

# Dossier #2

# LABVERDE

**Soluções baseadas na Natureza  
para a resiliência urbana na  
América Latina**

*Soluciones basadas en la  
Naturaleza para la resiliencia  
urbana en América Latina*



# REVISTA LABVERDE

V. 12 – Nº 1

LABVERDE - Laboratório VERDE  
FAUUSP - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Novembro 2022

ISSN: 2179-2275

## Ficha Catalográfica

Serviço de Biblioteca e Informação da  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP

REVISTA LABVERDE/Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Departamento de Projeto. LABVERDE - Laboratório Verde - v. 12, n.1 (2022) -. São Paulo: FAUUSP, 2022 -

Semestral

v.: cm.

v. 12, n. 1, out. 2022

ISSN: 2179-2275

1. Arquitetura - Periódicos 2. Planejamento Ambiental 3. Desenho Ambiental  
4. Sustentabilidade

I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.  
Departamento de Projeto. LABVERDE. II. Título

CDD 712

Revista LABVERDE, V. 12, N° 1

LABVERDE - Laboratório Verde

Rua do Lago, 876 - Cidade Universitária, Bairro do Butantã

CEP: 05508-900 São Paulo-SP

Tel: (11) 3091-4535

e-mail: labverde@usp.br

Site: <[www.revistas.usp.br/revistalabverde](http://www.revistas.usp.br/revistalabverde)> SIBi USP

## **Revista LABVERDE**

Novembro - 2022

ISSN: 2179-2275

**Edição Dossier LABVERDE #2** - Soluções baseadas na Natureza para a resiliência urbana na América Latina.

### **Universidade de São Paulo**

Carlos Gilberto Carlotti Junior (Reitor)

Maria Arminda do Nascimento Arruda (Vice-reitora)

### **Faculdade de Arquitetura e Urbanismo**

Eugenio Fernandes Queiroga (Diretor)

Maria Camila Loffredo D'Ottaviano (Vice-diretora)

### **Editora convidada**

Profa. Dra. Taícia Helena Negrin Marques

Professora Associada, Departamento de Ordenamiento Territorial y Construcción de la Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

### **Editora Responsável Revista LABVERDE**

Profa. Dra. Maria de Assunção Ribeiro Franco

### **Grupo editorial LABVERDE**

Laís Padilha Leite

Karina Andrade Mattos

Rizia Sales Carneiro

Juliana Maria de Souza Freitas

### **Diagramação e site**

Rizia Sales Carneiro

### **Fotografia de capa**

Taícia Helena Negrin Marques

### **Agradecimentos**

Raúl Arnaldo Espinoza Villar (Diretor do Departamento de Ordenamiento Territorial y Construcción de la Facultad de Ingeniería Agrícola - Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú).

# SUMÁRIO

## 006 EDITORIAL

### **EDITORIAL DOSSIER #2: SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA A RESILIÊNCIA URBANA NA AMÉRICA LATINA**

*SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA LA RESILIENCIA URBANA EN AMÉRICA LATINA*

*NATURE-BASED SOLUTIONS FOR URBAN RESILIENCE IN LATIN AMERICA*

**Taícia Helena Negrin Marques, Maria de Assunção Ribeiro Franco**

## 012 ARTIGO 1

### **SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA COMO INSTRUMENTO DE MELHORIA DA ARBORIZAÇÃO URBANA, AUXILIANDO NA CONSTRUÇÃO DE CIDADES SENSÍVEIS À ÁGUA E RESILIENTES ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

*SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA COMO INSTRUMENTO PARA MEJORAR EL ARBOLADO URBANO, AYUDANDO A CONSTRUIR CIUDADES SENSIBLES AL AGUA Y RESISTENTES AL CLIMA*

*NATURE-BASED SOLUTIONS AS AS INSTRUMENT FOR IMPROVE URBAN FORESTRY, HELPING TO BUILD WATER- SENSITIVE AND CLIMATE RESILIENT CITIES*

**Mariana Marchioni, Anita Raimondi, Juliana Caroline de Alencar da Silva, Luiz Fernando Orsini de Lima Yazaki, Giuliana Del Nero Velasco, Sérgio Brazolin, Carlos Alberto da Silva Filho**

## 045 ARTIGO 2

### **VÁRZEAS CONSTRUÍDAS COMO SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA (SbN) PARA READEQUAÇÃO DE RIOS E CÓRREGOS URBANOS**

*LLANURAS ALUVIALES CONSTRUIDAS COMO SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SBN) PARA MEJORAR RÍOS Y ARROYOS URBANOS*

*CONSTRUCTED FLOODPLAIN TREATMENT SYSTEMS AS NATURE-BASED SOLUTIONS (NBS) FOR READJUSTMENT OF URBAN RIVERS AND STREAM*

**João Pedro Coelho Belini, Filipe Chaves Gonçalves, Joaquin Ignacio Bonnacarrère Garcia**

## 068 ARTIGO 3

### **CERRADO RESILIENTE: PLANEJANDO A PAISAGEM COM SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA (SBN)**

*CERRADO RESILIENTE: PLANIFICANDO EL PAISAJE CON SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SBN)*

*RESILIENT CERRADO: PLANNING THE LANDSCAPE WITH NATURE-BASED SOLUTIONS (NBS)*

**Caroline Ferreira Fernandes, Luiz Pedro de Mello César, Camila Gomes Sant'Anna**

## 100 ARTIGO 4

### **DISSEMINAÇÃO DE IDEIAS DE SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA: UMA ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO PARQUE ORLA DE PIRATININGA, NITERÓI (RJ)**

*DIFUSIÓN DE IDEAS DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA: UN ANÁLISIS DE LA IMPLANTACIÓN DEL PARQUE ORLA DE PIRATININGA, NITERÓI (RJ)*

*DISSEMINATION OF IDEAS OF NATURE BASED SOLUTIONS: AN ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF THE ORLA DE PIRATININGA PARK, NITERÓI (RJ)*

**Leticia Domingos Vellozo, Leticia Costa de Oliveira Santos, Niklas Werner Weins**

## 129 ARTIGO 5

### **PROPOSIÇÃO DE WETLANDS COMO SOLUÇÃO BASEADA NA NATUREZA PARA SITUAÇÕES EMERGENCIAIS: O CASO DA VILA GÊNESIS, CAMPINAS**

*PROPUESTA DE HUMEDALES COMO SOLUCIÓN BASADA EN LA NATURALEZA PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA: EL CASO DE VILA GÊNESIS, CAMPINAS*

*PROPOSAL OF WETLANDS AS A NATURE-BASED SOLUTION FOR EMERGENCY SITUATIONS: THE CASE OF VILA GÊNESIS, CAMPINAS*

**Karen Murakava, Vera Santana Luz**

## 161 ARTIGO 6

### **COMODIFICACIÓN DE LOS PARQUES: LAS SBN EN LA PRODUCCIÓN DEL ESPACIO VERDE EN LIMA**

*MERCANTILIZAÇÃO DE PARQUES: O SBN NA PRODUÇÃO DE ESPAÇOS VERDES EM LIMA*

*PARK COMMODIFICATION: NBS IN THE GREEN SPACE PRODUCTION IN LIMA*

**Victor Peña Guillen**

## 183 ARTIGO 7

### **SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA E ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA NO BRASIL: ESTUDO DE CIDADES COSTEIRAS VULNERÁVEIS**

*SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA LA ADAPTACIÓN AL CLIMA EN BRASIL: ESTUDIO DE CIUDADES COSTERAS VULNERABLES*

*NATURE-BASED SOLUTIONS FOR CLIMATE ADAPTATION IN BRAZIL: A STUDY OF VULNERABLE COASTAL CITIES*

**Deize Sbarai Sanches Ximenes, Ivan Carlos Maglio**

## 207 ARTIGO 8

### **CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS DERIVADOS DE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA EN EL CONTEXTO URBANO MUY ÁRIDO Y DENSIFICADO DE LIMA METROPOLITANA**

*QUANTIFICAÇÃO DOS BENEFÍCIOS DERIVADOS DAS SOLUÇÕES BASEADAS NA NATURALEZA NO CONTEXTO MUITO ÁRIDO E DENSIFICADO DA METRÓPOLES DE LIMA*

*QUANTIFICATION OF THE BENEFITS DERIVED FROM THE NATURE BASED SOLUTIONS IN THE VERY ARID AND DENSIFIED URBAN CONTEXT OF METROPOLITAN LIMA*

**Carol Torres Limache**

## SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA A RESILIÊNCIA URBANA NA AMÉRICA LATINA

As Soluções baseadas na Natureza (SbN) vêm ganhando repercussão nos países da América Latina a partir principalmente da consolidação de enfoques ecossistêmicos já aplicados localmente tais como, Infraestrutura Verde, Infraestrutura Natural e Adaptação baseada em Ecossistema. As SbN demonstram ser uma alternativa para enfrentar a escassez de recursos naturais, tornar as cidades mais resilientes às mudanças climáticas e promover novos formatos de planejamento que considerem a complexa problemática socioambiental urbana desses países.

Com o objetivo de abrir um espaço para a publicação de artigos científicos inéditos que pudessem colaborar para a compreensão, intercâmbio de informações, identificação de lacunas de conhecimento e desenvolvimento de perspectivas futuras sobre as SbN entre os países da América Latina, a revista LABVERDE publicou, em dezembro de 2021, o Dossier LABVERDE #1<sup>1</sup> "Soluções baseadas na Natureza para a resiliência urbana na América Latina" contendo sete trabalhos com diversas abordagens do tema. O presente volume, Dossier LABVERDE #2, segue a discussão proposta inicialmente e avança com trabalhos conceituais e estudos aplicados que tangem problemáticas socioambientais e de planejamento urbano em casos do Brasil e do Peru. Os oito artigos dessa publicação são apresentados no idioma original dos autores, português ou espanhol, e foram organizados segundo a afinidade temática, conforme segue.

MARCHIONI et al. traz à tona a problemática da arborização urbana e sua importância chave no desenho de cidades sensíveis à água. Os autores discutem e simulam os processos hidrológicos relacionados à substituição de pavimentos rígidos por aqueles permeáveis nas cidades com o objetivo de favorecer a infiltração e armazenamento de parte das águas de chuva no solo para manter um habitat favorável ao desenvolvimento vegetal arbóreo. A drenagem urbana também foi o objeto de estudo de BELINI, GONÇALVES e GARCIA que verificam os benefícios à resiliência urbana associados à instalação de Sistemas de Tratamento por Várzeas Construídas (STVC) para o manejo quantitativo e qualitativo das águas.

FERNANDES, CÉSAR e SANT'ANNA apresentam um estudo de Infraestrutura Verde aplicada à bacia hidrográfica do Paranoá, Distrito Federal- Brasil. O grupo propõe um conjunto de estratégias de planejamento incorporando as SbN para reestabelecer dinâmicas entre a cidade e a natureza no contexto do ecossistema de cerrado brasileiro.

<sup>1</sup> O Volume 1 pode ser acessado em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/issue/view/12194/2183>

VELLOZO, SANTOS e WEINS estudam o caso do Parque do Piratininga, Niterói-Brasil, e verificam como o posicionamento de cada ator envolvido direta ou indiretamente no projeto e na implementação, seja em arranjos nacionais ou internacionais, favorece o acesso e disseminação do conceito SbN localmente.

MURAKAVA e LUZ ensaiam o potencial de aplicação de técnicas descentralizadas para o tratamento de esgotos a partir de processos de fitorremediação por jardins filtrantes, como infraestrutura sanitária em áreas periféricas urbanas caracterizadas por fragilidades socioespaciais e ambientais a partir do estudo de caso de um setor da Vila Gênese, Campinas- Brasil.

PEÑA, discute o papel das SbN como promotora da ação social para o caso da região metropolitana de Lima - Peru, ressaltando sua importância não somente como fornecedora de serviços ecossistêmicos, mas como estratégia espacial que garanta a experiência e a prática da vida social.

XIMENES e MAGLIO, abordam a alta vulnerabilidade das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas e analisam em detalhe os casos de Santos, Salvador, Recife e Rio de Janeiro, verificando os aportes do Plano de Mudanças Climáticas, para a implementação de ações de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE), e suas debilidades em concretizar tais ações, para ampliar a segurança da população e a recuperação ambiental.

TORRES, aborda o caso da região metropolitana de Lima - Peru, para avaliar os limites e potenciais da aplicação do *Green Area Ratio* (Proporção de áreas verdes) no contexto climático árido e urbano densificado, com o objetivo de identificar múltiplos benefícios associados ao verde urbano.

A equipe editorial da Revista LABVERDE agradece o esforço dos autores e pareceristas, bem como, a preferência dos seus leitores neste segundo Dossier.

Desejamos uma boa leitura a todos!

São Paulo & Lima, 17 de Outubro de 2022.

