692	6.826
Pinheiros	8.171	65.364	9.059
Bairro Pinheiros	9.140	289.743	35.062

Fonte: elaborado pela autora, 2022 a partir dos dados do IBGE (2012).

O bairro de Pinheiros, ocupa a segunda posição no índice de Desenvolvimento Humano na cidade de São Paulo, segundo dados da Prefeitura. O largo da Batata, onde fica o mercado municipal, possui importância histórica comercial, é conhecido assim por concentrar vendedores de batata na década de 1920, além de sua importância para os transportes, pois lá chegavam os bondes elétricos em 1930. Do lado do rio Pinheiros, com o início da construção da BR-2 (futuramente Raposo Tavares), o largo era o ponto de comércio de agricultores de Cotia que vinham comercializar seus produtos. O largo era uma importante conexão comercial com o Oeste Paulista.

Na região foi ainda fundada a capela de Nossa Senhora da Conceição, pelos jesuítas José de Anchieta e Manuel da Nóbrega. Permaneciam ali muitas casas antigas de produtos agrícolas, e mais tarde chega a instalação dos Hospital das Clínicas em 1944.

O Largo da Batata fica em um dos principais cruzamentos da cidade, entre a Avenida Brigadeiro Faria Lima e a rua Teodoro Sampaio. Um projeto de modernização do largo foi idealizado em 2001, quando o arquiteto Tito Lívio Frascino ganhou um concurso.

Nas proximidades, um projeto para resgate de uma área contaminada transforma uma praça em espaço aberto para Sustentabilidade, a Praça Vitor Civitta, que foi inaugurada em 2006. O projeto, de Levisky Arquitetos Associados, com a participação da arquiteta convidada Anna Dietzsch, foi todo elaborado a partir de premissas sustentáveis visando redução de entulho, baixo consumo de energia, utilização de materiais reciclados, legalizados e certificados, reuso de água, aquecimento solar, manutenção da permeabilidade do solo.

Durante as obras da construção da estação Pinheiros, em janeiro de 2007, foi registrado o mais grave acidente da história do metrô de São Paulo, grande parte do túnel de acesso da construção da estação Pinheiros, desmoronou, abrindo uma cratera de mais de 80m de diâmetro. Sete pessoas morreram no acidente, um micro-ônibus que passava naquele momento foi engolido, junto com diversos carros e várias casas. Após o acidente a obra ficou parada até que ficasse pronta a próxima estação Butantã, que também recebeu um terminal de ônibus. A inauguração aconteceu em maio de 2011 e a integração com a estação da CPTM em junho.

Pinheiros foi a estação mais profunda do Metrô de São Paulo até setembro de 2018, com a inauguração da Estação Santa Cruz da Linha 5. Suas plataformas de embarque localizam-se cerca de trinta metros abaixo do leito do Rio Pinheiros.

Em 2013 foi inaugurado o novo terminal intermodal de Pinheiros, que conflui a linha 4 Amarela do metrô, a linha 9 – Esmeralda da CPTM e o terminal urbano de ônibus com plataforma no nível da rua. O projeto arquitetônico do terminal é de Tito Lívio Frascino Arquitetos Associados. O bairro ainda abriga a Praça do Pôr-do-sol, que fica no Alto de Pinheiros, o Museu da Imagem e do Som, o Museu da Casa Brasileira e o Instituto Tomie Ohtake. Poucos bairros da cidade têm tanta oferta de Shoppings, em Pinheiros estão localizados o Shopping Eldorado e o Shopping Iguatemi e o Shopping JK que fica na Avenida Juscelino Kubitschek.

A avenida Faria Lima ainda é cortada por uma ciclovia com 17,9 quilômetros de extensão, considerando eixo principal e ciclo faixas, cobre o caminho até a Av. Luís Carlos Berrini pela Marginal Pinheiros. Diariamente, cerca de 6,5 mil ciclistas utilizam a ciclovia da

Os distritos de Pinheiros estão bem no coração da cidade e embora tenha o maior IDH, apresenta grandes oportunidades de aumento de áreas verdes e espaços públicos abertos. O bairro está localizado entre os parques urbanos da cidade, Parque Ibirapuera, Parque Vila Lobos, Parque Augusta e Parque da Água Branca.

De acordo com o Mapa do Macrozoneamento de São Paulo (Figura 12), as maiores regiões verdes da Cidade são de Mata Atlântica e concentram-se nas extremidades, são as Macrozonas de Proteção Ambiental. Essas zonas e informações do território, são instrumentos de real preocupação da necessidade de proteção da Mata Atlântica e das áreas verdes.

Essas áreas obedecem às diretrizes do Plano Diretor (PDE) as Política de Desenvolvimento Econômico Sustentável, os Instrumentos de Política Urbana e de Gestão Ambiental, a Política Ambiental e o Sistema de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres (PLANPAVEL).

A figura 12, demonstra que existe, uma injustiça entre os bairros e distritos de São Paulo, pois a área mais urbanizada, mais centralizada do mapa, (áreas de cor cinza) são áreas deficitárias de áreas verdes, o bairro de Pinheiros está nesta região.

3.5 ANÁLISE GEOESPACIAL DE DADOS

A análise espacial foi feita utilizando o *software* de código aberto QGIS 3.26.3 e *with* GRASS7.6.1 como *plugin* acessório para leitura de mapas provenientes de bases de dados abertos de *shapes* e planilhas censitárias de domínio público (IBGE, 2012).

Foram feitos dois mapas um que identifica a cobertura vegetal em relação as camadas impermeabilizadas e outras camadas e um mapa de capacidade de resfriamento de dois tipos de cobertura vegetal, gramado e copas de árvores.

Foi usado como base do mapa em *Open Street Maps (OSM)*, com coloração cinza (ESRI *Gray Light*), sistema de coordenadas Datum WGS84 com imagem de fundo realizada com limites dos distritos (SDMU, 2015). Para a elaboração do mapa de cobertura vegetal, foi utilizada imagem *raster* de classificação baseada no Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI), que mede a área verde e a densidade da vegetação capturada em imagem de satélite. Desta imagem foram removidos os objetos não vegetados do modelo digital do terreno, como edificações, vias, veículos, dentre outros. O mapa da cobertura vegetal considerou a somatória das coberturas arbóreas e das coberturas vegetais do piso (gramados) em cada subdistrito que compõem o bairro de Pinheiros.

Esta análise geoespacial compreendeu a elaboração do mapa da cobertura vegetal ou da infraestrutura verde existente, para os quais foi associado o potencial de oferta de SE, conforme preconizado por Zardo *et al.* (2017).

Na análise do indicador de capacidade de resfriamento da infraestrutura verde, para as tipologias da cobertura vegetal foi avaliada a oferta de áreas com capacidade de resfriamento de acordo com o tamanho dessas áreas. Segundo Zardo *et al.* (2017), além da contribuição relativa do sombreamento e evapotranspiração, o tamanho das áreas verdes influencia diretamente na sua capacidade de resfriamento do clima, sendo o limiar em torno de 2 hectares de áreas verdes considerado representativo para distinguir áreas pequenas (inferior a 2 hectares, pode resfriar até 1 °C) ou grandes (superior a 2 hectares, pode resfriar entre 2 °C a 4 °C). Assim, com o suporte do QGIS, foram identificadas as áreas maiores e menores que 2 hectares (medidas em hectares) que correspondem aos SE de regulação climática.

A avaliação espacial desse indicador permite e mensurar espacialmente a oferta de SE e comparar essas áreas, por exemplo, para avaliar e definir prioridades para receber SbN e AbE em um plano de intervenções urbanísticas no contexto do planejamento urbano.

3.6 QUADROS CONCEITUAIS DE OPORTUNIDADES ABE

Para discutir a inclusão de SbN e SE como medidas de apoio para ações do PlanClima e ODS foram elaborados dois quadros conceituais principais (Quadros 6 e 7) para identificar as oportunidades de uso de SbN como estratégia para atendimento aos objetivos a serem alcançados e como medidas de Adaptação climática baseada em ecossistemas.

Muitos estudos de promoção de SE como ferramenta para planejamento urbano foram feitos em diversas escalas. Existe, uma oportunidade de reflexão neste estudo, sobre como as SbN poderiam ser aplicadas e integradas como ações de planos climáticos. As camadas de uso de solo estudadas foram baseadas em identificar a oferta de SE nos distritos e como as áreas poderiam ofertar melhor regulação climática.

Estudos de planejamento urbano com avaliações de serviços ecossistêmicos como ferramenta em escala local e regional, foram feitos em Nova York, por Kremer, Hamsteadb e Mcphearsona (2016), em Trento, Italia por Geneletti (2020); em Bilbao, por Fernández *et al.* (2021), Rescaldina, Milão, por Ronchi (2020); Guangzhou, China, por Jing (2020) e na Romênia por Ioja (2021).

Figura 12 - Mapa de estratégias para diversas escalas de aplicação



Fonte: elaborada pela Autora.

Em cada escala projetual, seja em pequenas áreas, pequenas expansões de áreas verdes urbanas, praças, rotatórias, como para bairros e bairros e bairros, com coleta de água de chuva, intervenções nas edificações, biovaletas, caixas de árvores, calçadas drenantes, jardins de chuva ou em grandes escalas de planejamento e desenvolvimento urbano, como mostra a Figura 12.

Um grupo de ações do PlanClima indica intervenções de SbN que ajudam na regulação da temperatura urbana com promoção de SE de regulação, essas estratégias de SbN norteiam especificamente a solução ideal para cada escala de intervenção. A análise dos mapas e identificação de áreas com maior capacidade de refrigeração, corresponde a ações e processos que foram observadas em Pinheiros e podem ser caracterizadas como medidas de AbE. O quadro 6 apresenta a análise realizada com os Objetivos do Planclima:

Quadro 6 - Objetivos Planclima – SbN com SE de Regulação para AbE

Objetivo	Descrição do objetivo	Oportunidades de AbE com uso de SbN	SE de Regulação Climática
19	Promover melhoria da Qualidade Ambiental	Piso drenante, aumento das áreas verdes, aumento do sombreamento, jardins de chuva, biovaletas, teto verdes, jardins vegetados, jardins de chuva, caixas de árvore com reservatório de água	Sombreamento Aumento de áreas verdes Purificação do Ar Aumentar áreas verdes e com árvores
	Auxiliar em impactos das Mudanças do Clima		
	Fortalecer a gestão de recursos naturais		
	Evitar a degradação		
	Auxiliar ao atingimento de metas de sustentabilidade		
20	Aperfeiçoamento em monitoramento, aplicação, eficiência e eficácia de instrumentos urbanísticos	Criação de elementos indicadores de resfriamento por km ² ou por m ²	Criação de elementos indicadores de resfriamento por km ² ou por m ²
	Adaptação aos impactos das mudanças do clima	Telhado verde, parede verde, reservatórios de água de chuva, áreas verdes vegetadas, árvores, calçadas drenantes	Sombreamento Aumento de áreas verdes Purificação do Ar, Coberturas e fachadas com vegetação melhoram o conforto térmico dos edifícios
	Mitigação de emissão de gases de efeito estufa		
	Mitigação aos impactos das mudanças do clima		
	Adoção de fontes renováveis de energia		
	Construções sustentáveis		
22	Aumentar área permeável em edificações com utilização de pavimentação permeável	Piso drenante, aumento das áreas verdes, aumento do sombreamento, jardins de chuva, biovaletas, teto verdes, jardins vegetados, jardins de chuva, caixas de árvore com reservatório de água	Sombreamento Aumento de áreas verdes Purificação do Ar
	Aumentar área permeável em espaços públicos com utilização de pavimentação permeável e aumento de áreas verdes no leito carroçável		
	Aumento de permeabilidade		
	Soluções de drenagem sustentável		
	Aumentar a infiltração de água de chuva		
23	Incrementar o uso de SbN nas obras da Infraestrutura de Drenagem	Piso drenante, aumento das áreas verdes, aumento do sombreamento, jardins de chuva, biovaletas, teto verdes, jardins vegetados, jardins de chuva, caixas de árvore com reservatório de água	Diminuição da temperatura e ilhas de calor, aumenta a evapotranspiração
	Incorporar chuvas com período de retorno de 100 anos		
	Aumentar flexibilização da gestão da drenagem		
	Medidas de apoio ao arrefecimento da temperatura	Sombreamento e aumento das áreas verdes	

Objetivo	Descrição do objetivo	Oportunidades de AbE com uso de SbN	SE de Regulação Climática
23	Utilização de outros materiais que contribuam no apoio de estruturas verdes que porventura as estruturas de concreto suportem	Piso drenante, aumento das áreas verdes aumento do sombreamento	Diminuição da temperatura e ilhas de calor, aumenta a evapotranspiração
	Levantar locais prioritários para implantação de SBN por distrito	Criação de elementos indicadores de resfriamento por km ² ou por m ²	
24	Requalificação de espaços públicos viários favorecer atividades ao ar livre, caminhabilidade, a cultura e a convivência	Piso drenante, aumento das áreas verdes, aumento do sombreamento, jardins de chuva, biovaletas, teto verdes, jardins vegetados, jardins de chuva, caixas de árvore com reservatório de água	Melhorar o conforto térmico com Diminuição da temperatura e ilhas de calor, aumentar o acesso da população a áreas verdes
	Melhorar o conforto térmico		
	Aumentar a permeabilidade do solo		
	Favorecer a drenagem pluvial		
	Requalificação de calçadas		
	Acessibilidade para PCD PNE		
	Requalificação territórios de interesse a cultura e paisagem		
	Mudanças e riscos climáticos		
37	Aumentar infiltração de água de chuva e outros SE	Aumento do sombreamento e áreas verdes, mais áreas verdes urbanas com aumento de áreas de convívio, melhoria da permeabilidade e parques lineares, com conexão de bairros e circuitos verdes	Melhora na gestão, conservação e restauração de infraestruturas verdes urbanas,
	Árvores nativas		
	Melhoria do conforto térmico		
	Proteção da biodiversidade		
	PMAU - Plano Municipal de Arborização Urbana		
	PMAU - Plano Municipal de Áreas Protegidas		
	PLANPLAVEL - Plano de Áreas verdes e espaços livres		
	Promover conectividade entre parques e praças		
38	Promover SE com espécies nativas atrativas a fauna para polinização e dispersão de sementes	Piso drenante, aumento das áreas verdes, aumento do sombreamento, jardins de chuva, biovaletas, teto verdes, jardins vegetados, jardins de chuva, caixas de árvore com reservatório de água	Melhora na gestão, conservação e restauração de infraestruturas verdes urbanas, principalmente as que contribuem para escoamento de excesso água de chuva
	Fortalecer meios e instrumentos		
	Proteção e manutenção de sistemas naturais		
	Adotar SbN em políticas setoriais		
	Ações para incentivar promoção, preservação e recuperação de biodiversidade e SE		
	Aumento de permeabilidade do solo		

Objetivo	Descrição do objetivo	Oportunidades de AbE com uso de SbN	SE de Regulação Climática
39	Requalificação e proteção de corpos d'água com SbN	Piso drenante, aumento das áreas verdes, aumento do sombreamento, jardins de chuva, biovaletas, teto verdes, jardins vegetados, jardins de chuva, caixas de árvore com reservatório de água	Melhora na gestão, conservação e restauração de infraestruturas verdes urbanas, contribuem para retardar o escoamento de água e aumento de infiltração de água, reduzindo os picos de vazão
	Melhorar mapeamento		
	Planos de proteção e requalificação		
	Criação de cultura de convivência com corpos d'água		

Fonte: elaborada pela Autora.

As ações do Planclima se alinham com os ODS e apresentam uma série de indicadores possíveis de serem implantadas SbN, ou mesmo indicando estratégias de SbN proporcionando ampliação das áreas verdes e consequentemente oferecendo SE de regulação climática entre outros serviços de amortecimento de água de chuva. O Quadro 7, relaciona nas ações do Planclima estudadas, quais ODS são possíveis de serem atendidas com essas estratégias, possibilitando a integração de SbN e SE dentro das ações e contribuições.

Quadro 7 - ODS – SbN com SE de Regulação para AbE

Ação do PlanClima	ODS - Relacionado	SbN indicador	Objetivos de adaptação climática
19	3,6,11,13,15	Melhorar a qualidade ambiental, do ar, da água, do solo, da vegetação e da biodiversidade	Criação de base dados relacionadas a qualidade ambiental em SP
20	3,6,11,13	Incorporar sustentabilidade apontados no art. 7º, inciso XI, do PDE (Lei 16.050/20140), à legislação urbanística; Número de equipamentos públicos, construídos com princípios construtivos apoio na mitigação de gases de efeito estufa ou na adaptação aos impactos de mudança climática	Aumentar a aplicação, eficiência e eficácia dos instrumentos urbanísticos pra promoção de adaptação climática
22	3,6,11,13,15	Levantamento de equipamentos e espaços públicos que receberam intervenções para aumento da permeabilidade (un); Área permeável em equipamentos e espaços públicos e SP (m2) Aumento de área permeável em equipamentos e espaços públicos de SP (%).	Aumentar áreas verdes e aumentar a infiltração de água de chuva

Ação do PlanClima	ODS - Relacionado	SbN indicador	Objetivos de adaptação climática
23	6, 13	Elaborar levantamento dos locais potenciais e prioritários para implantação de macro e microdrenagem que incorpore SbN; Plano Diretor de Drenagem e Águas Pluviais e uso de SbN; Número de projetos de drenagem implantados que incorporem SbN por distrito	Minimizar alagamentos e inundações; Favorecer a prestação de serviços ecossistêmicos
24	11,13,15	Área de calçadas requalificadas	Aumentar a infiltração de água de chuva e outros SE
37	11,13,15	Preferência a uso de mudas nativas e dos viveiros de SP, Cobertura de copas por distrito (%) e Cobertura de copas por habitante (hab/m²)	Ampliação de prestação de SE com arborização, como o conforto térmico, o aumento da umidade do ar, a proteção da fauna
38	6,13,15	% de adesão, melhorar a gestão	Elaborar cadastro de áreas de patrimônio ambiental em SP favorecer a integridade e a continuidade de prestação de SE
39	6,11,13	Mapeamento	Preservar SE e reduzir exposição a riscos hidrológicos

Fonte: elaborada pela Autora.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos resultados serão analisados os conceitos do levantamento teórico, apresentando os contrapontos e perspectivas para reforçar a importância na adoção de SbN na regulação do clima, a caracterização dos achados da análise geoespacial realizada em Pinheiros com os mapas e resultados levantados e a apresentação de tabelas síntese, indicando a inclusão de estratégias de SbN promotoras de SE como medidas de apoio para ações do Plano de Ação Climática de São Paulo e atingimento a ODS.

4.1 REGULAÇÃO CLIMÁTICA COM AUMENTO DE ÁREAS VERDES

Este estudo reafirmou os potenciais benefícios para melhoria na saúde e bem estar das pessoas, que poderiam ser promovidos através implementação de SbN como estratégia promotora desses serviços ecossistêmicos de regulação climática.

No entanto ainda precisará esclarecer e definir o conceito de infraestrutura verde de forma mais prática, para estabelecer nas estratégias em edificações construídas e nas áreas verdes no planejamento urbano, quais as SbN ideais para cada área, seja km² ou hectare como estudado.