Profa. Dra. Taícia Helena Negrin Marques  
Professora Associada -Departamento de Ordenamiento Territorial y Construcción  
Facultad de Ingeniería Agrícola - Universidad Nacional Agraria La Molina  
**Editora convidada**

Profa. Dra. Maria de Assunção Ribeiro Franco  
Professora Titular - Departamento de Projeto - Faculdade de Arquitetura,  
Urbanismo e Design - Universidade de São Paulo, Brasil  
**Editora responsável pela Revista LABVERDE**



## **SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA LA RESILIENCIA URBANA EN AMÉRICA LATINA**

Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) han ido ganando resonancia en los países latinoamericanos principalmente a partir de la consolidación de enfoques ecosistémicos ya aplicados localmente como la Infraestructura Verde, la Infraestructura Natural y la Adaptación basada en los Ecosistemas. Las SbN han demostrado ser una alternativa para hacer frente a la escasez de recursos naturales, hacer que las ciudades sean más resistentes al cambio climático y promover nuevos formatos de planificación que consideren la compleja problemática socioambiental urbana de estos países.

Con el fin de abrir un espacio para la publicación de trabajos científicos inéditos que puedan contribuir al entendimiento, intercambio de información, identificación de vacíos de conocimiento y desarrollo de perspectivas futuras sobre SbN entre los países latinoamericanos, la revista LABVERDE publicó, en diciembre de 2021, el Dossier LABVERDE #1 "Soluciones basadas en la Naturaleza para la resiliencia urbana en América Latina" que contiene siete trabajos con diversos enfoques sobre el tema. El presente volumen, Dossier LABVERDE #2, sigue la discusión inicialmente propuesta y avanza con trabajos conceptuales y estudios aplicados que tocan temas socioambientales y de planificación urbana en casos de Brasil y Perú. Los ocho artículos de esta publicación se presentan en el idioma original de los autores, portugués o español, y se organizaron según la afinidad temática, como sigue.

MARCHIONI et al. plantean el problema de la forestación urbana y su importancia clave en el diseño de ciudades sensibles al agua. Los autores discuten y simulan los procesos hidrológicos relacionados con la sustitución de los pavimentos rígidos por los permeables en las ciudades con el objetivo de favorecer la infiltración y el almacenamiento de parte del agua de lluvia en el suelo para mantener un hábitat favorable para el desarrollo de los árboles. El drenaje urbano también fue objeto de estudio de BELINI, GONÇALVES y GARCIA, que comprueban los beneficios para la resiliencia urbana asociados a la instalación de sistemas de tratamiento de llanuras de inundación construidas (LIC). para la gestión cuantitativa y cualitativa del agua.

FERNANDES, CÉSAR y SANT'ANNA presentan un estudio de Infraestructura Verde aplicado a la cuenca hidrográfica del Paranoá, Distrito Federal - Brasil. El grupo propone un conjunto de estrategias de planificación que incorporan las SbN para restablecer la dinámica entre la ciudad y la naturaleza en el contexto del ecosistema del cerrado brasileño.

VELLOZO, SANTOS y WEINS estudian el caso del Parque do Piratininga, Niterói - Brasil, y verifican cómo el posicionamiento de cada actor involucrado directa o indirectamente en el proyecto y en la implementación, ya sea en arreglos nacionales o internacionales, favorece el acceso y la difusión del concepto de SbN a nivel local.

MURAKAVA y LUZ ensayan el potencial de aplicación de técnicas descentralizadas de tratamiento de aguas residuales a partir de procesos de fitorremediación por jardines filtrantes, como infraestructura sanitaria en áreas urbanas periféricas caracterizadas por fragilidades socioespaciales y ambientales a partir del estudio de caso de un sector de Vila Génesis, Campinas- Brasil.

PEÑA, discute el papel de la SbN como promotora de la acción social para el caso de la región metropolitana de Lima - Perú, destacando su importancia no sólo como proveedora de servicios ecosistémicos, sino como estrategia espacial que asegura la experiencia y la práctica de la vida social.

XIMENES y MAGLIO, abordan la alta vulnerabilidad de las ciudades costeras brasileñas al cambio climático y analizan en detalle los casos de Santos, Salvador, Recife e Rio de Janeiro, verificando las contribuciones del Plan de Cambio Climático para la implementación de acciones de Adaptación Basada en Ecosistemas, y sus debilidades en la implementación de dichas acciones, para aumentar la seguridad de la población y la recuperación ambiental.

TORRES, aborda el caso de la región metropolitana de Lima- Perú, para evaluar los límites y potencialidades de la aplicación de la *Green Area Ratio* (Proporción de áreas verdes) en el contexto climático urbano árido y densificado, con el objetivo de identificar múltiples beneficios asociados al verde urbano.

El equipo editorial de la Revista LABVERDE agradece el esfuerzo de los autores y árbitros, así como, la preferencia de sus lectores en este segundo Dossier.

São Paulo & Lima, 17 de Octubre de 2022.

Profa. Dra. Taícia Helena Negrin Marques  
Profesora Asociada - Departamento de Ordenamiento Territorial y Construcción  
Facultad de Ingeniería Agrícola - Universidad Nacional Agraria La Molina  
**Editora invitada**

Profa. Dra. Maria de Assunção Ribeiro Franco  
Profesora Titular - Departamento de Projeto - Faculdade de Arquitetura, Urbanismo  
e Design - Universidade de São Paulo, Brasil  
**Editora responsable por la Revista LABVERDE**

## NATURE-BASED SOLUTIONS FOR URBAN RESILIENCE IN LATIN AMERICA

Nature-based solutions (NbS) have been gaining resonance in Latin American countries mainly from the consolidation of ecosystem approaches already applied locally such as Green Infrastructure, Natural Infrastructure and Ecosystem-based Adaptation. NbS have proven to be an alternative to face the scarcity of natural resources, make cities more resilient to climate change and promote new planning formats that consider the complex urban socio-environmental problems of these countries.

Aiming to open a space for the publication of unpublished scientific papers that could contribute to the understanding, exchange of information, identification of knowledge gaps and development of future perspectives on NbS among Latin American countries, the journal LABVERDE published, in December 2021, Dossier LABVERDE #1 "Nature-based solutions for urban resilience in Latin America" containing seven papers with diverse approaches to the theme. The present volume, Dossier LABVERDE #2, follows the discussion initially proposed and advances with conceptual works and applied studies that touch on socio-environmental and urban planning problems in cases of Brazil and Peru. The eight articles of this publication are presented in the original language of the authors, Portuguese, or Spanish, and were organized according to thematic affinity, as follows.

MARCHIONI et al. raise the issue of urban afforestation and its key importance in the design of water-sensitive cities. The authors discuss and simulate the hydrological processes related to the replacement of rigid pavements by permeable ones in cities, with the objective of favoring infiltration and storage of part of the rainwater in the soil to maintain a favorable habitat for tree development. Urban drainage was also the subject of study by BELINI, GONÇALVES and GARCIA, who prove the benefits for urban resilience associated with the installation of Constructed Floodplain Treatment Systems (CFTS) for quantitative and qualitative water management.

FERNANDES, CÉSAR and SANT'ANNA present a Green Infrastructure study applied to the Paranoá watershed, Federal District - Brazil. The group proposes a set of planning strategies that incorporate NbS to restore the dynamics between city and nature in the context of the Brazilian cerrado ecosystem.

VELLOZO, SANTOS and WEINS study the case of Parque do Piratininga, Niterói - Brazil, and verify how the positioning of each actor involved directly or indirectly in the project and its implementation, whether in national or international arrangements, favors the access and diffusion of the NbS concept at the local level.

MURAKAVA and LUZ test the potential of applying decentralized wastewater treatment techniques based on phytoremediation processes through filter gardens as sanitation infrastructure in peripheral urban areas characterized by socio-spatial and environmental fragilities, based on the case study of a sector of Vila Genesis, Campinas, Brazil.

PEÑA, discusses the role of the NbS as a promoter of social action for the case of the metropolitan region of Lima -Peru, highlighting its importance not only as a provider of ecosystem services, but also as a spatial strategy that ensures the experience and practice of social life.

XIMENES and MAGLIO, address the high vulnerability of Brazilian coastal cities to climate change and analyze in detail the cases of Santos, Salvador, Recife e Rio de Janeiro, verifying the contributions of the Climate Change Plan for the implementation of Ecosystem-based Adaptation actions, and its weaknesses in the implementation of such actions, to increase the safety of the population and environmental recovery.

TORRES, addresses the case of the metropolitan region of Lima-Peru, to evaluate the limits and potentialities of the application of the Green Area Ratio in the arid and densified urban climate context, with the objective of identifying multiple benefits associated with urban greenery.

The editorial team of LABVERDE Magazine thanks the authors and reviewer for their efforts, as well as the preference of its readers in this second Dossier.

São Paulo & Lima, October 17th, 2022.

Profa. Dra. Taícia Helena Negrin Marques  
Associate professor - Departamento de Ordenamiento Territorial y Construcción  
Facultad de Ingeniería Agrícola - Universidad Nacional Agraria La Molina

**Invited editor**

Profa. Dra. Maria de Assunção Ribeiro Franco  
Full professor - Departamento de Projeto - Faculdade de Arquitetura, Urbanismo e Design -Universidade de São Paulo, Brasil

**Journal LABVERDE Editor**

# SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA COMO INSTRUMENTO DE MELHORIA DA ARBORIZAÇÃO URBANA, AUXILIANDO NA CONSTRUÇÃO DE CIDADES SENSÍVEIS À ÁGUA E RESILIENTES ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Mariana Marchioni

Anita Raimondi

Juliana Caroline de Alencar da Silva

Luiz Fernando Orsini de Lima Yazaki

Giuliana Del Nero Velasco

Sérgio Brazolin

Carlos Alberto da Silva Filho

Gianfranco Becciu

## RESUMO

Diante do contexto de mudanças climáticas, torna-se cada vez mais imperativa a adoção de estratégias para a construção de paisagens mais resilientes, que consigam responder aos eventos climáticos extremos, como as chuvas intensas e os períodos de estiagem prolongados, que já podem ser observados e segundo às previsões serão ainda mais críticos nas próximas décadas. O conceito de cidades sensíveis à água estabelece os princípios para a construção de um ambiente urbano saudável, onde sejam agregados serviços ecossistêmicos, desempenhado pelos elementos naturais, ao território e a sua comunidade. A arborização urbana é essencial nesse processo, já que atua na manutenção de diversos processos de regulação, de provisão, culturais e de suporte. Apesar de sua importância a arborização urbana encontra nas grandes cidades um ambiente altamente adverso ao seu desenvolvimento, principalmente no que se refere à disponibilidade hídrica, de nutrientes e de espaço para o seu crescimento adequado, sendo a queda das árvores urbanas durante chuvas intensas responsável por danos ao patrimônio e às pessoas. O pivotamento, ou seja, a queda com o soerguimento de todo o sistema radicular, é causado pelo desenvolvimento inadequado do sistema radicular, que em áreas urbanas



se dá devido principalmente a compactação do solo dos passeios públicos ou calçadas; a má distribuição da umidade por todo o volume de solo abaixo do calçamento também contribui para limitar o desenvolvimento das raízes, somado a isso temos muitas vezes a escolha inadequada de espécies que não observa as características do local. As áreas dos canteiros, responsáveis pela captação das águas das chuvas, não são suficientes para coletar um volume de água que permita um ambiente adequado desenvolvimento do sistema radicular e da árvore como um todo. Pavimentos permeáveis, que permitem a infiltração da água no solo e armazenam parte das águas pluviais, podem potencializar um habitat favorável ao desenvolvimento vegetal. Neste estudo foram simulados os processos hidrológicos nos passeios públicos com diferentes configurações com o objetivo de verificar o efeito da implantação de pavimentação permeável na disponibilidade hídrica como instrumento da manutenção da arborização urbana. Os resultados obtidos demonstram a potencialidade do uso destes sistemas para aumentar a disponibilidade hídrica no solo para manutenção da arborização urbana.

**Palavras-chaves:** Soluções baseadas na Natureza (SbNs); Cidade; Adaptação; Mitigação; Pavimento permeável; Arborização Urbana.

# SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA COMO INSTRUMENTO PARA MEJORAR EL ARBOLADO URBANO, AYUDANDO A CONSTRUIR CIUDADES SENSIBLES AL AGUA Y RESISTENTES AL CLIMA

Mariana Marchioni

Anita Raimondi

Juliana Caroline de Alencar da Silva

Luiz Fernando Orsini de Lima Yazaki

Giuliana Del Nero Velasco

Sérgio Brazolin

Carlos Alberto da Silva Filho

Gianfranco Becciu

## RESUMEN

*Dado el contexto de cambio climático, se hace cada vez más imperativo adoptar estrategias para la construcción de paisajes resilientes, que sean capaces de responder a eventos climáticos extremos, como lluvias intensas y periodos prolongados de sequía, que ya se pueden observar y según pronósticos serán aún mayores. más crítico en las próximas décadas. El concepto de ciudades sensibles al agua establece los principios para la construcción de un entorno urbano saludable, donde se incluyan los servicios ecosistémicos, al territorio y su comunidad. La forestación urbana es fundamental en este proceso, ya que actúa en el mantenimiento de diversos procesos de regulación, provisión, culturales y de apoyo. A pesar de su importancia, la forestación urbana encuentra en las grandes ciudades un ambiente altamente adverso para su desarrollo, especialmente en cuanto a la disponibilidad de agua, nutrientes y espacio para su adecuado crecimiento, y la caída del arbolado urbano durante lluvias intensas es responsable de daños a bienes y personas. El pivotamiento, es decir, la caída con levantamiento de todo el sistema radicular, se produce por el inadecuado desarrollo del sistema radicular, que en las zonas urbanas se debe principalmente a la compactación del suelo de las aceras o aceras públicas; la mala distribución de la humedad en todo el volumen de suelo debajo del pavimento también contribuye a limitar el desarrollo de las raíces, además de esto, muchas veces tenemos la*



*elección inadecuada de especies que no observan las características del lugar. Las áreas de arriates, encargadas de captar el agua de lluvia, no son suficientes para recolectar un volumen de agua que permita un ambiente adecuado para el desarrollo del sistema radicular y del árbol en su conjunto. Los pavimentos permeables, que permiten que el agua se infiltre en el suelo y almacenen parte del agua de lluvia, pueden mejorar un hábitat favorable para el desarrollo de las plantas. En este estudio se simularon los procesos hidrológicos sobre aceras con diferentes configuraciones con el fin de verificar el efecto de la implementación de pavimentación permeable sobre la disponibilidad de agua como instrumento para el mantenimiento de la forestación urbana. Los resultados obtenidos demuestran el potencial del uso de estos sistemas para aumentar la disponibilidad de agua en el suelo para el mantenimiento de la forestación urbana.*

**Palabras clave:** Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbNs); Ciudad; Adaptación; mitigación; Pavimento permeable; Arbolado Urbano.





# NATURE-BASED SOLUTIONS AS AN INSTRUMENT FOR IMPROVE URBAN FORESTRY, HELPING TO BUILD WATER-SENSITIVE AND CLIMATE RESILIENT CITIES

Mariana Marchioni

Anita Raimondi

Juliana Caroline de Alencar da Silva

Luiz Fernando Orsini de Lima Yazaki

Giuliana Del Nero Velasco

Sérgio Brazolin

Carlos Alberto da Silva Filho

## ABSTRACT

*Given the context of climate change, it becomes increasingly imperative to adopt strategies for building resilient landscapes, which are able to respond to extreme weather events, such as heavy rains and prolonged drought periods, which can already be observed and according to forecasts will be even more critical in the coming decades. The concept of water-sensitive cities establishes the principles for the construction of a healthy urban environment, where ecosystem services are included, to the territory and its community. Urban afforestation is essential in this process, as it acts in the maintenance of various regulation, provision, cultural and support processes. Despite its importance, urban afforestation finds in large cities a highly adverse environment for its development, especially with regarding water availability, nutrients and space for its adequate growth, and the fall of urban trees during intense rains is responsible for damage to property and people. Pivoting, ie, the fall with the uplift of the entire root system, is caused by the inadequate development of the root system, which in urban areas is mainly due to soil compaction of public sidewalks or sidewalks; the poor distribution of moisture throughout the volume of soil below the pavement also contributes to limiting the development of roots, in addition to this, we often have the inappropriate choice of species that does not observe the characteristics of the place. The bed areas, responsible for capturing rainwater, are not enough to collect a volume of water that allows an adequate environment for the development of the root system and the tree as a whole. Permeable pavements, which allow water to infiltrate the soil and store part of the rainwater, can enhance a favorable habi-*



*tat for plant development. In this study, the hydrological processes on sidewalks with different configurations were simulated in order to verify the effect of the implementation of permeable paving on water availability as an instrument for the maintenance of urban afforestation. The results obtained demonstrate the potential of using these systems to increase the water availability in the soil for the maintenance of urban afforestation.*

**Keywords:** *Nature-based solutions (SbNs); City; Adaptation; Mitigation; Permeable pavement; Urban trees.*

## 1. INTRODUÇÃO

As áreas urbanas enfrentam um grande desafio nas próximas décadas, que é o de construir paisagens resilientes frente ao cenário de mudanças climáticas que resultará em uma maior ocorrência de eventos extremos, sobrecarregando ainda mais os atuais sistemas que já apresentam diversas vulnerabilidades. A arborização urbana tem sido apontada com um importante aliado para mitigar os efeitos das mudanças climáticas em meio urbano e para tornar as cidades mais resilientes a essas mudanças (Buckeridge, 2015), além de ser provedora de vários outros serviços ambientais como impactos positivos na saúde pública; redução da poluição do ar, moderação do microclima, melhoria paisagística, redução da poluição hídrica difusa, abatimento dos picos de inundação, entre outros (Berland et al., 2017; Nowak et al., 2014; Konijnendijk et al., 2016; Ruangpan et al., 2020; Livesley et al., 2016). Observa-se, no entanto, que as condições em que as árvores são cultivadas são muito distintas das encontradas nas florestas, ambiente de onde a maioria das espécies utilizadas na arborização urbana tem origem (São Paulo [Cidade], 2015).

Plantadas em linha ou em pequenos grupos e próximas ao leito carroçável das vias, são submetidas a temperaturas que podem atingir, em São Paulo, a 52 °C (Frota, 1996 e umidades relativas muito baixas (Oliva, 2016).

Árvores isoladas, plantadas em linha, são encontradas em quase todo o tecido urbano e “são cultivadas e mantidas como indivíduos; afetam e são afetadas pelo ambiente também como indivíduos” (Magalhães, 2006), não se beneficiando das interações e trocas que ocorrem entre os organismos nas florestas (Gorzalak et al, 2015).

Segundo o Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Instituto Astronômico, Geofísico e de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (USP), as modelagens climáticas já realizadas indicam um aumento de 1 a 2° C na temperatura para os períodos de 2010-2030, 2 a 3° C para 2040-2050 e 4° C para 2080-2090 na RMSP (CCST, 2019).

Com relação às precipitações os resultados indicam um aumento de 30% nas precipitações da RMSP entre 2030-2060, já para 2080-2090 os resultados indicam uma redução geral da precipitação na RMSP, com exceção da região oeste da RMSP que sofre um aumento de 10%. Apesar desta redução geral, há uma tendência no aumento da incidência de eventos extremos de precipitação, ou seja, ainda que a precipitação média seja reduzida com o passar do tempo (2080-2090), isto é provocado pelo aumento de dias secos seguidos por chuvas extremas concentradas em poucos dias, o que tornará o

sistema existente ainda mais vulnerável (CCST, 2019). O estudo de Schardong e Srivastav (2014) indicam um aumento de mais de 30% na ocorrência de eventos extremos na cidade de São Paulo (chuvas com período de retorno de 100 anos).

A IUCN - International Union for Conservation of Nature - aponta as soluções baseadas na natureza como a principal estratégia para o enfrentamento das mudanças climáticas. Soluções Baseadas na Natureza - SBN - são ações inspiradas e apoiadas na natureza, promovendo assim benefícios ambientais, sociais e econômicos que auxiliem na construção de sistemas resilientes. O conceito está alinhado com os ODS, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (IUCN, 2021).

Desta forma, a construção de cidades sensíveis às águas, passa pela adoção de SBN a fim de transformá-las em paisagens promotoras de serviços ecossistêmicos, através dos elementos naturais da paisagem que atuam na manutenção de diversos processos de regulação, de provisão, culturais e de suporte. Neste contexto se insere a arborização urbana, como será descrito a seguir.

## 1.1 Arborização Urbana

A arborização urbana tem sido apontada com um importante aliado para mitigar os efeitos das mudanças climáticas em meio urbano e para tornar as cidades mais resilientes a essas mudanças (Buckeridge, 2015), além de ser provedora de vários outros serviços ambientais como impactos positivos na saúde pública; redução da poluição do ar, moderação do microclima, melhoria paisagística, redução da poluição hídrica difusa, abatimento dos picos de inundação, entre outros (Berland et al., 2017; Nowak et al., 2014; Konijnendijk et al., 2016; Ruangpan et al., 2020; Livesley et al., 2016). Observa-se, no entanto, que as condições em que as árvores são cultivadas são muito distintas das encontradas nas florestas, ambiente de onde a maioria das espécies utilizadas na arborização urbana tem origem (São Paulo [Cidade], 2015).

O solo urbano é, também muito distinto dos solos das florestas. É frequente a inversão da ordem dos horizontes no perfil dos solos urbanos (Brady e Weil, 2013); a reação do solo sofre alterações em função da deposição de resíduos (elevação do pH) e a compactação realizada para o solo suportar uma carga pré-definida diminui drasticamente a sua porosidade, a capacidade de trocas gasosas, o desenvolvimento das raízes e a capacidade de retenção de água (Craul, 1993).

Estudo desenvolvido em Roma, na Itália, no ano de 2019 caracterizou, por meio de equipamento não destrutivo (GPR - radar de penetração), o comportamento do sistema radicular de árvores instaladas em vias pavimentadas. Com as imagens obtidas pelo radar, os auto-

res concluíram que, devido à compactação do solo, as raízes tendem a se espalhar horizontalmente e em pequena profundidade, muitas vezes invadindo as camadas drenantes do próprio pavimento. (Barone e Ferrara, 2019).W

As condições do solo também podem afetar a estabilidade estrutural da árvore promovendo a sua queda. Para contextualizar a gravidade deste assunto, foram registradas pela Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP) de 2014 a 2020 a queda de 18.194 árvores no município e, apenas no verão de 2021, registraram-se 776 quedas.

Estudo, ainda não publicado, sobre a queda de árvores na Subprefeitura Sé, entre os anos 2016 e 2018, constatou que 68% (sessenta e oito por cento) das quedas de árvores aconteceram por rompimento de raiz (Rosa et al., 2019) e dados da PMSP dão conta que as quedas acontecem normalmente em dias de intensa chuva ou ventos fortes, causando uma série de danos à infraestrutura urbana, principalmente às fiações elétricas, à mobilidade e à comunidade que nela reside até mesmos mortes. Esses esforços solicitantes associam-se ao desenvolvimento deficitário do sistema radicular, causado pela limitação de espaço e pela falta de nutrientes e água reduzindo sua resistência ao pivotamento, ou seja, tombamento de todo o exemplar (Mattheck e Breloer, 1997).

A compactação do solo das vias (calçada e leito carroçável), associada ao uso de pavimentos impermeáveis reduz expressivamente a quantidade de água disponível para as árvores, limitando o desenvolvimento do sistema radicular que, por consequência, explora um volume de solo insuficiente para obter a quantidade de nutrientes necessária ao pleno desenvolvimento da árvore e à prestação plena dos serviços ambientais do seu potencial genético.

O escopo dessa área de estudo abrange três componentes: os elementos (vegetação) incluídos, a sua localização (intraurbana, suburbana, periurbana e rural) e os benefícios gerados.

## **1.2 Instrumentos para melhoria da qualidade ambiental da arborização urbana**

Existem diversas técnicas que seguem os princípios das SBN que podem atuar na melhoria da qualidade ambiental da arborização urbana, principalmente no que se refere ao aumento da disponibilidade hídrica no solo para a vegetação, dentre elas, este estudo destaca os Jardins de Chuva e os Pavimentos Permeáveis, que foram utilizados como células de bioretenção na modelagem apresentada a diante, por serem técnicas já bem fundamentadas e difundidas.

Os Jardins de chuva (JC) tem sido empregados em áreas urbanas

para a promoção do tratamento das águas do escoamento superficial e como elementos na paisagem para o aumento da biodiversidade. São construídos em depressões rasas, que recebem uma camada de manta geotêxtil, uma camada de leito poroso, seguida por solo composto, onde são plantadas espécies nativas. Além deste sistema que serve de base para a vegetação, é comum os jardins possuírem uma tubulação drenante que conecte as águas drenadas ao sistema de galerias para que aja o escoamento das vazões de pico durante o período chuvoso. O funcionamento ótimo da estrutura se dá nas pequenas precipitações e principalmente no período de estiagem, quando o escoamento superficial vem carregado de cargas difusas. Quando é realizado o plantio de espécies adequadas, os jardins de chuva demandam pouca ou nenhuma irrigação e adubação (Ishimatsu Et al, 2017). Esses sistemas podem ou não ser dotados de uma camada de reservatório granular para aumentar o volume de água armazenado (Woods-Ballard, 2007).

Os Pavimentos Permeáveis (PP) são pavimentos feitos com matérias que permitem a absorção da água do escoamento superficial, permitindo tanto a infiltração destas águas no solo, como o armazenamento em camadas subterrâneas. Dentre as técnicas LID, o pavimento drenante é uma das mais utilizadas, havendo no Brasil leis específicas para sua adoção (Lei do município de São Paulo, N° 11.509/1994). Segundo Wang Et al (2019) de 20% a 40% da superfície das áreas urbanizadas são tratadas com pavimentos, o que torna estes materiais grandes responsáveis por fenômenos climáticos como ilhas de calor e absorção de água. O uso de pavimentos drenantes atua na amenização destes efeitos.



**FIGURA 1.** Exemplos de Células de bioretenção, Jardim de Chuva e Pavimento Permeável, e seus processos hidrológicos. Fontes: Dos autores.