De acordo com Kabisch e Haase (2014), a criação de novas áreas verdes no planejamento urbano, pode apresentar grandes oportunidades para a gestão urbana sustentável, se as práticas de desenvolvimento incorporarem melhorias na qualidade de vida por meio da provisão equitativa de espaços verdes urbanos.

Estratégias de SbN podem ser aplicadas nas edificações para coleta de água de chuva em telhados verdes, pisos drenantes, canaletas que direcionem água para filtros e reservatórios, jardins de chuva, irrigação de jardins e paredes verdes etc. Estas medidas, proporcionam o aumento de áreas verdes e ainda no processo de evapotranspiração e melhorando a qualidade do ar com a filtragem de pequenas partículas.

A aplicação de SbN ainda oferece benefícios, ambientais, sociais e econômicos em busca de uma cidade resiliente ajudando nos efeitos da busca do desenvolvimento sustentável. Segundo Demuzere *et al.* (2014) a infraestrutura urbana verde tem sido considerada benéfica, por exemplo, por equilibrar os fluxos de água, proporcionando conforto térmico,

Figura 13 - Jardim de chuva realizado pela PMSP, programa Gentileza urbana

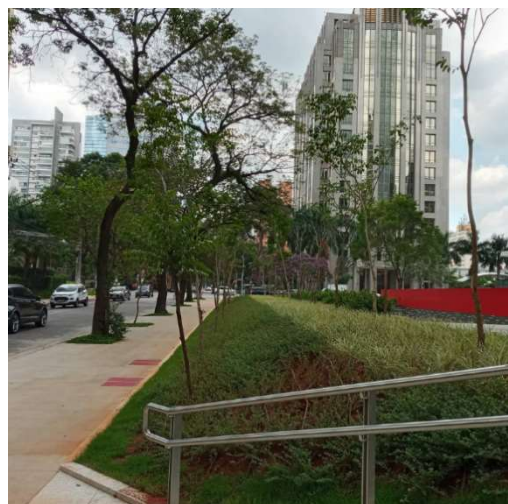


Fonte: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/se/noticias/?p=109553> Acesso em: 23/12/2022

O Programa gentileza urbana de na cidade de São Paulo, realizou diversas intervenções paisagísticas nas áreas verdes e viárias, pela cidade para captação de águas de chuva, esses jardins têm a função de ampliar a permeabilidade urbana, minimizar os efeitos do escoamento superficial e reter a água por meio de jardins de retenção hídrica, contribuindo para minimizar os efeitos de enchentes e alagamentos. São espaços pequenos, rotatórias, canteiros centrais, calçadas em interconexões de ruas e cruzamentos.

Em muitas edificações em Pinheiros, normalmente arranha céus e edifícios de escritórios, são encontradas aplicações de SbN como: telhado verde, canaletas drenantes, paredes verdes, piso drenante, biovaletas, jardins sobre laje, arborizados.

Figura 14 - SbN aplicada no edifício B32 e Figura 15 - Av. Faria Lima x Juscelino Kubitscheck



Fonte: Fotos da Autora

4.2 ANÁLISE DO POTENCIAL DE OFERTA DE SE DE REGULAÇÃO CLIMÁTICA EM PINHEIROS

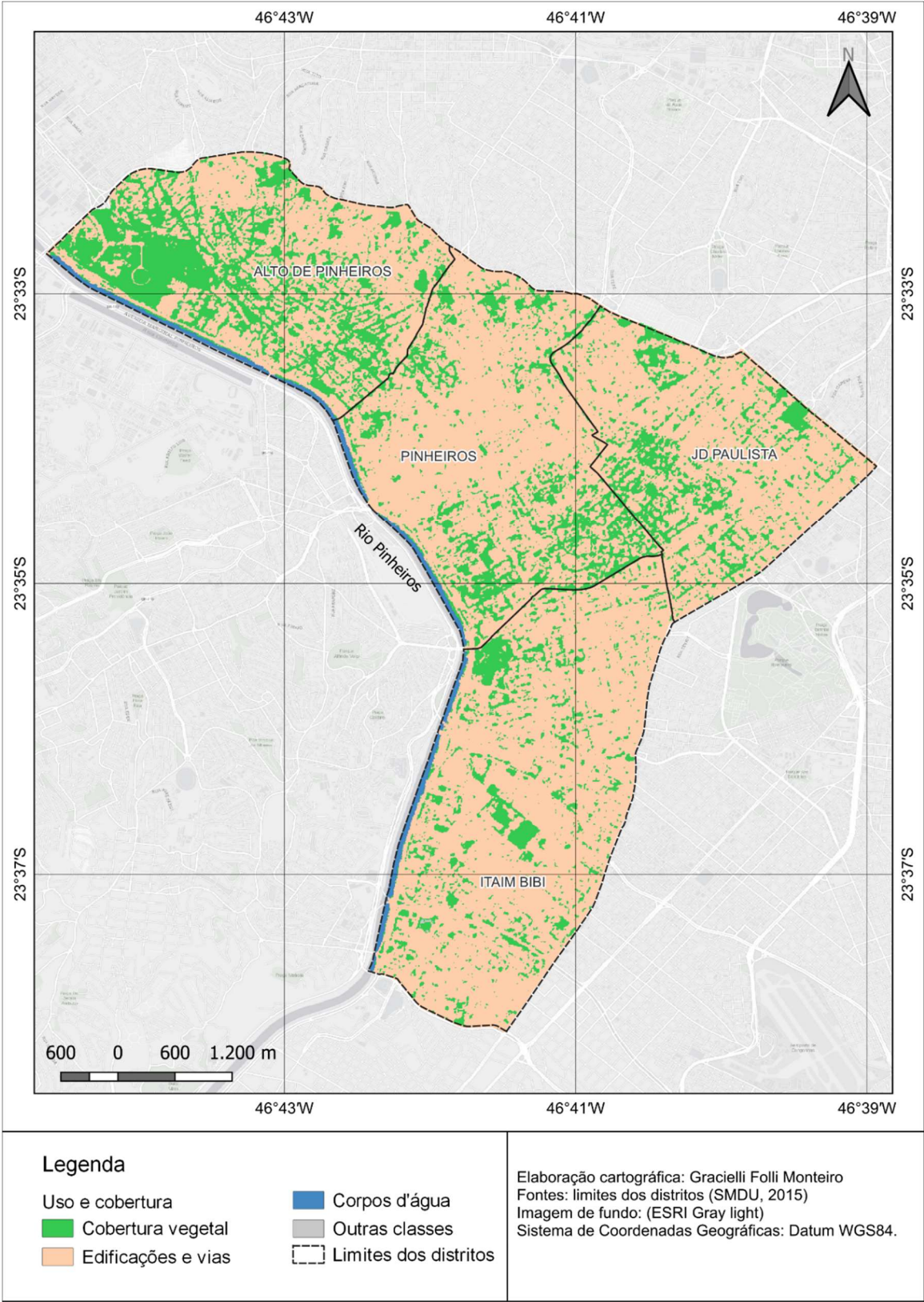
O estudo analisou os potenciais de oferta de SE de regulação climática e conforto térmico em diferentes extensões de cobertura vegetal nos quatro subdistritos de Pinheiros. Os distritos são diferentes um do outro, Alto de Pinheiros, Pinheiros e Itaim bibi, estão próximos ao Rio Pinheiros e Jardim Paulista, portanto para estas regiões seriam possíveis de serem aplicadas estratégias de SbN relacionadas a retenção de águas, reservatórios, corredores verdes e parque linear, para amortecimento de águas de chuvas. Dentro do Planejamento urbano, em determinada quantidade de área delimitada, cabem reservatórios com capacidade eficaz para o problema enfrentado. Considerados objetivos e medidas práticas e realistas na adoção de elementos de infraestrutura verde, estes precisarão ser baseados contribuir para a coerência geral e resiliência na cidade para o determinado problema a ser solucionado.

Foram elaborados 2 mapas (Figuras 16 e 17). O mapa de uso de solo (Figura 17), foi considerado primeiramente, para distinguir entre os distritos, como o uso de solo é dividido, é um mapa de cobertura de uso de solo, que reflete que as áreas analisadas, não são padronizadas e as áreas impermeabilizadas superam as áreas verdes. Como Pinheiros, é um bairro mais adensado urbano fica evidente no mapa que a parte impermeabilizada (calçadas, vias, edificações) são maiores que as áreas verdes, portanto, onde há maior demanda de áreas verdes. A infraestrutura cinza já estabelecida pode ser utilizada como equipamento, especialmente adequado para áreas urbanas mais adensadas, principalmente devido à dificuldade de criação de novos espaços verdes.

As áreas consideradas para o estudo referem-se apenas a gramados e cobertura de copas de árvores, excluindo pisos impermeabilizados e edificações, ou seja, a infraestrutura cinza, representadas na cor rosa no mapa (Figura 17) incluindo vias, calçadas e edificações e as camadas de cor verde, são as árvores e gramados, objeto do estudo, que será aprofundado no mapa (Figura 18).

Esses dados espaciais podem ajudar formuladores de políticas e planejadores urbanos a priorizar locais, para usar SbN, para se adaptar às mudanças climáticas e à poluição do ar. Os dados analíticos servem para atingir algumas ações do Planclima e atingimento de algumas metas e objetivos ODS pois em algumas delas, são delimitadas como indicadores em m², Km² ou hectares como avaliativo.

Figura 16 - Mapa de Uso de solo Pinheiros



Fonte: elaborada pela Autora.

Para identificar as áreas em hectares das áreas verdes de Pinheiros e mostrar um nível mais aprofundado de análise, foi elaborado o mapa (Figura 17) que está representado com duas cores principais, uma lilás mais escura para representar áreas dos subdistritos com mais de 2 hectares e a cor mais clara de lilás as áreas que representam metragens inferiores a 2 hectares, elaborado conforme preconizado por Zardo *et al.* (2017).

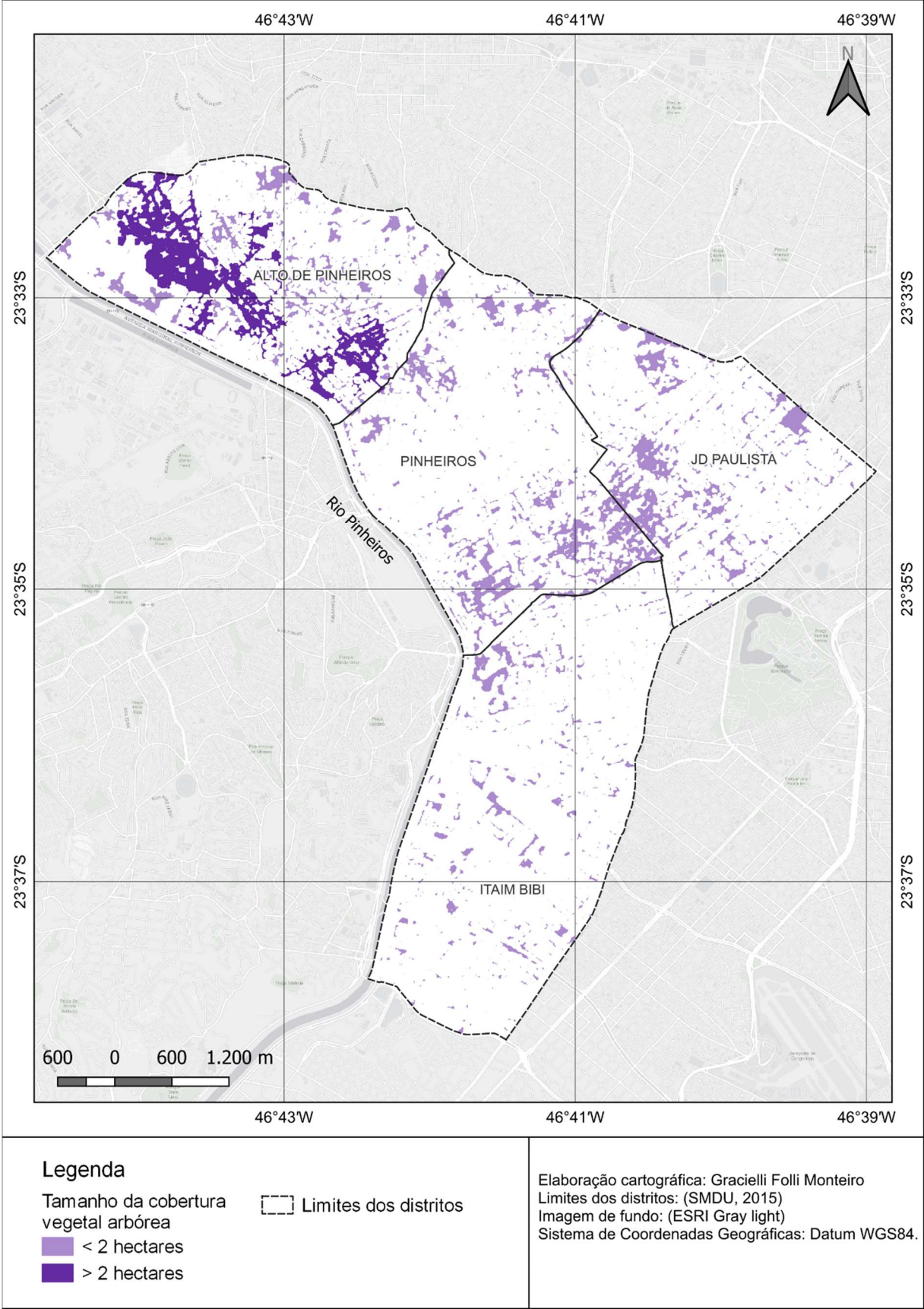
Pela análise da Figura 17, apenas o subdistrito do Alto de Pinheiros, possui mais de 2 hectares de cobertura vegetal. Isso significa que este subdistrito se destaca em relação aos outros em termos de prestação de serviços de regulação climática e refrigeração urbana.

Conforme enfatizado por Chang C., Chang M. e Li (2007), o tamanho da cobertura vegetal determina os benefícios da regulação do clima em áreas urbanas. A vegetação contribui para o processo de sombreamento do terreno. Conforme apontado por Munang *et al.* (2013), quanto maior a área de abastecimento do SE, melhor o desempenho da regulação climática, pois essas áreas contribuem para o aumento da umidade do ar e aumento da evapotranspiração.

As áreas em hectares demonstradas no estudo, mais direcionado a quantificação, capacita o tomador de decisão no planejamento urbano, a identificar as prioridades de aplicação de SbN nessas áreas verdes e quais destas estratégias seriam possíveis de serem instaladas e atender de forma específica mais direcionada, ao problema a ser enfrentado.

Os indicadores do Planclima e alguns indicadores de ODS, relativas a medidas e dimensionamentos são apresentados em km², esses valores ajudam a definir onde na cidade existe maior oferta e demanda de determinada solução, isto é, demonstram onde é mais necessário aumentar as áreas verdes, com as SbN promotoras de SE de regulação climática em hectares, disponível em cada subdistrito que o compõe.

Figura 17 - Mapa de Capacidade de resfriamento de cobertura vegetal



Fonte: elaborada pela Autora.

Pela análise da Figura 17, apenas o subdistrito do Alto de Pinheiros, no bairro de Pinheiros apresenta áreas de cobertura vegetal superiores a 2 hectares. Isso significa que, em termos de oferta de serviço de regulação climática, de arrefecimento da temperatura urbana, esse subdistrito destaca-se com relação aos demais. O porte da área da cobertura vegetal condiciona os benefícios de regulação do clima nas áreas urbanas, pois como salientado por Chang C., Chang M. e Li (2007), a vegetação contribui com os processos de sombreamento do terreno. Quanto maior a área de oferta de SE, melhor desempenho de regulação climática, pois essas áreas ajudam no aumento da umidade do ar e aumentam a evapotranspiração, como apontado por Munang *et al.* (2013).

A análise da extensão das áreas verdes entendidas como áreas prestadoras de SE de regulação climática para o bairro de Pinheiros, como destacado por Munang *et al.* (2013) e Geneletti e Zardo (2016) pode subsidiar a tomada de decisão no planejamento urbano. Os dados quantitativos e a distribuição espacial das áreas verdes entre os subdistritos do bairro de Pinheiros permitem ao planejador urbano analisar os SE prestados e definir locais prioritários para inclusão de estratégias de AbE. Para obter melhores resultados na implantação de AbE é importante priorizar a criação de áreas verdes que sejam superiores a 2 hectares.

A ilha de calor urbana normalmente é retratada como aumento da temperatura do ar dos ambientes urbanos em relação aos seus arredores e em estudos específicos de clima urbano, é bastante comum adotar a divisão do comportamento espacial do gradiente de temperatura em ilhas de calor e ilhas de frescor urbanas. Com a avaliação da influência da distribuição da vegetação e classificação térmica espacial da ilha de calor, de acordo com os usos de solo da Prefeitura de São Paulo, foi possível identificar que áreas com elevada concentração de vegetação, eram representativas na diminuição da temperatura, segundo Barros e Lombardo (2016).

Ainda como destacado por Geijzendorffer, Martín-Lopez e Roche (2015), um dos objetivos do planejador urbano é reduzir as ilhas de calor urbanas e essas diretrizes devem ser consideradas não somente para o aumento da quantidade das áreas verdes urbanas, mas também quanto à sua localização. Assim, por exemplo, adensar áreas verdes existentes pode permitir alcançar extensões superiores a 2 hectares e que sejam de fato maximizados os benefícios dos SE nesse contexto.

Para o uso no planejamento, esses dados vêm sendo destacados por Cortinovis e Geneletti (2018, 2020) para serem considerados como estratégias de AbE em áreas urbanas. Isso também se coaduna ao proposto por Andersson *et al.* (2019), para os quais os SE podem ser utilizados em processos de planejamento urbano, ajudando a integrar SE multifuncionais

nas paisagens das cidades e contribuindo para a promoção da sustentabilidade urbana. Como destacado por Cortinovis e Geneletti (2018), a consideração dos SE é fundamental para promover o desenvolvimento urbano sustentável, uma vez que as decisões sobre o uso do solo urbano vão condicionar a disponibilidade de oferta desses serviços fundamentais ao bem-estar da população.

Considerar as estratégias para adoção de AbE no ambiente urbano pode suprir as necessidades de diminuição de temperatura local para enfrentamento das ilhas de calor, como discutido por Siqueira-Gay, Dibo e Giannotti (2017). Os subdistritos do bairro de Pinheiros com áreas verdes em extensão menor de 2 hectares são os que apresentam maiores demandas para ampliação dessas estratégias de regulação do clima.

Essa análise soma-se ao que está previsto no Planclima (PLANCLIMA, 2021), em sua Ação 22, referente ao uso de AbE e SbN para aumento da área permeável em espaços públicos por meio do incremento de áreas verdes. Assim, a consideração da extensão das áreas verdes superiores a 2 hectares permite contribuir de modo mais efetivo para garantir a resiliência não somente do bairro de Pinheiros, mas colaborando para a cidade de São Paulo.