O sistema construtivo do PP fundamenta-se nos Sistemas de Manejo Sustentável de Águas Pluviais (SMSAP); permite a infiltração de água em sua superfície e o acúmulo na base permeável, que funciona como um reservatório (Marchioni e Becciu, 2015; Woods-Ballard, 2007). O volume de água acumulado na base pode ser infiltrado lentamente no solo ou descarregado através de uma tubulação de drenagem interna à base, dependendo das características do solo e das condições específicas do projeto (Marchioni e Becciu, 2015). A seção típica de um pavimento permeável para uso veicular consiste em uma superfície contínua de concreto permeável, ou conglomerado betuminoso permeável, podendo ser também formada por peças de concreto descontínuas com juntas permeáveis. A base permeável é normalmente composta de agregados com granulometria aberta, com um índice de vazios maior ou igual a 32% (ABNT NBR 16416:2015). É opcional o uso de tubos perfurados de drenagem, manta geotêxtil ou asfáltica sobre o subleito.

Em relação ao manejo da água infiltrada, o pavimento permeável pode ser de três tipos: infiltração total, infiltração parcial ou sem infiltração. No primeiro caso toda a água que incide no pavimento é infiltrada no subleito, no segundo caso parte da água é extravasada por meio de tubulações drenantes enquanto, no tipo sem infiltração, o subleito é completamente impermeabilizado e toda a água infiltrada é drenada por tubos de drenagem. A escolha do tipo de pavimento permeável depende das características do solo local (coeficiente de infiltração, nível do aquífero subterrâneo) e de outras condições de contorno (ABNT NBR 16416:2015).

O PP pode ser utilizado em calçadas com tráfego preponderante de pedestres e ocasionalmente de veículos, com atenção ao caso de peças de concreto com juntas abertas que podem restringir a acessibilidade (Marchioni e Becciu, 2015).

São documentadas na literatura a interação do PP com a umidade do solo, assim como a interação com a arborização (Fini et al., 2017; Morgenroth e Visser, 2011; Mullaney et al., 2015; Volder et al., 2019). O uso desse sistema, além de permitir a infiltração da água que incide na superfície no solo, ainda permite que a água armazenada na base permeável seja infiltrada lentamente mantendo uma disponibilidade hídrica mesmo horas após o fim da chuva.

O aumento da disponibilidade hídrica nem sempre acontece. Varia de acordo com o grau de compactação do solo, que pode alterar a condutividade hidráulica e o nível de evapotranspiração (Volder et al., 2019). Os benefícios, nesse caso, vão depender do tipo de solo e da configuração do sistema, o qual deve ser dimensionado para esse fim (Mullaney et al., 2015). Medidas de evapotranspiração em campo de PP observaram valores mais altos em comparação com PC, podendo ter um efeito de redução da disponibilidade hídrica no solo após evento de precipitação (7% PC contra 10-12% PP em relação ao total de precipitação) (Göbel et al., 2013). Vale ressaltar que, aumentar a evapotranspiração, é geralmente considerado um efeito positivo dos SMSAP.

### **1.3 Passeios Públicos**

O Decreto N° 52.903/12 da PMSP estabelece para o passeio público uma faixa livre para a circulação de pedestres com largura mínima de 1,20 m, enquanto o Decreto N° 49.904/05 define que, se presente, a faixa de serviço destinada à instalação de equipamentos e mobiliários urbanos e vegetação localizada em posição adjacente à guia deve ter no mínimo 70 cm. Dessa forma, é permitido o plantio de árvores apenas nos passeios com largura mínima de 1,90 m. Para passeios públicos com largura entre 1,90 a 2,09 m a dimensão mínima para o canteiro é de 0,60 x 0,60 m. Esses parâmetros indicam uma dimensão reduzida dos canteiros que, novamente, associada a um solo altamente compactado pode reduzir a disponibilidade hídrica para a manutenção da vegetação, prejudicando o seu desenvolvimento, aumentando o risco de queda a longo prazo.

O município de São Paulo conta com 646.310 árvores plantadas, ao longo do sistema viário das suas 32 subprefeituras (São Paulo [Cidade], 2014), nas condições descritas anteriormente. Em melhores condições de solo, essas árvores poderiam realizar serviços ambientais mais expressivos e ter o risco de queda reduzido, deixando de



prestar esse desserviço ambiental. Embora adotada isoladamente não solucione as questões relacionadas ao adequado desenvolvimento da arborização plantada ao longo do sistema viário, a implantação de pavimentação permeável (PP) e jardins de chuva (JC) nos passeios públicos em substituição ao pavimento convencional (PC) impermeável tem a capacidade de impactar positivamente a disponibilidade hídrica no solo, ao aumentar a retenção e a infiltração de água e aproximar esse processo no meio urbano ao observado nos solos cobertos com vegetação.

## 1.4 Objetivo

Neste estudo, avalia-se para diferentes configurações o impacto da adoção de SBN para a melhoria da qualidade ambiental da arborização urbana implantada nos passeios públicos, auxiliando na construção de cidades sensíveis às águas e resilientes às mudanças climáticas. A potencialidade dessas soluções para melhorar a arborização urbana devido à falta de disponibilidade hídrica é avaliada através de simulação hidráulica e hidrológica obtendo e comparando a umidade do solo para diversas tipologias de passeios públicos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram simulados os processos hidrológicos para seis configurações de passeio público, sendo duas configurações tradicionais e quatro soluções utilizando SMSAP, simulando um evento único de chuva e uma serie temporal continua com dados do Município de São Paulo com o objetivo de comparar o desempenho desses sistemas quanto à disponibilidade hídrica no solo, conforme será melhor detalhado a seguir.

### 2.1 Projetos de Calçadas

Foram analisadas seis configurações de passeios públicos, considerando três tipos tradicionais e amplamente utilizados no Município de São Paulo (TP1 e TP2) e quatro tipos (TP3-TP4) com soluções em SMSAP (Tabela 1). Foram consideradas as dimensões mínimas mencionadas nos Decretos nº 52.903/12 e nº 49.904/05, com faixa de serviço de 0,7 m e faixa livre de 1,2 m. O TP1 consiste em PC com um canteiro com dimensões mínimas, enquanto no TP2 toda a faixa de serviço consiste em área livre de pavimentação, considerando solo natural compactado com grama. Nas soluções propostas do tipo TP3, o canteiro de solo natural é substituído por um JC sem reservatório granular. Nas soluções TP4, TP5 e TP6 a faixa livre utiliza PP en-

quanto a faixa de acesso mantém em TP4 a área mínima de canteiro, em TP5 canteiro com solo natural e o TP6 utiliza JC.

ID	Faixa Serviço	Área canteiro (m <sup>2</sup> )	PERM <sup>1</sup>	IMP <sup>2</sup>	Faixa livre	JC	PP
TP1	canteiro mínimo	0,36	2%	98%	PC	0	0
TP2	canteiro	4,90	26%	74%	PC	0	0
TP3	jardim de chuva	4,90	26%	74%	PC	26%	0
TP4	canteiro mínimo	0,36	2%	98%	PP	0	63%
TP5	canteiro	4,90	26%	74%	PP	0	63%
TP6	jardim de chuva	4,90	26%	74%	PP	26%	63%

<sup>1</sup> Percentual de área considerada permeável (canteiro).  
<sup>2</sup> Percentual de área considerada impermeável, incluindo área do PP.

**TABELA 1.** Configurações de passeio público utilizadas nas simulações.

## 2.1 Dimensionamento da Pavimentação Permeável (PP)

A base porosa de um pavimento permeável deve ser dimensionada para resistir aos esforços oriundos das solicitações de tráfego e a função hidráulica do reservatório (Marchioni e Becciu, 2015; Swan e Smith, 2009).

O dimensionamento mecânico foi feito pelo método proposto pela AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) adaptado para PP (Swan e Smith, 2009).

O dimensionamento hidráulico foi realizado pelo método da curva envelope, onde a altura hídrica de entrada é obtida com a equação de altura-duração-frequência (A-D-F), reduzida pela multiplicação do coeficiente de escoamento superficial, e a altura hídrica de saída do sistema obtida a partir da condutividade hidráulica do solo (Silveira e Goldenfum, 2007; Becciu e Paoletti, 2010). Esse método considera um ietograma retangular e apenas as perdas hidrológicas em relação à altura de chuva total. Desconsidera, portanto, o abatimento das vazões pelo efeito da propagação da onda de cheia, hipótese razoável para um sistema que recebe prevalentemente a precipitação que incide sobre ele mesmo.

Para definir o volume armazenado no sistema, foi feito um balanço hidráulico com a utilização da Equação 1:

$$(Q_e - Q_u) \cdot dt = dW$$

Sendo:

$Q_e$ : vazão de entrada no sistema de infiltração;

$Q_u$ : vazão de saída no sistema de infiltração;

$dW$ : variação de volume armazenado no sistema;

$dt$ : intervalo de tempo.

A vazão de entrada no sistema, que é função do tempo, pode ser descrita com a fórmula racional utilizando uma equação de intensidade-duração-frequência (I-D-F) do tipo binomial, com dois parâmetros característicos da estação pluviométrica.

$$Q_e = \varphi \cdot A \cdot a \cdot t^{n-1} \quad (2)$$

Sendo:

$a, n$ : parâmetros da I-D-F do tipo binomial

$A$ : área do PP somada às eventuais áreas de contribuição adicionais

$\varphi$ : área do PP somada às eventuais áreas de contribuição adicionais

$t$ : duração do evento de precipitação

A Tabela 2 apresenta os parâmetros  $a$  e  $n$  para alguns municípios do estado de São Paulo obtidos por meio de regressão e minimizando o erro quadrático a partir da I-D-F do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) para um Tempo de Retorno ( $T = 10$  anos).

Município	a [mm/h <sup>n</sup> ]	n (10 ≤ t' ≤ 60)	n (60 ≤ t' ≤ 1440)
São Paulo	61	0,49	0,21
São Bernardo do Campo	63	0,50	0,22
Taubaté	62	0,53	0,21
Bertioga	93	0,71	0,44
São Jose do Rio Preto	68	0,59	0,23
Ubatuba	82	0,73	0,41
Araraquara	66	0,51	0,23
Campinas	56	0,47	0,18
Santos	64	0,60	0,34
São Jose dos Campos	57	0,50	0,26

<sup>1</sup> duração do evento de chuva, t, em minutos

**TABELA 2.** Parâmetros da I-D-F bi-nomial para T = 10 anos.

A vazão de saída do sistema de infiltração, não considerando um tubo de drenagem, é caracterizado pela Lei de Darcy considerando a área de infiltração do sistema ( $A_I$ ), condutividade hidráulica característica do solo local e gradiente hidráulico igual a 1, resultando na Equação 3.

$$Q_u = f_c \cdot A_I \quad (3)$$

Sendo:

$Q_u$ : vazão de saída do sistema

$f_c$ : condutividade hidráulica do solo saturado

$A_I$ : área da PP

Substituindo as Equações 2 e 3 na Equação 1 se obtém a altura hídrica  $d(t)$  do sistema de infiltração em função do tempo:

$$d(t) = \frac{\theta}{p} \cdot (\varphi \cdot a \cdot t^{n-1} \cdot R - f_c) \quad (4)$$

Sendo:

$R = A/A_I$ ,

$p$  = porosidade do material de enchimento do sistema.

A altura hídrica para o sistema de infiltração, ou seja, a espessura da base da PP, é obtida substituindo na Equação 4 o evento de duração crítica para o sistema onde  $t=t_w$ . Este é obtido derivando a Equação 4, em função de  $t$  e igualando a zero.

$$\frac{dd}{dt} = \varphi \cdot a \cdot n \cdot R \cdot \frac{t^{n-1}}{p} - \frac{f_c}{p} = 0 \rightarrow t_w = \left( \frac{f_c}{\varphi \cdot a \cdot n \cdot R} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (5)$$

Dessa forma, substituindo na Equação 6 o evento crítico de duração  $t_w$  obtido com a Equação 6 se obtém a espessura da base da PP,  $d_{pp}$ .

$$d_{pp} = d(t_w) = \frac{t_w \cdot (\varphi \cdot a \cdot t_w^{n-1} \cdot R - f_c)}{p} \quad (6)$$

O tempo de esvaziamento da base permeável,  $t_{(sv,2D)}$  pode ser obtido com a Equação 7.

$$t_{sv,2D} = \frac{p \cdot d_{pp}}{f_c} \quad (7)$$

Sendo:

$d_{pp}$ : espessura da base do PP

A NBR ABNT 16416:20015 recomenda um tempo de esvaziamento máximo de 72 horas, caso o tempo de esvaziamento seja superior é necessário adicionar um tubo de drenagem para escoar parte do volume acumulado na base do pavimento evitando danificar o pavimento e reduzindo a probabilidade de ocorrer de sobreposição de eventos de precipitação.

Para o município de São Paulo, com parâmetros da I-D-F binomial de  $a = 61$  mm/hn e parâmetro de escala  $n$  0,49 para durações de 10 a 60 minutos; 0,21 para duração superior a 60 minutos e  $n = 0,21$  (Tabela 2); considerando um solo do tipo argiloso arenoso com coeficiente de permeabilidade variando de  $10^{-6}$  m/s a  $10^{-9}$  m/s obtém-se, utilizando a Equação 6, uma altura de base variando de 150 mm a 941 mm com tempo de esvaziamento de 19 horas a 81 dias.