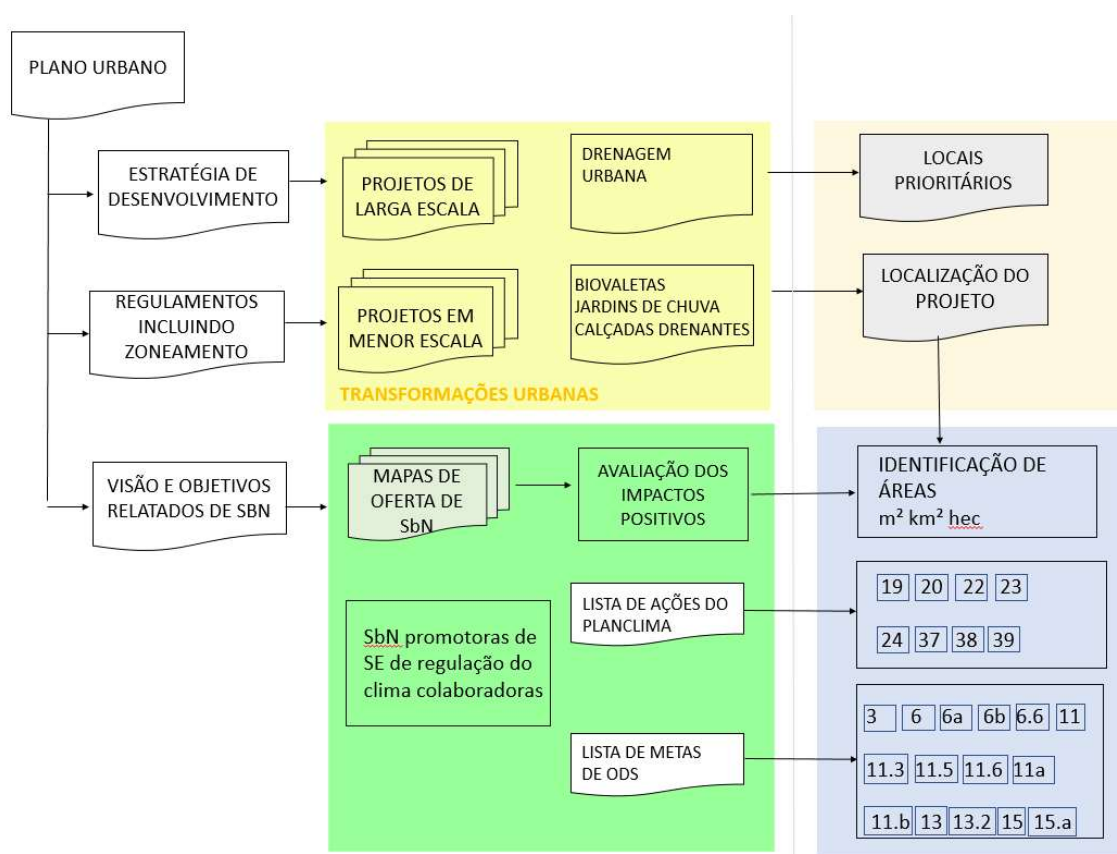
O investimento na extensão das áreas verdes é relevante instrumento na busca da sustentabilidade urbana e da mitigação das mudanças climáticas (MARÓSTICA *et al.*, 2021). Um ambiente equilibrado traz melhoria na qualidade de vida mental e física dos cidadãos, além dos benefícios à cidade e um desenvolvimento mais inclusivo, atendendo ao preconizado no artigo 225 da Constituição Federal, bem como ao Plano de Ação Climática do Município de São Paulo.

4.3 SBN - INDICADORES PARA AÇÕES DO PLANCLIMA E ODS

Como forma de análise dos dados pesquisados e apresentação dos resultados relacionados aos indicadores possíveis para atendimento de Objetivos do Planclima e Objetivos e metas ODS, foi elaborada a Figura 18.

A figura demonstra do lado esquerdo, que dentro do planejamento urbano, existem diversas estratégias de desenvolvimento que podem ser inseridas em regulamentos, zoneamento da cidade, ODS, Planos Climáticos, Planos de Adaptação e outros instrumentos, em pequenas e largas escalas, buscando o atingimento de objetivos. Do lado direito da figura, foram elencados os indicadores usados nas metas e objetivos, alguns são áreas em km², m² e hec, estes indicadores que possibilitam atender diversas ações do Plan clima e também metas ODS.

Figura 18 - Estratégias de SbN para potencializar SE de Regulação Climática



Fonte: elaborada pela Autora.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, para elucidar as considerações finais deste estudo, a análise do uso do solo quanto à infraestrutura, em especial a infraestrutura verde, dos quatro subdistritos do bairro de Pinheiros, na cidade de São Paulo, corrobora que a oferta de SE de regulação climática em áreas verdes urbanas constituem medidas de AbE que podem ser utilizadas para tomada de decisão no planejamento urbano voltada para a adaptação climática.

A pesquisa corroborou com a literatura ao evidenciar os termos específicos relacionados a temática, mais associados ao planejamento urbano com embasamento bibliográfico sobre como existem estratégias e diferentes arranjos de potenciais ofertas de serviços ecossistêmicos que dependem também de características de localidade e regionais, mas que em conjunto formam importantes medidas de AbE.

As SbN, tanto em áreas verdes livres como em ambientes construídos, são capazes de dar suporte, garantindo áreas verdes para estratégias como paredes verdes, tetos verdes, calçadas drenantes e estes dispositivos podem ser inseridos em projetos urbanos qualificando o ambiente.

Os princípios de SbN, no que se refere à drenagem sustentável urbana, podem ser aplicados e amplicados nos projetos urbanos, caso fossem melhor entendidos como ações otimizadas de prevenção a eventos climáticos.

Adotar SbN para promoção de SE para planejamento urbano aumenta o fornecimento de SE de regulação climática, e consequentemente atingir objetivos de adaptação ao clima e de desenvolvimento sustentável torna-se um alvo mais efetivo.

A adoção de SbN também ajuda a aumentar áreas verdes para produção de alimentos, como hortas urbanas e promover outras infraestruturas verdes em edificações já construídas, melhorando o conforto climático, a economia de energia e reuso de água, medidas essenciais. Assim, usar outras áreas novas impermeáveis, para promoção de áreas verdes, permite ampliar o capital natural, que ficará cada vez mais fortalecido.

A aplicação de estratégias de SbN ajuda a promover uma cidade resiliente e sustentável. A aplicação de tetos verdes, jardins de chuva e paredes verdes, que unem tanto os elementos da natureza como o caráter ecossistêmico, possibilita uma integração de valores sociais, culturais e naturais favorável a um prolongamento do tempo e da qualidade de vida do sujeito urbano e/ou urbanizado.

Foi demonstrado que a estimativa da extensão de áreas verdes urbanas pela análise do uso do solo permite considerar tanto em termos de recorte administrativo (subdistritos) quanto

de recorte espacial (localização) a oferta atual de SE, subsidiando decisões sobre o aumento das áreas verdes. A aplicação mostrou resultados para o caso do bairro de Pinheiros, em que um dos seus quatros subdistritos (Alto de Pinheiros) revelou um potencial existente e maior para atenuar nos efeitos das mudanças climáticas do que os outros três subdistritos (Pinheiros, Itaim Bibi e Jardim Paulista).

Também é possível aferir que se a estratégia é para que a oferta de SE seja direcionada aos serviços de regulação climática, há que se considerar as áreas superiores a 2 hectares que contribuem atualmente para enfrentar o problema e as inferiores a essa extensão. Uma possível estratégia é buscar ampliação das áreas de cobertura vegetal inferiores a 2 hectares para que possam superar esse limiar e contribuir de modo mais efetivo para o enfrentamento das ilhas de calor no ambiente urbano.

Este trabalho, entendido como uma primeira contribuição local para o teste de uma metodologia empregada em outro contexto, apresenta algumas limitações e pode ser aprimorado. Recomenda-se que sejam utilizadas ainda outras bases de dados como o Geosampa para auferir os resultados alcançados aqui e, eventualmente, promover ajustes visto que o mesmo considera levantamentos recentes da cobertura da vegetação do município de São Paulo, não considerado na base do IBGE. Também devem-se realizar pesquisas para comprovar em ambiente tropical como se comportam as extensões de áreas recobertas por cobertura vegetal no arrefecimento dos efeitos do clima, uma vez que se utilizou como base um estudo realizado em cidade europeia.

Outros métodos de avaliação também podem ser experimentados tanto para a discussão de diferentes recortes territoriais quanto para a consideração mais específica das áreas de parques, que têm extensão maior, para a tomada de decisão sobre AbE, considerando a cidade como um todo.

Podem ainda ser realizadas outras análises que considere medidas de AbE como paredes e telhados verdes, ampliação de corredores ecológicos urbanos, aumento no plantio de árvores e expansão de jardins urbanos, que também proporcionam sombreamento e aumentam a evapotranspiração, contribuindo para ampliar a oferta de SE regulação climática.

As medidas e ações apresentadas no Planclima apresentam alguns componentes de infraestrutura verde e soluções baseadas na natureza, os mais comuns são telhado verde, piso drenante, aumento de área permeável, requalificações e aumento de gestão de drenagem, mas sem apresentar como isso pode ser inserido em projetos regionais ou em grandes intervenções urbanas.

Os métodos de avaliação do Planclima são diferentes e nem todos tem demonstrado como indicador, a quantidade em Km² ou hectares como forma de medição, apenas a ação 37 utiliza como indicador a cobertura de copas de árvores por distrito em porcentagem e também por m² por habitante.