$f_c$ (m/s)	hpp [mm]	$t_{esv}$ [horas]
$1,00 \times 10^{-6}$	150	19
$1,00 \times 10^{-7}$	277	346
$1,00 \times 10^{-8}$	510	6380
$1,00 \times 10^{-9}$	941	117668

**TABELA 3** Exemplos de espessura de PP variando a condutividade hidráulica para o Município de São Paulo.

Para os casos em que o tempo de esvaziamento supera o limite de 72 horas se recomenda inserir um tubo de drenagem que deve ser dimensionado considerando a densidade de furos e o fluxo de água no interno do sistema.

## 2.3 Simulação dos Processos Hidrológicos

Para simular os processos hidrológicos das soluções propostas foi utilizado o modelo desenvolvido pela United States Environmental Protection Agency - Stormwater Management Model (Gironás et al, 2010; Rossman e Huber, 2015;) para modelar a transformação chuva-vazão, a infiltração de água no solo e o andamento temporal do conteúdo de umidade disponível.

SWMM é um modelo dinâmico de simulação chuva-vazão que pode ser utilizado para eventos independentes ou simulações temporais contínuas de quantidade e carga de poluentes no escoamento superficial. O componente escoamento superficial considera as áreas das sub-bacias que recebem a precipitação e geram escoamento e carga de poluentes, enquanto o componente de direcionamento (routing) direciona essa vazão para uma rede de coletores, canais e dispositivos de armazenamento (Rossman e Huber, 2015).

A partir da descrição conceitual da rede existente o processo de simulação inicia com a precipitação, onde as perdas hidrológicas iniciais vão contribuir com a evapotranspiração e infiltração, sendo essa direcionada para o aquífero. O excesso de escoamento após a depuração das perdas iniciais gera o escoamento superficial, que em parte pode ser gerenciado pelos SMSAP e o excedente é então direcionando para as redes de coletores, canais e reservatórios, se presentes. A altura hídrica que se acumula no tempo na superfície de cada sub-bacia é descrita pela Equação de conservação de massa (Equação 8):

$$\frac{\partial d}{\partial t} = i - e - f - q$$

Sendo:

d: altura hídrica [mm]

t: tempo [h]

i: precipitação [mm/h];

e: taxa de evaporação de superfície [mm/h];

f: capacidade de infiltração [mm/h];

q: escoamento superficial [mm/h]

Note que  $i$ ,  $e$ ,  $f$  e  $q$  representam vazão por unidade de área. A taxa de evaporação depende de uma série de fatores relacionados à temperatura e à velocidade dos ventos, variando com a estação do ano. Valores obtidos experimentalmente para São Paulo vão de 4 mm/dia no verão a cerca de 1 mm/dia durante o inverno (Camargo e Sentelhas, 1997). A USEPA-SWMM permite utilizar os seguintes modelos de infiltração: Horton, Green-ampt e Curve Number. Nesse trabalho foi utilizado o modelo de Horton, descrito pela Equação 9, que utiliza um modelo empírico exponencial para estimar a variação de capacidade de infiltração do solo no tempo (Horton, 1940):

$$f_p = f_\infty + (f_0 - f_\infty)e^{-k_d t}$$

Sendo:

$f_p$  = taxa de infiltração no tempo;

$f_\infty$  = taxa de infiltração mínima;

$f_0$  = taxa de infiltração inicial

$k_d$  = coeficiente de decaimento de infiltração;

t = tempo.

Neste estudo foi considerado um  $f_i$  de 76 mm/h,  $f_\infty$  de 2,5 mm/h e  $k_d$  de 2. O componente aquífero da USEPA-SWMM foi utilizado para simular o movimento de água no solo permitindo obter uma estimativa do teor umidade no solo. O componente aquífero representa a camada não saturada acima da camada saturada para cada sub-bacia, onde a altura do lençol freático representa o limite entre as duas camadas. A posição do lençol freático varia de acordo com os fluxos de entrada e saída da camada saturada, que por sua vez são definidos por meio de uma equação de percolação. A camada não saturada recebe a infiltração das áreas permeáveis e dos SMSAP e perde umidade devido ao processo de evapotranspiração. Nos casos em que o lençol freático atinge a superfície, a infiltração cessa e inicia a produzir escoamento superficial (Rossman e Huber, 2015).

Para a simulação realizada foi considerado um solo argilo-arenoso

com uma porosidade de 0,398, capacidade de campo 0,244, ponto de murcha permanente (PMP) 0,136 e condutividade hidráulica saturada igual a 5,0 mm/h. Foi ainda considerado uma taxa de evaporação igual a 0,35 mm/h na camada saturada e 14,00 na camada não saturada. A umidade inicial na zona não saturada no início da simulação foi considerada 0,30. O nível do lençol freático foi definido de tal modo que não interferisse nas simulações, considerando que a implantação de PP não é recomendada em locais onde a altura máxima registrada do lençol freático seja inferior a 60 cm de distância em relação ao nível mais baixo da estrutura do pavimento (ABNT NBR 16416:2015).

Para simular o JC e PP foi utilizado o componente de SMSAP do USEPA-SWMM (ANO), identificado no modelo com a nomenclatura utilizada usualmente nos Estados Unidos (LID - Low Impact Developments). Conceitualmente os SMSAP apresentam uma estrutura com uma camada de superfície, solo e armazenamento dependendo do tipo de sistema. Os fluxos de entrada são caracterizados pela precipitação e escoamento superficial das áreas de contribuição, enquanto, os de saída, incluem a evapotranspiração, o fluxo extravasado e o fluxo escoado através do tubo de drenagem. O sistema considera a infiltração em direção à camada não saturada do solo abaixo do sistema (Rossman e Huber, 2016). No caso do JC não foi considerado uma camada de reservatório, sendo esse formado de camada com profundidade de 200 mm e a camada de substrato de 200 mm e outros parâmetros reunidos na Tabela 4. Os parâmetros utilizados para o PP estão reunidos na Tabela 5.

**TABELA 4.** Parâmetros utilizados na simulação do jardim de chuva (JC).

Profundidade [mm]	200,0
Espessura substrato [mm]	200,0
Porosidade	0,5
Capacidade de campo	0,2
Ponto de murcha	0,1
Condutividade hidráulica [mm/h]	0,5
Nível de sucção [mm]	3,5

Os parâmetros da superfície foram estimados com bases em dados de literatura (Brugin et al., 2020; Andrés-Valeri, 2016; Marchioni e Becciu, 2015). A espessura da base do PP foi dimensionada conforme o método da curva envelope descrito anteriormente e é apresentada nos



resultados. A condutividade hidráulica do solo abaixo do PP é estimada inferior a do aquífero para considerar os efeitos da compactação do subleito durante a execução do pavimento. O valor de condutividade hidráulica de 0,5 mm/h resulta em uma baixa permeabilidade de acordo com a classificação proposta por Terzaghi, Peck (1996).

Espessura da superfície [mm]	80,00
Porosidade	0,15
Condutividade hidráulica da superfície [mm/h]	100,00
Porosidade do material da base	0,45
Condutividade hidráulica do solo [mm/h]	0,50

**TABELA 5.** Parâmetros utilizados na simulação e no dimensionamento do pavimento permeável (PP).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Seção Tipo do Pavimento Permeável

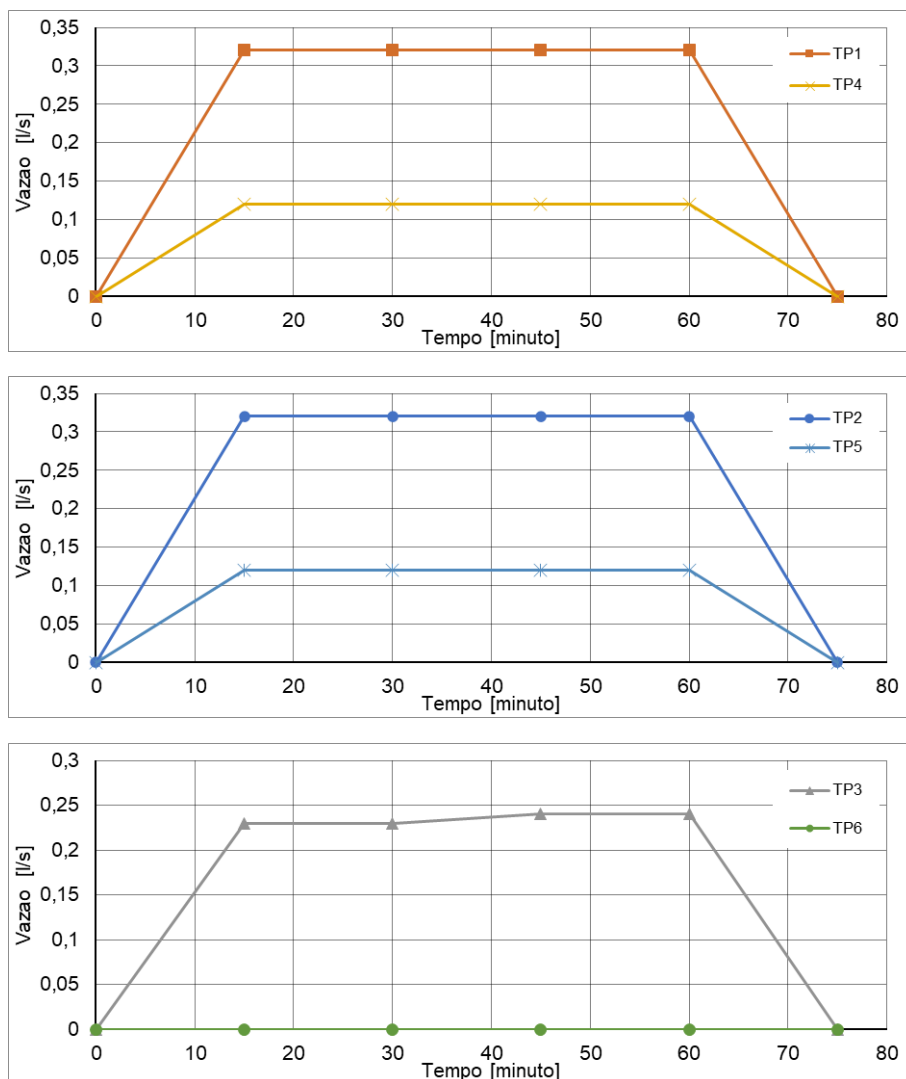
Considerando a I-D-F binomial do Município de São Paulo (Tabela 2), condutividade hidráulica do solo de 0,5 mm/h ( $1,38 \times 10^{-7}$  m/s) e porosidade do material de enchimento da base de 0,45, aplicando o método da curva envelope resulta uma altura de base necessária,  $d_{pp} = 254$  mm com tempo de esvaziamento de 228 horas. Nesse caso seria necessário adicionar um tubo de drenagem com a função de extravasor para garantir um esvaziamento em até 72 horas, porém considerando que a calçada não é submetida a tráfego veicular e esse sistema em particular tem como objetivo manter uma maior umidade no solo, optou-se por não utilizar um tubo de drenagem. Para o dimensionamento mecânico, estabelecendo uso exclusivo para pedestres e sendo vetada a passagem de qualquer veículo automotor resulta uma espessura de base mínima de 150 mm para um CBR (California Bearing Ratio) saturado mínimo de 4. Foi adotada então uma base de 255 mm de espessura para o PP, valor utilizado nas simulações dos processos hidrológicos.

#### 3.2 HIDROGRAMA

A Figura 1 apresenta os hidrogramas para um evento de chuva de tempo de retorno igual a 10 anos ( $T = 10$  anos) e duração de 1 hora ( $t = 1$  hora), obtido por meio da simulação chuva-vazão utilizando USE-PA-SWMM, para as seis soluções propostas na Tabela 1 (TP1 à TP6).

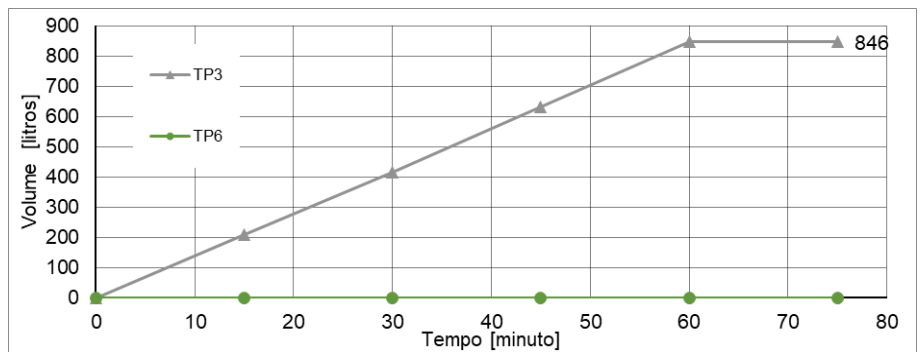
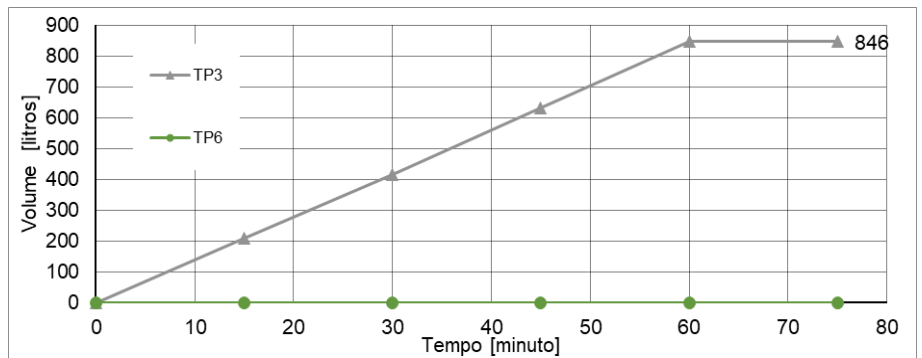
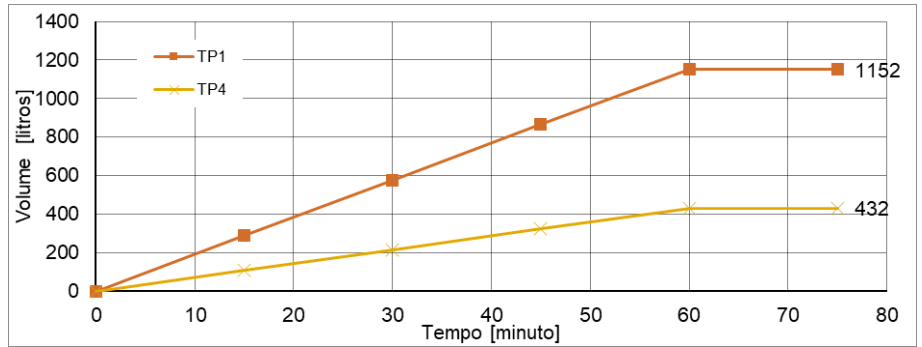
Para a chuva com duração de 1 (uma) hora e intensidade constante igual 60 mm/h ( $i = 60$  mm/h), obtida com a curva I-D-F do Município de São Paulo (Tabela 2), a vazão máxima observada para o passeio público tradicional (TP1) com um canteiro de 60 x 60 cm foi de 0,32 l/s. A vazão máxima se manteve a mesma para o caso TP2, onde a faixa livre é ocupada inteiramente pelo canteiro, atestando que o efeito na redução de escoamento superficial é mínimo. A solução TP3, onde se mantém uma pavimentação tradicional, mas o canteiro é substituído por um JC observou-se uma redução de 25% na vazão de pico, com um valor de 0,24 l/s. Como esperado, as soluções que incluem o PP levaram a reduções significativas de escoamento superficial, com 63% de redução para as soluções TP4 e TP5, com vazão de pico 0,12 l/s em ambos os casos. Na solução TP6 o uso combinado de pavimentação permeável e jardim de chuva resultou, para o evento de precipitação considerado, uma vazão nula, ou seja, não foi observado escoamento superficial.

**FIGURA 1.** Hidrograma obtido por meio de simulação chuva-vazão para um evento de chuva com  $T = 10$  anos,  $t = 1$  hora e  $i = 60$  mm/h.



A Figura 2 traz o volume acumulado ao longo do tempo para o mesmo evento de precipitação onde o volume máximo de 1.152 litros de escoamento superficial foi observado para a TP1 enquanto a TP6 não gerou volume de escoamento superficial.

**FIGURA 2.** Volume acumulado ao longo do tempo obtido por meio de simulação chuva-vazão para um evento de chuva com  $T = 10$  anos,  $t = 1$  hora e  $i = 60$  mm/h.



O uso dos SMSAP e, especificamente o PP, são frequentemente relacionados à redução do risco hidrológico urbano. Mesmo não sendo o objetivo principal dos casos simulados, verifica-se que os sistemas resultaram na redução da vazão e do volume de escoamento superficial. Essa redução é relativamente pequena visto que a área considerada de 19 m<sup>2</sup> para um trecho de 10 m de passeio com largura 1,9 m, é também pequena. Entretanto, considerando um município como o de São Paulo, que possui cerca de 17.800 km de vias, a disseminação do uso de PP deve resultar em um abatimento significativo das vazões de pico e dos volumes de escoamento superficial, contribuindo, assim, para a redução dos riscos de inundação.

### 3.3 Movimentos da Água no Solo

Para verificar a hipótese de que a implantação da pavimentação permeável aumenta a disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo, favorecendo assim a saúde das árvores urbanas, foram analisadas para as soluções propostas na Tabela 1 a infiltração de água total, transpiração e umidade no solo. Foram realizadas simulações chuva-vazão com EPA-SWMM para um evento único de chuva com duração  $t = 1$  hora, tempos de recorrência  $T = 10$  anos e  $T = 2$  anos, este último com objetivo de verificar um evento de chuva com maior frequência. Os resultados são reportados na Tabela 6.

A implantação de SMSAP no passeio resultou em um aumento significativo da infiltração total, com um percentual de cerca 3% de infiltração total em relação ao total de precipitação para o TP3, e valores de 4% a 5% para as soluções com pavimentação permeável TP4, TP5 e TP6. Para as soluções de passeio tradicionalmente adotadas, TP1 e TP2 a infiltração é percentualmente menor que 1% da altura total de chuva.

A utilização dos SMSAP aumenta significativamente também a parcela da chuva que retorna para a atmosfera em forma de evaporação em percentuais de cerca de 20%, quando adotado JC com pavimentação tradicional (TP3), a 95% para JC e PP utilizados em conjunto (TP6). O aumento da evaporação de água é considerado um importante benefício dos SMSAP com impacto no microclima urbano, mas diminui a disponibilidade hídrica remanescente no solo disponível para uso da vegetação. Ainda assim foi observado um aumento significativo na umidade média do solo na camada não saturada, que chega a duplicar no caso de substituir o pavimento tradicional para o PP, comparando TP1 com TP4 e TP2 com TP3. A análise de variância a um fator (teste ANOVA) mostrou uma diferença estatisticamente significativa entre as diferentes soluções com  $F(5, 8.928) = 28.511$ .

ID	Tempo de Retorno	Altura da chuva	Infiltração	Evaporação	Umidade no solo
		Total	Total	Total	Média
	T	H			$\theta_{media}$
	[anos]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
TP1	10	60,06	0,08	0,09	0,14
TP2	10	60,06	0,08	0,09	0,14
TP3	10	60,06	1,78	13,87	0,22
TP4	10	60,06	2,73	35,23	0,30
TP5	10	60,06	2,74	35,24	0,30
TP6	10	60,06	3,04	55,12	0,32
TP1	2	39,28	0,07	0,09	0,14
TP2	2	39,28	0,08	0,09	0,14
TP3	2	39,28	0,96	9,32	0,18
TP4	2	39,28	1,81	23,03	0,24
TP5	2	39,28	1,81	23,04	0,24
TP6	2	39,28	2,07	37,22	0,26

**TABELA 6.** Resultados obtidos para a simulação de evento único de chuva obtendo infiltração e evaporação total após o evento e média de umidade no solo para as tipologias propostas.

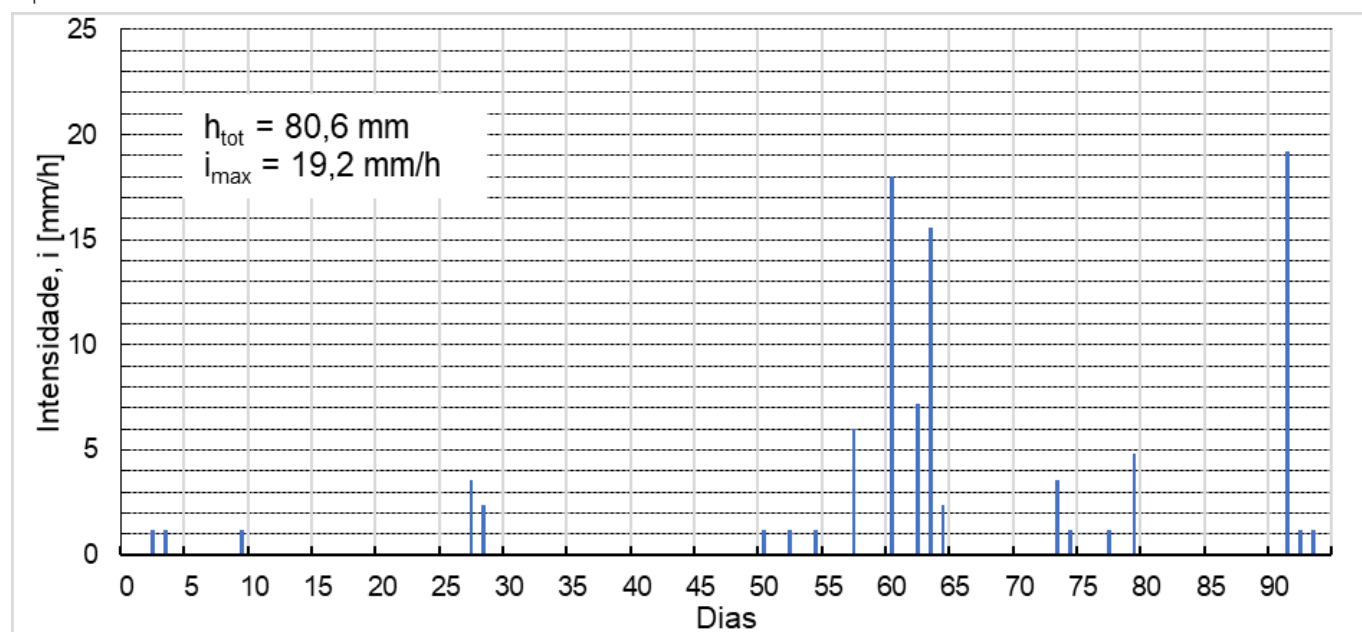
**TABELA 7.** Performance dos SMSAP para simulação de evento único de chuva considerando apenas os SMSAP propostos.

Observando a Tabela 7, que traz a performance dos SMSAP, se verifica que a maior parcela da altura de água total que ingressou no sistema torna à atmosfera como evaporação, com uma importância volumétrica inferior para a infiltração. Vale ressaltar que, nas simulações, foi utilizado um coeficiente de permeabilidade do solo classificado como baixa permeabilidade, com 0,5 mm/h ( $1.4 \times 10^{-7}$  m/s).

ID	SMSAP	Entrada de água	Evaporação	Infiltração
		total	Total	Total
		[mm]	[mm]	[mm]
ST3	JC	60,06	53,52	6,54
ST4	PP	60,06	55,73	4,33
ST5	PP	60,06	55,74	4,32
ST6	JC	66,73	61,95	2,37
ST6	PP	67,83	61,95	3,85
ST3	JC	39,28	35,9	3,39
ST4	PP	39,28	36,42	2,86
ST5	PP	39,28	36,43	2,85
ST6	JC	43,64	42,46	1,18
ST6	PP	44,36	41,58	2,78

Foi realizada também uma simulação com série temporal contínua durante o inverno, período com menor frequência e intensidade de chuvas. A série temporal utilizada foi cedida pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) e se refere à estação pluviométrica de número 273 localizada na foz do córrego Pirajuçara que fornece alturas pluviométricas em intervalo de tempo  $\Delta t = 10$  minutos. Foram utilizados os dados registrados entre 20/06/2016 a 24/09/2016 com ocorrência de 20 eventos de chuva independentes, uma altura total de  $h = 80,6$  mm e intensidade máxima registrada  $i_{\max} = 19,2$  mm/h (Figura 3).

**FIGURA 3.** Série temporal contínua com dados de chuva com  $\Delta t = 10$  minutos e duração de 96 dias (20/06/2016 – 24/09/2016) durante o período invernal.



A Tabela 8 reúne os principais resultados obtidos para a simulação da série temporal contínua. Os eventos registrados no período considerado são caracterizados por intensidades baixas, variando de cerca 2 mm/h a menos de 20 mm/h, o que pode explicar que nesse caso os valores de infiltração são percentualmente maiores que os da evaporação em relação à altura total de chuva, com 25% para o TP3, e de 55% a 66% para as soluções com PP, TP4-TP6. Esse efeito é verificado observando os dados da Tabela 9 onde a infiltração corresponde a mais de 60% da entrada total da água que é infiltrada no solo para as soluções com PP (TP4, TP5 e TP6). Foi observado um aumento de 6% para a umidade média do solo e de 10% da umidade ao final da simulação, comparando-se a solução TP1 com TP4. A variação foi de 18% de umidade média do solo e 45% de umidade final quando comparando TP3 e TP6. Observa-se, assim, um efeito positivo da implantação do PP no aumento da umidade do solo. Já na comparação entre TP2 e TP4, onde o canteiro ocupa a maior par-

te da faixa livre, a umidade do solo foi reduzida no caso de implantação de PP para 11% de umidade média e 17% de umidade total. A análise de variância a um fator (teste ANOVA) mostrou uma diferença estatisticamente significativa entre as diferentes soluções com  $F(5, 8.927) = 834$ .