Um dos papéis importantes no contexto da implementação de SbN, é, desenvolver políticas possíveis de serem atendidas, incluindo explicação das tipologias SbN adequadas em cada caso. Para isso é necessário ampliar mais detalhadamente a área de estudo e encontrar nestes 2hec, quantas soluções são possíveis de serem atendidas.

A questão de região climática a que as áreas densamente urbanizadas estão inseridas também é de fundamental importância, pois são consideradas áreas extensas quentes, sem áreas verdes, que são as ilhas de calor a serem combatidas com essas estratégias verdes fundamentais para promoção de regulação do clima.

As medidas AbE precisam ser profundamente avaliadas para as diversas configurações do contexto urbano, se enquadrando com base em dados e informações indicativos que ajudam a atingir ações ou objetivos e consequentemente as propostas possíveis de implementação em cada caso.

Conforme apresentado nos resultados dos distritos de Pinheiros, para consolidar um planejamento urbano sustentável, e indo de encontro com o objetivo do trabalho, de apresentar e discutir áreas de oferta de SE para regulação climática em áreas verdes, possam servir como instrumento de avaliação e qualificação do ambiente urbano.

A mesma forma de abordagem pode ser usada em outros distritos ou maiores amostras de regiões urbanas na cidade de São Paulo em outras regiões climáticas e em diferentes locais geográficos.

Da mesma forma ainda foi considerada como contribuição para estudos futuros, a avaliação da desigualdade ambiental que São Paulo apresenta, o estudo poderia ser replicado em áreas periféricas, para comprovar outras áreas carentes de SbN que podem ajudar na resiliência, são estudos transversais e multidisciplinares que ajudam no desenvolvimento social e ambiental.

De 6 a 18 de novembro de 2022, aconteceu a 27ª sessão da Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC COP27) em Sharm el-Sheikh, Egito. Nesse evento, dentre muitos assuntos, também foi possível entender, que para enfrentar a crise climática não bastam apenas soluções tecnológicas ou de "inovação" para aumentar a "tecnologia". As soluções baseadas na natureza são inovadoras, são soluções recentemente reconhecidas neste encontro da COP27. Os EUA por exemplo, firmou

compromisso com um roteiro SbN que define as estratégias para maximizar a natureza e as soluções baseadas em evidências como ferramentas críticas para enfrentar as mudanças climáticas e outros grandes desafios. Esta é a primeira vez que o governo dos EUA desenvolve recomendações de políticas e áreas estratégicas para a ampliação de uso de SbN (WHDCPO, 2022).

Em dezembro de 2022, na Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica (COP15,22), realizada em Montreal, Canadá, foi feito o anúncio sobre o Pacto Trinacional da Mata Atlântica, em que governos de todo o mundo deverão acordar um novo conjunto de metas para a natureza para a próxima década.

Espera-se que os resultados deste trabalho possam ser avaliados por gestores públicos e tomadores de decisão para que levem em consideração que as diretrizes de AbE aqui discutidas sejam implementadas nas transformações e atualizações previstas em planos de adaptação climática e na revisão de planos diretores.

Por todo o exposto, considera-se que este trabalho contribui com dados analíticos e de base quantitativa para operacionalizar algumas estratégias propostas no Planclima E atingimento de ODS para a cidade de São Paulo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. R. C.; CAMARGO-CRUZ, P. E. A.; RESENDE, F. G. Climate Change and Environmental Education: A PlanClima SP 2020-2050 analysis. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 17, n. 3, 2021.

AHERN, J. 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.

AHERN, J. Urban landscape sustainability and resilience: The promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. **Landscape Ecology**, v. 28, n. 6, p. 1203-1212, 2013.

ALBERT, C.; BRILLER, M.; GUERRERO, P.; GOTWALD, S. *et al.* Albert, C., Brillinger, M., Guerrero, P. *et al.* Planning nature-based solutions: Principles, steps, and insights. **Ambio**, v. 50, p. 1446-1461, 2021.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Artigo de Irrigação e Drenagem da FAO. 1998. GAO, Roma.

AMARAL, M. H.; BENITES-LAZARO, L. L.; SINISGALLI, P. A. de A.; ALVES, H. P. F.; GIATTI, L. L. Environmental injustices on green and blue Infrastructure: Urban nexus in a macrometropolitan territory. **Journal of Cleaner Production**, v. 289, 2021, 125829.

ANDERSSON, E.; MCPHEARSON, T.; KREMER, P.; GOMEZ-BAGGETHUN, E. *et al.* Scale and context dependence of ecosystem service providing units. **Ecosystem Services**, v. 12, p. 157–164, 2015.

ANDERSSON, E.; LANGEMEYER, J.; BORGSTRÖM, S.; MCPHEARSON, T. *et al.* Enabling Green and Blue Infrastructure to Improve Contributions to Human Well-Being and Equity in Urban Systems. **BioScience**, v. 69, Issue 7, p. 566–574, July 2019.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. *Geosp – Espaço e Tempo* (Online), v. 20, n. 1, p. 160-177, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

BARÓ, F.; PALOMO, I.; ZULIAN, G.; VIZCAINO, P. *et al.* 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.

BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century. Reprinted from **Renewable Resources Journal**, v. 20, n. 3, Autumn, p. 12-17, 2002.

BIODIVERSA. **The BiodivERsA project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement**. 2020.

BONZI, R. S. **Andar sobre Água Preta: a aplicação da infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). FAUUSP, 2015.

BPBES. **Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços ecossistêmicos.**

BUSH, J.; DOYON, A. Building urban resilience with nature-based solutions: How can urban planning contribute? **Cities**, v. 95, p. 10, 2019.

CASTLETON, H. F.; STOVIN, V.; BECK, S. B. M.; DAVISON, J. B. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. **Energy and Buildings**, v. 42, p. 1582-1591, 2010.

CHANG, C.; CHANG, M.; LI, S. Chang. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. **Landscape Urban Planning**, v. 80, p. 386-395, 2007.

CHILDERS, D. L.; BOIS, P.; HARTNETT, H. E.; MCPHEARSON, T.; METSON, G.; SANCHEZ, C. A. Urban Ecological Infrastructure: An inclusive concept for the non-built urban environment. **Elementa: Science of the Anthropocene**, v. 7, p. 1-14, 2019.

CITY OF PORTLAND. **Stormwater management manual**. ago 2016.

COMISSÃO EUROPEIA. **Building a green infrastructure for Europe. Publications office of the European Union**, Luxembourg. 2013.

COMISSÃO EUROPEIA. **A agenda da política de pesquisa e inovação da UE sobre soluções baseadas na natureza 72**. 2016.

COMMON INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF ECOSYSTEM SERVICES. January 2018. CICES V5.1 Guidance document.

COOK-PATTON, S. C.; BAUERLE, T. L. Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review. **Journal of Environmental Management**, v. 106, p. 85-92, 2012.

CORTINOVIS, C.; GENELETTI, D. Ecosystem services in urban plans: what is there, and what is still needed for better decisions. **Land Use Policy**, v. 70, p. 298-312, 2018.

CORTINOVIS, C.; GENELETTI, D. A framework to explore the effects of urban planning decisions on regulating ecosystem services in cities. **Ecosystem Services**, v. 38, 100946, 2019.

CORTINOVIS, C.; GENELETTI, D. A performance-based planning approach integrating supply and demand of urban ecosystem services. **Landscape and Urban Planning**, v. 201, 103842, 2020.

COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; SUTTON, P. C.; VAN DER PLOEG, S.; ANDERSON, S.; KUBISZEWSKI, I.; FARBER, S.; TURNER, R. K. Changes in the global value ecosystem services. **Global Environ**, change 26, p. 152–158, 2014.

COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I. *et al.* Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, part A, p. 1-16, 2017. ISSN 2212-0416.

DAILY, G. C. **Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems**. Island Press, Washington D.C. 1997.

DE GROOT, R.; BRANDER, L.; VAN DER PLOEG, S.; COSTANZA, R. *et al.* Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystems Services**, v. 1, n. 1, 50–61, 2012.

DEMUZERE, M.; K. Orru, O. Heidrich, E. Olazabal, D. Geneletti, H. Orru, A.G. Bhawe, N. Mittal, E. Feliu, M. Faehnle Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure, **Journal of Environmental Management**, v. 146, p. 107-115, 2014,

DEPIETRI, Y.; WELLE, T.; RENAUD, F. G. Social vulnerability assessment of the Cologne urban area (Germany) to heat waves: Links to ecosystem services. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 6, p. 98-117, 2013.

DOMINATI, E.; PATTERSON, M.; MACKAY, A. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. **Ecology and Economy**, v. 69, p. 1858, 2010.

DORST, H.; VAN DER JAGT, A.; RAVEN, R.; RUNHAAR, H. Urban greening through nature-based solutions – Key characteristics of an emerging concept. **Sustainable Cities and Society**, v. 49, 2019.

EGGERMONT, H.; BALIAN, E.; AZEVEDO, J. M. N.; BEUMER, V. *et al.* Nature-based solutions: new influence for environmental management and research in Europe. **Gaia**, v. 24, n. 4, p. 243–248, 2015.

EKINS, P. Identifying critical natural capital: Conclusions about critical natural capital. **Ecological Economics**, v. 44, n. 2-3, p. 277-292, 2003.

ELMQVIST, T. *et al.* (ed.). Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities: a global assessment. **Springer**, 2013.

EUROPEAN COMMISSION. **Compendium of Spatial Planning Systems and Policies**. Regional Development Studies Report 28. Luxembourg, p. 24, 1997.

EUROPEAN COMMISSION. **Policy topics: nature-based solutions**. 2016.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Climate change, impacts**. 2012.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Copenhagen**. 2012.