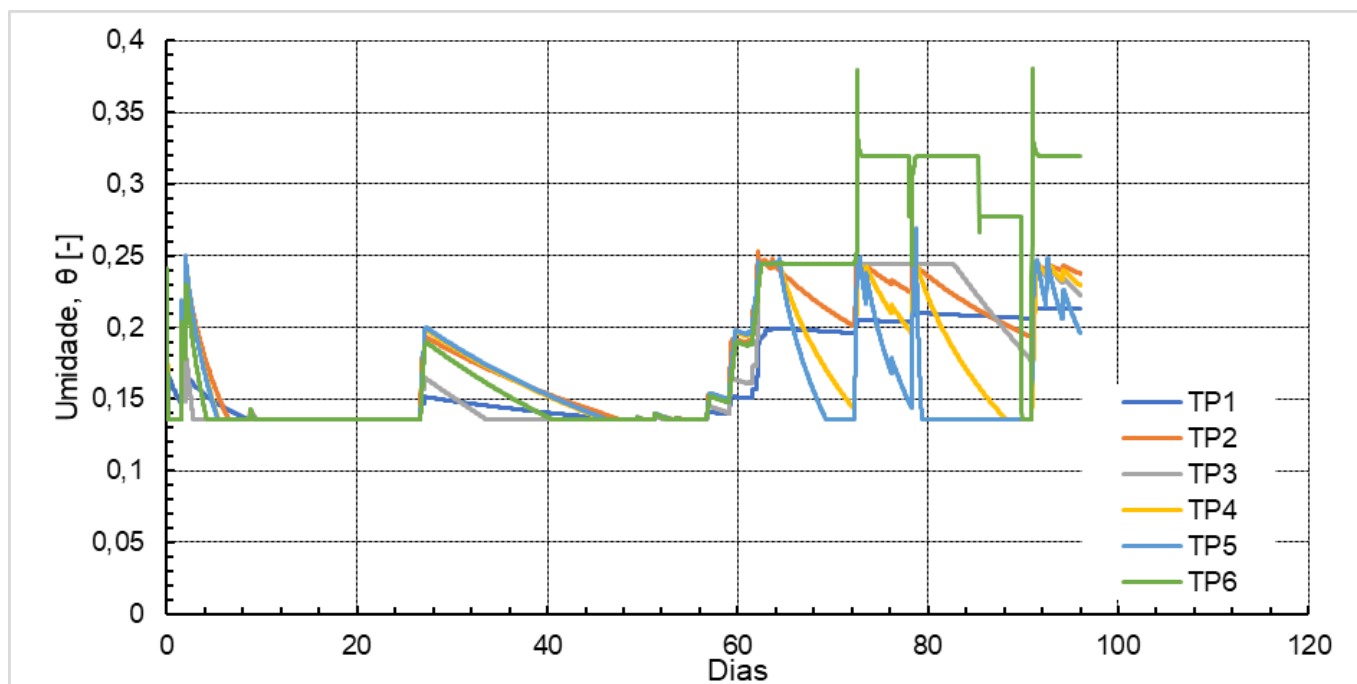
ID	Altura da chuva	Infiltração	Evaporação	Umidade do solo	
	Total	Total	Total	Média	Final
	h	-	-	$\theta_{media}$	$\theta_{final}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]
TP1	80,6	1,61	3,42	0,16	0,21
TP2	80,6	20,96	2,54	0,18	0,24
TP3	80,6	20,22	13,83	0,17	0,22
TP4	80,6	47,62	5,12	0,17	0,23
TP5	80,6	54,74	4,81	0,16	0,20
TP6	80,6	45,3	26,66	0,20	0,32

**TABELA 8.** Resultados obtidos para a simulação de série temporal contínua.

ID	SMSAP	Entrada	Evaporação	Infiltração
		total	Total	Total
		[mm]	[mm]	[mm]
ST3	JC	80,60	46,37	18,10
ST4	PP	80,60	6,15	74,45
ST5	PP	80,60	6,15	74,45
ST6	JC	82,07	46,38	12,18
ST6	PP	90,88	22,80	63,70

**TABELA 9.** Performance dos SMSAP para simulação de série temporal contínua.

A Figura 4 traz a variação de umidade na zona não saturada no solo para a simulação com série temporal contínua.



**FIGURA 4.** Variação da umidade do solo para a simulação com série temporal contínua. Analisando os resultados obtidos com a simulação contínua no inverno se verifica um aumento da umidade final do solo nas soluções que adotam SMSAP, principalmente no caso TP6 onde se utiliza o PP combinado com JC, confirmando dessa forma que a adoção desses sistemas resulta em uma maior disponibilidade hídrica para a arborização urbana.

#### 4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram propostas configurações de passeio público utilizando sistemas de manejo sustentável de águas pluviais (SMSAP) sendo eles jardim de chuva (JC) e pavimentação permeável (PP), substituindo a pavimentação convencional impermeável (PC), os canteiros tradicionais de solo compactado e grama com o objetivo de aumentar a disponibilidade hídrica da camada não saturada do solo. O desempenho desses sistemas em relação à infiltração, à evaporação de água e umidade do solo foram analisadas utilizando o modelo da *United States Environmental Protection Agency - Storm Water Management Model* (USEPA-SWMM) analisando um evento de chuva único e uma série temporal contínua registrada no inverno de 2016.

Ainda que, em ambos os casos, foi verificada, na maior parte das simulações, um aumento da umidade de solo ao utilizar SMSAP, uma parcela considerável da precipitação volta para a atmosfera através da evaporação, diminuindo assim a disponibilidade hídrica do solo. Ainda que, per se, o aumento da evaporação pode ser considerado como um benefício no ambiente urbano, nesse caso específico diminui a disponibilidade de água para a vegetação, principalmente nos casos de eventos com maior intensidade de chuva.

Concluindo: os resultados obtidos demonstram a potencialidade do uso de jardins de chuva (JC) e, principalmente, de pavimentos permeáveis (PPs) para auxiliar a manutenção da arborização urbana pelo incremento da disponibilidade hídrica no solo, neste caso ve-



rificado através da comparação da umidade do solo para diferentes soluções. É importante ressaltar que o projeto seja planejado para esse fim, evitando, por exemplo, a compactação excessiva do subleito para execução do PP o que pode reduzir a infiltração de água. As simulações foram também, realizadas considerando valores estimados das características do solo e da taxa de evapotranspiração local. Dessa forma, o próximo passo seria obter tais parâmetros a partir de monitoramentos de campo, permitindo a calibração do modelo de simulação obtendo assim resultados mais reais. Destaque-se, por fim, que métodos probabilísticos de dimensionamento do PP podem otimizar projetos que tenham o objetivo de aumentar a disponibilidade hídrica no solo.

## REFERÊNCIAS

- \_\_\_\_\_. Projeto da Prodam/SMSM mapeia árvores do sistema viário de São Paulo. São Paulo: Portal da Prefeitura do Município de São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/inovacao/prodam/noticias/index.php?p=183756>. Acesso em: 04 ago. 2021.
- \_\_\_\_\_. Vendaval desta semana é responsável por mais de 20% das quedas de árvore de 2014. São Paulo: Portal da Prefeitura do Município de São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.capital.sp.gov.br/portal/noticias/5194> Acesso em: 20/04/2016.
- Andrés-Valeri, V. C., Marchioni, M., Sañudo-Fontaneda, L. A., Giustozzi, F., & Becciu, G. Laboratory assessment of the infiltration capacity reduction in clogged porous mixture surfaces. *Sustainability*, 8(8), 751, 2016.
- Barone, P. M.; Ferreira, C. A posteriori GPR Evaluation of Tree Stability A Case Study in Rome (Italy). *Remote Sensing*, v. 11, p. 1-17, 2019
- Becciu, G., & Paoletti, A. *Fondamenti di costruzioni idrauliche*. Wolters Kluwer Italia, 2010.
- Berland, A., Shiflett, S. A., Shuster, W. D., Garmestani, A. S., Goddard, H. C., Herrmann, D. L., & Hopton, M. E. The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and urban planning*, 162, 167-177, 2017.
- Brugin, M., Marchioni, M., Becciu, G., Giustozzi, F., Toraldo, E., & Andrés-Valeri, V. C. Clogging potential evaluation of porous mixture surfaces used in permeable pavement systems. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 24(5), 620-630, 2020.
- Buckeridge, M. Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. São Paulo: *Estudos Avançados* 29 (84), 2015.
- Camargo A. P., Sentelhas P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5. n.1. p 89-87, 1997.
- CCST, Centro de Ciência do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Instituto Astronômico, Geofísico e de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (USP) - Relatório sobre mudanças climáticas no Brasil., 2019. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br/producao-cientifica-do-ccst/> acessado em 23/09/2021.
- Craul, P. J. Urban soils: an overview and their future. In: Watson, G.W.; Neely, D. *The landscape below ground*. Illinois: Morton Arboretum/International Society of Arboriculture. P. 115-125, 1993.
- Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). *Precipitações intensas no estado de São Paulo*. 2018.
- Fini, A., Frangi, P., Mori, J., Donzelli, D., & Ferrini, F. Nature based solutions to mitigate soil sealing in urban areas: Results from a 4-year study comparing permeable, porous, and impermeable pavements. *Environmental Research*, 156, 443-454, 2017.
- Frota, A. B. Controles térmicos naturais e qualidade ambiental. In: *Seminário Internacional de Conforto Ambiental - NUTAU*. 1996.
- Gironás, J., Roesner, L. A., Rossman, L. A., & Davis, J. A new applications manual for the Storm Water Management Model(SWMM). *Environmental Modelling & Software*, 25(6), 813-814, 2010.

Göbel, P., Starke, P., Voss, A., & Coldewey, W. (2013). Field measurements of evapotranspiration rates on seven pervious concrete pavement systems. NOVATECH, 2013.

Gorzalak, M. A.; Asay, A. K.; Pickles, B. J.; Simard, S. W. Inter-plant communication through mycorrhizal networks mediates complex adaptive behaviour in plant communities. *AoB PLANTS* 7: plv050; doi:10.1093/aobpla/plv050, 2015.

Horton, R. E. An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity. *Soil science society of America journal*, 5(C), 399-417, 1941.

Ishimatsu, K., Ito, K., Mitani, Y., Tanaka, Y., Sugahara, T., & Naka, Y. Use of rain gardens for stormwater management in urban design and planning. *Landscape and Ecological Engineering*, v. 13, n. 1, p. 205-212, 2017.

Konijnendijk, C. C., Ricard, R. M., Kenney, A., & Randrup, T. B. Defining urban forestry—A comparative perspective of North America and Europe. *Urban forestry & urban greening*, 4(3-4), 93-103, 2006.

Kottegoda, N. T., & Rosso, R. *Applied statistics for civil and environmental engineers* (p. 718). Malden, MA: Blackwell, 2008.

Livesley, S. J., McPherson, E. G., & Calfapietra, C. The urban forest and ecosystem services: impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. *Journal of environmental quality*, 45(1), 119-124, 2016.

Magalhães, L. M. S. Arborização e florestas urbanas – terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. In: *Floresta e Ambiente*, p. 23-26, Jan/2006.

Marchioni, M., & Becciu, G. Experimental results on permeable pavements in urban areas: A synthetic review. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 10(6), 806-817, 2015.

Mattheck, C.; Breloer, R.C. *The body language of trees: a handbook for failure analysis*. London: the Stationery Office, 1997. 239 p.

Morgenroth, J., & Visser, R. Aboveground growth response of *Platanus orientalis* to porous pavements. *Arboriculture and Urban Forestry*, 37(1), 2011.

Mullaney, J., Lucke, T., & Trueman, S. J. The effect of permeable pavements with an underlying base layer on the growth and nutrient status of urban trees. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(1), 19-29, 2015.

Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A., & Greenfield, E. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental pollution*, 193, 119-129, 2014.

Oliva, G. T. *Relação do conforto humano com métricas de cobertura arbórea*. Dissertação (Mestrado). Piracicaba: USP/ESALQ, 2016.

Rosa, A. S.; Waetge, A. A.N.; Barbosa, E. S.; Biazzo, F. C. M.; Kavamura, H. E. Diagnóstico das árvores caídas nos distritos da Subprefeitura Sé: análise de dados do período de 2016 A 2018. Trabalho de Conclusão de Curso, Especialização. Diadema: Universidade Federal de São Paulo, 2019. 42 p.

Rossmann, Lewis A., and Wayne C. Huber. "Storm water management model reference manual volume I—Hydrology." National Risk Management Laboratory, 2015.

Ruangpan, L., Vojinovic, Z., Sabatino, S. D., Leo, L. S., Capobianco, V., Oen, A. M.,

... & Lopez-Gunn, E. Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: A state-of-the-art review of the research area. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(1), 243-270, 2020.

São Paulo (Cidade). Manual Técnico de Arborização Urbana. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. PMSP. 2015.

Schardong, A; Srivastav, R. K. - Atualização da equação intensidade-duração-frequência para a cidade de São Paulo sob efeito de mudanças climáticas. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Volume 19 n.4 -Out/Dez 2014,176-185.