FAEHNLE, M.; SÖDERMAN, T.; SCHULMAN, H.; LEHVÄVIRTA, S. Scale-sensitive integration of ecosystem services in urban planning. **GeoJournal**, 15 pp., 2014.

FAO, IFAD and WFP **The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2015.

FERRARI, B.; QUATRINI, V.; BARBATI, A.; CORONA, P.; MASINI, E.; RUSSO, D. Conservation and enhancement of the green infrastructure as a nature-based solution for Rome's sustainable development. **Urban Ecosystems**, v. 22, p. 865-878, 2019.

FERNÁNDEZ, M.; MÉNDEZ-FERNÁNDEZ, L.; PEÑA, L.; AMETZAGA-ARREGI, I. A new indicator of the effectiveness of urban green infrastructure based on ecosystem services assessment. **Basic and Applied Ecology**, v. 53, p. 12-25, 2021.

FERRETTI, V.; MONTIBELLER, G. Key challenges and meta-choices in designing and applying multi-criteria spatial decision support systems. **Decision Support Systems**, v. 84, p. 41–52, 2016.

FLAUSINO, F.; GALLARDO, A. L. C. F. Oferta de serviços ecossistêmicos culturais na despoluição de rios urbanos em São Paulo. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.13, 2021.

FAIVRE, N.; FRITZ, M.; FREITAS, T.; DE BOISSEZON, B.; VANDEWOESTIJNE, S. Nature-based solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. *Environmental Research*, v. 159, n. dec. 2016, p. 509-518, 2017. Disponível em: [https:// isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/96155.pdf](https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/96155.pdf)

FRANTZESKAKI, N.; MCPHEARSON, T.; COLLIER, M. J.; KENDAL, D. *et. al.* Nature-based solutions for urban climate change adaptation: linking science, policy, and practice communities for evidence-based decision-making. **BioScience**, v. 69, 6. ed., p. 455-466, 2019.

GAUDERETO, G.; GALLARDO, A. L. C. F.; FERREIRA, M. L.; NASCIMENTO, A. P. B. do; MANTOVANI, W. Avaliação de serviços ecossistêmicos na gestão de áreas verdes urbanas: promovendo cidades saudáveis e sustentáveis. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, 2018.

GEIJZENDORFFER, I. R.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; ROCHE, P. K. Improving the identification of mismatches in ecosystem services assessments, **Ecological Indicators**, v. 52, p. 320-331, 2015.

GENELETTI, D.; ZARDO, L. Ecosystem-based adaptation in cities: an analysis of European urban climate adaptation plans. **Land use policy** 50, p. 38-47, 2016.

GENELETTI, D.; CORTINOVIS, C.; ZARDO, L.; ESMAIL, B. A. **Planejamento para serviços ecossistêmicos nas cidades**, 2020. Springer Nature, Cham.

GILL, S. E.; HANDLEY, J. F.; ENNOS, A. R.; PAULEIT, S. Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. **Built environment**, v. 33, n. 1, p. 115-133, 2007.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; GREN, A.; BARTON, D.; LANGEMEYER, J. *et. al.* **Serviços do ecossistema urbano**. Urbanização, biodiversidade e serviços ecossistêmicos: desafios e oportunidades: uma avaliação global. Springer, Dordrecht, Holanda, p. 175-251, 2013.

GREENE, R.; DEVILLERS, R.; LUTHER, J. E.; EDDY, B. G. GIS-Based Multiple-Criteria Decision Analysis. **Geography Compass**, v. 5, Issue 6, p. 412–432, 2011.

GULSRUD, N. M.; HERTZOG, K.; SHEARS, I. Innovative urban forestry governance in Melbourne? Investigating “green placemaking” as a nature-based solution. **Environmental Research**, 161, 158-167, 2018.

HAASE, D.; LARONDELLE, N.; ANDERSSON, E.; M. ARTMANN, M. *et al.* A quantitative review of urban ecosystem service assessments: Concepts, models, and implementation. **Ambio**, v. 43, p. 413-433, 2014.

HAASE, D.; FRANTZESKAKI, N.; ELMQVIST, T. Ecosystem Services in Urban Landscapes: Practical Applications and Governance Implications. **Ambio**, v. 43, p. 407-412, 2014. DOI 10.1007 / s13280-014-0503-1

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. **European Environment Agency**, Copenhagen, 2013.

HANSEN, R.; PAULEIT, S. From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Services? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas. **Ambio**, 43, p. 516–529, 2014.

HANSEN, R.; FRANTZESKAKI, N.; MCPHEARSON, T.; E. RALL, E. *et al.* The uptake of the ecosystem services concept in planning discourses of European and American cities. **Ecosystem Services**, v. 12, p. 228–246, 2015.

HARLAN, S. L.; BRAZEL, A. J.; PRASHAD, L.; STEFANOV, W. L.; LARSEN, L. Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress. **Social science & medicine**, v. 63, n. 11, p. 2847-2863, 2006.

HERREROS-CANTIS, P.; MCPHEARSON, T. **Mapping supply of and demand for ecosystem services to assess environmental justice in New York City** - First published: 17 June 2021.

HOFF, H. Understanding the nexus: Background. The Bonn 2011 Nexus Conference. **Environment Institute**, 1–52, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

KABISCH, N.; HAASE, D. Green justice or just green? provision of urban green spaces in berlin, Germany. **Landscape and Urban Planning**, v. 122, p. 129-139, 2014.

KABISCH, N.; KORN, H.; STADLER, J.; BONN, A. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. **Ecology and Society**, v. 21, p. 39, 2016.

KABISCH, N.; KORN, H.; STADLER, J.; BONN, A. (eds.). Urban Areas: Linkages between Science, Policy and Practice. **Springer International Publishing**, chapter 1, p. 29-49, 2017.

KOC, C. B.; OSMOND, P.; PETERS, A. Towards a comprehensive green infrastructure typology: a systematic review of approaches, methods and typologies. **Urban ecosystems**, v. 20, n. 1, p. 15-35, 2017.

KREMER, P.; HAMSTEADB, Z. A.; MCPHEARSONA, T. The value of urban ecosystem services in New York City: A spatially explicit multicriteria analysis of landscape scale valuation scenarios. **Environmental Science & Policy**, 62, p. 57–68, 2016.

LAFORTEZZA, R.; CARRUS, G.; SANESI, G.; DAVIES, C. Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 8, 2. ed., p. 97-108, 2009.

LAFORTEZZA, R.; CHEN, J.; VAN DEN BOSCH, C. K.; RANDRUP, T. B. Nature-based solutions for resilient landscapes and cities. **Environmental Research**, v. 165, p. 431-441, 2018.

LEHMANN, S. Growing Biodiverse Urban Futures: Renaturalization and Rewilding as Strategies to Strengthen Urban Resilience. **Sustainability**, v. 13, p. 29-32, 2021.

LUNDY, L.; WADE, R. Integrating sciences to sustain urban ecosystem services. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, v. 35-5, p. 653–669.

MAES, J.; EGOH, B.; WILLEMEN, L.; LIQUETE, C. *et al.* Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. **Ecosystem Services**, v. 1, Issue 1, p. 31-39, 2012.

MAHLKNECHT, J.; GONZÁLEZ-BRAVO, R.; LOGE, F. J. Water-energy-food security: A Nexus perspective of the current situation in Latin America and the Caribbean. **Energy**, v. 194, 116824, 2020.

MALCZEWSKI, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. **Progress in Planning**, v. 62, p. 3-65, 2004.

MALCZEWSKI, J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, p. 703-726, 2006.

MALCZEWSKI, J.; RINNER, C. GIScience, Spatial Analysis, and Decision Support. In: Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science. **Advances in Geographic Information Science**, v. 20, p. 3–21, 2015. Springer, Berlin, Heidelberg.

MARÓSTICA, J. R.; CORTESE, T. T. P.; LOCOSSELLI, G. M.; KNISS, C. T. Sustentabilidade Urbana e Indicadores de Área Verde no Município de São Paulo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 17, 2021.

MARTENS, D.; GUTSCHER, H.; BAUER, N. Walking in “wild” and “tended” urban forests: The impact on psychological well-being. **Journal of environmental psychology**, v. 31, n. 1, p. 36-44, 2011.

MCPHEARSON, T.; ANDERSSON, E.; ELMQVIST, T.; FRANTZESKAKI, N. Resilience of and through urban ecosystem services. **Ecosystem Services**, 12, p. 152–156, 2015.

MEEROW, S.; NEWELL, J. P. Urban resilience for whom, what, when, where, and why? **Urban Geography**. 2016.

MEEROW, S.; NEWELL, J. P., Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. **Landscape and Urban Planning**, v. 159, p. 62-75, 2017. ISSN 0169-2046.

MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? **Landscape and Urban Planning**, v. 77, n. 3, p. 217-226, 2006.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Relatório de avaliação do milênio. Ecossistemas e bem-estar humano: síntese.** Island Press, Wahsington, DC, 2005.

MUNANG, R.; THIAW, I.; ALVERSON, K.; MUMBA, M.; LIU, J.; RIVINGTON, M. Climate change and ecosystem-based adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. **Environment Sustainable**, v. 5, p. 67–71, 2013.

NOCCO, M. A.; ROUSE, S. E.; BALSTER, N. J. Vegetation type alters water and nitrogen budgets in a controlled, replicated experiment on residential-sized rain gardens planted with prairie, shrub, and turfgrass. **Ecossistema Urbano**, v. 19, n. 4, p. 1665-1691, 2016.

NORTON, B.; COUTTS, A. M.; LIVESLEY, S. J.; HARRIS, R. J.; HUNTER, A. M.; WILLIAMS, N. S. G. Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes, **Landscape and Urban Planning**, v. 134, p. 127–138, 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Transformando Nosso Mundo: **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Resolução Adotada pela Assembleia Geral em 25 de setembro de 2015. Nações Unidas A / RES / 70/1. 2015.

OZMENT, S.; DIFRANCESCO, K.; GARTNER, T. **The role of natural infrastructure in the water, energy and food nexus.** Nexus Dialogue Synthesis Papers. Gland, Switzerland: IUCN. 2015.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. (IPCC, 2022)

PAPPALARDO, V. D.; LA ROSA, A.; CAMPISANO, P. La Greca. The potential of green infrastructure application in urban runoff control for land use planning: A preliminary evaluation from a southern Italy case study. **Ecosystem Services**, 26, p. 345-354, 2017.

PAULEIT, B.; AMBOSE-OJI, B.; ANDERSSON, E.; ANTON, B. *et al.* Advancing urban green infrastructure in Europe: outcomes and reflections from the GREEN SURGE project. **Urban Forest. Urban Greening**, v. 40, p. 4-16, 2019.

PETRONI, M.; SIQUEIRA-GAY, J.; GALLARDO, A. L. C. F. Understanding land use change impacts on ecosystem services within urban protected areas. **Landscape and Urban Planning**, v. 223, p. 104, 2022.

PLANO DE AÇÃO CLIMÁTICA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **PlanClima** – 2020-2050. Prefeitura do Município de São Paulo Gestão 2019-2020 e 2021.

PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO DE SÃO PAULO. **PDE-SP** 30 de junho de 2014, Disponível em: <https://www.capital.sp.gov.br/cidadao/rua-e-bairro/gestao-urbana/plano-diretor-estrategico> Acesso em 20 dez 2021.

PLANO MUNICIPAL DE ÁREAS PROTEGIDAS, ÁREAS VERDES E ESPAÇOS LIVRES **Planpavel.** Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/Planpavel/PLANPAVEL-VERSAO-COMPLETA.pdf Acesso em 20 dez 2021.

POTSCHIN, M.; KRETSCH, C.; HAINES-YOUNG, R.; FURMAN, E.; BERRY, P.; BARÓ, F. **Nature-based solutions**. In: POTSCHIN, M.; JAX, K. (eds.). **OpenNESS Ecosystem Services Reference Book**, 2016, EC FP7 Grant Agreement no. 308428.

POTSCHIN, M.; HAINES-YOUNG, R. Linking people and nature: Socio-ecological systems. **Ecosystem Services Mapping**, p. 41-43, 2017.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Acompanhando a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável: subsídios iniciais do Sistema das Nações Unidas no Brasil sobre a identificação de indicadores nacionais referentes aos objetivos de desenvolvimento sustentável/Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento**. Brasília: PNUD, 2015. 291 p. Il. Color.

QUEVEDO-SILVA, F. *et al.* Estudo bibliométrico: orientações sobre sua aplicação. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 15, n. 2, p. 246-262, 2016.

RAYMOND, C. M.; FRANTZESKAKI, N.; N. KABISCH, N.; BERRY, P.; BREIL, M.; NIT, M. R.; GENELETTI, D.; CALFAPIETRA, C. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas, **Environmental Science & Policy**, v. 77, p. 15-24, 2017.

RAYMOND, C.; BERRY, P.; BREIL, M.; NITA, M. *et al.* **An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solutions projects. Report prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas**. Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, United Kingdom. 2017.

ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, A. *et al.* Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and society**, v. 14, n. 2, 2009.

ROLO, D.; GALLARDO, A. L. C. F.; RIBEIRO, A. P., KNISS, C. T.; ZAJAC, M. A. L. Adaptação baseada em ecossistemas para promover cidades resilientes e sustentáveis: análise de programas de revitalização de rios urbanos de São Paulo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 5, 2019.

ROLO, D.; GALLARDO, A. L. C. F.; RIBEIRO, A. P.; SIQUEIRA-GAY, J. Local society perception on ecosystem services as an adaptation strategy in urban stream recovery programs in the city of São Paulo, Brazil. **Environmental Management**, v. 69, n. 4, p. 684-698, 2022.

RONCHI, S.; ARCIDIACONO, A.; POGLIANI, L. 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, 101907, 2020.

RUGANI, B.; MAES J.; OTHONIEL, B.; PULSELLI, F. M.; SCHAUBROECK, T.; ZIV, G. Human-nature nexuses: Broadening knowledge on integrated biosphere-technosphere modelling to advance the assessment of ecosystem services. **Ecosystem Services**, v. 30, part B, p. 193-199, 2018. ISSN 2212-0416.

SALMOND, J. A.; TADAKI, M.; VARDOULAKIS, S.; ARBUTHNOTT, K.; COUTTS, A.; DEMUZERE, M.; WHEELER, B. W. Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. *Environmental Health: A Global Access*. **Science Source**, 15, 2016.

SÁNCHEZ, S. S. S.; GALLARDO, L. C. F.; FERREIRA, M. L.; PEREIRA, H. M. S. B.; SINISGALLI, P. A. A. Indicadores de Serviços Ecossistêmicos para o planejamento de áreas verdes urbanas. **Diálogos Socioambientais**, v. 3, n. 7, p. 16-19, 2020.

SCHWARZ, N.; BAUER, A.; HAASE, D. Assessing climate impacts of planning policies—An estimation for the urban region of Leipzig (Germany). **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, Issue 2, p. 97-111, 2011.

SCOPUS. Disponível em: <https://www.scopus.com/results>. Acesso em: 20 set. 2021.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL URBANO DE SÃO PAULO. SDMU 2015.

SINGH, N. P.; SANTAL, A. R. Phytoremediation of Heavy Metals: The Use of Green Approaches to Clean the Environment BT. **Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants**, v. 2, p. 115-129, 2015. Springer International Publishing.

SIQUEIRA-GAY, J.; DIBO, A. P. A.; GIANNOTTI, M. A. Vulnerabilidade as ilhas de calor no município de São Paulo: uma abordagem para a implantação de medidas mitigadoras na gestão urbana. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, p. 105-123, 2017.

SIQUEIRA-GAY, J.; GALLARDO, A. L. C. F.; GIANNOTTI, M. Integrating socio-environmental spatial information to support housing plans. **Cities**, v. 91, p. 106-115, 2019.

SOUZA, V.; GALLARDO, A. L. C. F.; CÔRTEZ, P. L.; FRACALANZA, A. P.; RUIZ, M. S. Pagamento por serviços ambientais de recursos hídricos em áreas urbanas: perspectivas potenciais a partir de um programa de recuperação da qualidade de água na cidade de São Paulo. **Cadernos Metrópole**, v. 20, p. 493-512, 2018.

THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY. Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB, 2010. Earthscan, London and Washington.

TURNER, K. G.; ANDERSON, S.; GONZALES-CHANG, M.; COSTANZA, R. *et al.* A review of methods, data, and models to assess changes in the value of ecosystem services from land degradation and restoration. **Ecology and Modelling**, 319, p. 190-207, 2016.

UNIÃO INTERNACIONAL PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. IUCN (2009). Disponível em: <https://www.iucn.org>. Acesso em: 28 de novembro de 2021.

UNIÃO INTERNACIONAL PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. IUCN (2016). Disponível em: <https://www.iucn.org>. Acesso em: 28 de novembro de 2021.

UNFCCC COP27, Sharm el-Sheikh Climate Change Conference - November 2022
Disponível em: <https://unfccc.int/documents/621869>, Acesso em: 21 de dezembro de 2022.

VAN OUDENHOVEN, A.; SCHRÖTER, M.; DRAKOU, E. G.; GEIJZENDORFFER, I. *et al.* Key criteria for developing ecosystem service indicators to inform decision making. **Ecological Indicators**, v. 95, part 1, p. 417-426, 2018.

VOSVIEWER. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 20 set. 2021

WANG, Y.; NI, Z.; CHEN, S.; XIA, B. Microclimate regulation and energy saving potential from different urban green infrastructures in a subtropical city. **J. Cleaning. Prod.**, 226, 913-927, 2019.

WANG, Y.; BAKKER, F.; DEGROOT, R. *et al.* Effects of urban trees on local outdoor microclimate: synthesizing field measurements by numerical modelling. **Urban Ecosystems**, v. 18, p. 1305–1331, 2015.

WANG, Y.; NI, Z.; CHEN, S.; XIA, B. Microclimate regulation and energy saving potential from different urban green infrastructures in a subtropical city. **J. Cleaning. Prod.** 226, 913-927, 2019.

WHITE HOUSE COUNCIL ON ENVIRONMENTAL QUALITY, **White House Office of Science and Technology Policy**, White House Domestic Climate Policy Office, 2022. Opportunities for Accelerating Nature-Based Solutions: A Roadmap for Climate Progress, Thriving Nature, Equity, and Prosperity. Report to the National Climate Task Force. Washington, D.C.

XING, Y.; JONES, P.; DONNISON, I. Characterisation of Nature-Based Solutions for the Built Environment. **Sustainability**, v. 9, n. 149, 2017.

ZANDER, S. V.; BARTON, D. N., MARTINEZ-IZQUIERDO, L.; LANGEMEYER, J. *et al.* Interactive spatial planning of urban green infrastructure – Retrofitting green roofs where ecosystem services are most needed in Oslo. **Ecosystem Services**, v. 50, 2021. ISSN 2212-0416.

ZARDO, L. D.; GENELETTI, M.; PÉREZ-SOBA, M. Van Eupen, Estimating the cooling capacity of green infrastructures to support urban planning. **Ecosystem Services**, v. 26, part A, p. 225-235, 2017.

ZÖLCH, T.; MADERSPACHER, J.; WAMSLER, C.; PAULEIT, S. Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale, **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 20, p. 305-316, 2016.