Silveira, A. D., & Goldenfum, J. A. Metodologia generalizada para pré-dimensionamento de dispositivos de controle pluvial na fonte. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 12(2), 157-168, 2007.

Soil mechanics in engineering practice / Karl Terzaghi, Ralph B. Peck, Gholamreza Mesri. Terzaghi, Karl (1883-1963); Mesri, Gholamreza (1940-); Peck, Ralph Brazelton 3. ed. New York [etc.] : Wiley, 1996

Swan, D. J., & Smith, D. R. Development of the permeable design pro permeable interlocking concrete pavement design system. In 9th International Conference on Concrete Block Paving, Argentina (pp. 18-21), 2009.

Tangune, B. F., & Escobedo, J. F. (2018). Reference evapotranspiration in So Paulo State: Empirical methods and machine learning techniques. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 10(4), 33-44, 2018.

Volder, A., Watson, T., & Viswanathan, B. (2009). Potential use of pervious concrete for maintaining existing mature trees during and after urban development. *Urban Forestry & Urban Greening*, 8(4), 249-256, 2009.

Wang, J., Meng, Q., Zhang, L., Zhang, Y., He, B. J., Zheng, S., & Santamouris, M. Impacts of the water absorption capability on the evaporative cooling effect of pervious paving materials. *Building and Environment*, v. 151, p. 187-197, 2019.

Woods-Ballard, B., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., & Shaffer, P. The SUDS manual (Vol. 697). London: Ciria, 2007.

#### Abreviações

I-D-F - Equação intensidade-duração-frequência

PC - Pavimento convencional

PP - Pavimentação permeável

JC - Jardim de chuva

SMSAP - Sistemas de manejo sustentável de águas pluviais

USEPA-SWMM - United States Environmental Protection Agency - Storm Water Management Model

**Mariana Marchioni**

Politecnico di Milano.

e-mail: mariana.marchioni@polimi.it

ORCID: 0000-0002-6777-8090

**Anita Raimondi**

Politecnico di Milano

e-mail: anita.raimondi@polimi.it

ORCID: 0000-0003-1598-2265

**Juliana Caroline de Alencar da Silva**

Universidade de São Paulo

e-mail: julianaalencar@usp.br

**Luiz Fernando Orsini de Lima Yazaki**

Consultor em Manejo de Águas Pluviais

e-mail: luizfyazaki@uol.com.br

**Giuliana Del Nero Velasco**

Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (IPT)

e-mail: velasco@ipt.br

**Sérgio Brazolin**

Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (IPT)

e-mail: brazolin@ipt.br

**Carlos Alberto da Silva Filho**

Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo (SVMA)

e-mail: carlosasilva@prefeitura.sp.gov.br

**Gianfranco Becciu**

Politecnico di Milano

e-mail: gianfranco.becciu@polimi.it

**Recebido em:** 06/08/2021.

**Aceito em:** 01/02/2022.

# VÁRZEAS CONSTRUÍDAS COMO SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA (SbN) PARA READEQUAÇÃO DE RIOS E CÓRREGOS URBANOS

João Pedro Coelho Belini  
Filipe Chaves Gonçalves  
Joaquín Ignacio Bonnacarrère Garcia

## RESUMO

A abordagem adaptativa do planejamento urbano busca construir uma capacidade de resiliência como etapa prévia para sustentabilidade. Em sintonia, o estudo adotou as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) para propor a Readequação de rios e córregos urbanos, aliando interesses ambientais e socioeconômicos. Propôs-se assim a utilização de Sistemas de Tratamento por Várzeas Construídas (STVC). Estes congregam as funções das várzeas naturais, elementos da geomorfologia fluvial que são desconsiderados na drenagem urbana convencional, sendo otimizadas por elementos da Engenharia. Assim, como hipótese de pesquisa, considerou-se que os STVC atuariam no tratamento das águas pluviais, diminuindo a carga de poluição difusa carregada até os corpos hídricos pelo sistema convencional de drenagem. Além disso, que sua utilização também corroboraria com a retenção temporária de parte do volume escoado na bacia urbana, favorecendo sua infiltração. Logo, a proposição teve como objetivo aliar tanto o controle quantitativo como, principalmente, o qualitativo das águas urbanas, atuando como barreira protetora do ecossistema aquático. A concepção dos STVC se alinha ainda com o que propõe os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, ODS, propostos pela ONU. E, para verificação da hipótese inicial de atuação combinada quali-quantitativa, realizou-se revisão bibliográfica sobre as potencialidades da implantação de tais sistemas e a consideração do estudo de cenários. As conclusões do estudo permitem destacar o potencial, em termos da drenagem urbana sustentável, que os STVC conferem. Logo, acredita-se que um melhor detalhamento técnico, obtido pela implantação dos sistemas em escala real, pode gerar resultados que validem sua aplicação.

**Palavras-chave:** Soluções Baseadas na Natureza (SbN); LID; Drenagem urbana; Planejamento Urbano Adaptativo; Resiliência.

# LLANURAS ALUVIALES CONSTRUIDAS COMO SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SbN) PARA MEJORAR RÍOS Y ARROYOS URBANOS

João Pedro Coelho Belini  
Filipe Chaves Gonçalves  
Joaquín Ignacio Bonnacarrère García

## RESUMEN

*El enfoque adaptativo de la planificación urbana busca desarrollar la resiliencia como un paso previo a la sostenibilidad. En línea con esto, el estudio adoptó Nature-Based Solutions (SbN) para proponer el reajuste de los ríos y arroyos urbanos, combinando intereses ambientales y socioeconómicos. Por lo tanto, se propuso el uso de sistemas de tratamiento de llanuras de inundación construidas (LIC). Estos combinan las funciones de las llanuras aluviales naturales, elementos de geomorfología fluvial que son descartados en el drenaje urbano convencional, siendo optimizados por elementos de Ingeniería. Así, como hipótesis de investigación, se consideró que el LIC actuaría en el tratamiento de las aguas pluviales, reduciendo la carga de contaminación difusa transportada a los cuerpos de agua por el sistema de drenaje convencional. Además, su uso también corroboraría la retención temporal de parte del volumen drenado en la cuenca urbana, favoreciendo su infiltración. Por tanto, la propuesta pretendía combinar el control cuantitativo y, principalmente, cualitativo de las aguas urbanas, actuando como barrera protectora del ecosistema acuático. La concepción del LIC también está en línea con lo propuesto por los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, propuestos por la ONU. Y, con el fin de verificar la hipótesis inicial de acción combinada cualitativo-cuantitativa, se realizó una revisión de la literatura sobre las potencialidades de implementar dichos sistemas y la consideración del estudio de escenarios. Las conclusiones del estudio permiten destacar el potencial, en términos de drenaje urbano sostenible, que confiere el LIC. Por tanto, se cree que un mejor detalle técnico, obtenido al implementar los sistemas a gran escala, puede generar resultados que validen su aplicación.*

**Palabras clave:** Soluciones basadas en la naturaleza (SbN); LIC; Drenaje urbano; Planificación Urbana Adaptativa; Resiliencia.



# CONSTRUCTED FLOODPLAIN TREATMENT SYSTEMS AS NATURE-BASED SOLUTIONS (NbS) FOR READJUSTMENT OF URBAN RIVERS AND STREAM

João Pedro Coelho Belini  
Filipe Chaves Gonçalves  
Joaquin Ignacio Bonnacarrère Garcia

## ABSTRACT

*The adaptive approach to urban planning seeks to build resilience as a pre-step to sustainability. In line with this, the study adopted Nature-Based Solutions (NbS) to propose the readjustment of urban rivers and streams, combining environmental and socioeconomic interests. Thus, the use of Constructed Floodplain Treatment Systems (CFTS) was proposed. These combine the functions of natural floodplains, elements of fluvial geomorphology that are disregarded in conventional urban drainage, being optimized by elements of Engineering. Thus, as a research hypothesis, it was considered that the CFTS would act in the treatment of rainwater, reducing the load of diffuse pollution carried to water bodies by the conventional drainage system. Furthermore, its use would also corroborate the temporary retention of part of the volume drained in the urban basin, favoring its infiltration. Therefore, the proposal aimed to combine both quantitative and, mainly, qualitative control of urban waters, acting as a protective barrier for the aquatic ecosystem. The conception of the CFTS is also in line with what is proposed by the Sustainable Development Goals, SDGs, proposed by the UN. And, in order to verify the initial hypothesis of combined qualitative-quantitative action, a literature review was carried out on the potentialities of implementing such systems and consideration of the study of scenarios. The study's conclusions allow to highlight the potential, in terms of sustainable urban drainage, that the CFTS confer. Therefore, it is believed that a better technical detail, obtained by implementing the systems on a full scale, can generate results that validate their application.*

**Keywords:** Nature Based Solutions (NbS); LID; Urban drainage; Adaptive Urban Planning; Resilience.



## 1. INTRODUÇÃO

A convivência com os Rios e Córregos Urbanos é um desafio. A expansão das cidades, ao não levar em consideração tais ecossistemas, sufocou a rede hidrográfica existente. Logo, uma das formas de melhorar a convivência no ambiente urbano passa pela proposição de um tratamento sistêmico, em nível de planejamento, incorporando os ecossistemas aquáticos urbanos nas medidas urbanísticas. Tal abordagem refere-se ao Planejamento Urbano Adaptativo, no qual se propõe e estimula-se a capacidade de resiliência do Ecossistema Urbano (AHERN, 2011; SOTTO *et al.*, 2019). Resiliência refere-se então à capacidade de resposta de um sistema, em meio a perturbações, de manter seu estado básico de constituição (WALKER & SALT, 2006; PAIVA & SCHICCHI, 2019). Nesse sentido, e uma vez transferido para a abordagem do planejamento urbano, o interesse passou a ser a construção de uma capacidade de resiliência urbana, de modo a antecipar falhas e projetar estrategicamente (FEAGAN *et al.*, 2019). Dessa forma, percebe-se que a construção de uma capacidade adaptativa (AHERN, 2011; IWANIEC *et al.*, 2020) provém da observação dos fenômenos naturais e permite que a infraestrutura urbana possa ser pensada de modo a promover uma resiliência urbana (BOTEQUILHA-LEITÃO & DÍAZ-VARELA; SALAS & YEPES, 2020).

Em relação às estratégias possíveis, considerou-se aqui a adoção de Infraestruturas Verde-Azul como um provável meio para construção dessa capacidade de resiliência do sistema urbano (DROSOU *et al.*, 2019; ALVES *et al.*, 2020), haja vista que ela se baseia e interage diretamente com abordagens adaptativas, como as Adaptações Baseadas em Ecossistemas (EbA), com foco nas Mudanças Climáticas e seus impactos (RICHERZHAGEN *et al.*, 2019; LAVOREL; VENTER; ZARI *et al.*, 2020), e as Soluções Baseadas na Natureza (SbN), em espectro mais amplo (BUSH and DOYON, 2019; DUSHKOVA & HAASE; LA ROSA & PAPPALARDO, 2020; ARTMANN; BUSH; RONCHI *et al.*, 2020). Por sua vez, o interesse da promoção da Sustentabilidade e Resiliência Urbana está alinhado também aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, ODS, apresentados pela ONU em 2015 (UNGA, 2015). Ainda, considerando-se as projeções mundiais de incremento de população nas cidades, percebe-se que as metas propostas pelos ODS serão implantadas na realidade urbana, tornando-a palco para as ações no sentido da Sustentabilidade (OPOKU; VALENCIA *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2019a; ZHANG *et al.*, 2019b; CROESE *et al.*, 2020).

Partindo-se desse escopo, voltado para a dinâmica urbana, destaca-se a questão dos rios e córregos urbanos. Vistos como canais para afastamento dos esgotos pela visão Higienista, tais sistemas foram e ainda vem sendo sobrepujados, perdendo seu traçado, perdendo suas várzeas para a ocupação e sendo poluídos por fontes pontuais e

difusas (CAPPS *et al.*, 2016; HE *et al.*, 2017; FERREIRA *et al.*, 2018; BALTHAZARD-ACCOU; YANG *et al.*, 2019; MARTINES *et al.*, 2020). Contudo, tal tratamento em relação aos recursos hídricos urbanos tem resultado em frequentes eventos de inundação, com prejuízos de ordem social e econômica, bem como a disputas em relação ao recurso e provisão de água (SERRANO-NOTIVOLI *et al.*, 2017; XIE *et al.*, 2017; WANG *et al.*, 2018). É nesse sentido que surgem as abordagens de Revitalização, Recuperação, Renaturalização dos rios e córregos urbanos, como tentativa de melhorar sua qualidade ambiental. Tais abordagens são então comparadas à Readequação de rios e córregos urbanos proposta. Assim, o Quadro 1 destaca os aspectos que são atendidos totalmente (verde), parcialmente (amarelo), ou não são considerados (cinza) pelos termos citados. Sua construção foi possível a partir de buscas de cada terminologia na base de dados Scopus, sendo o termo "Restauração" o mais recorrente nos artigos mais recentes (MIGUEZ *et al.*, 2015; PRIOR, 2016; BAPTISTA *et al.*, 2017; MROZIŃSKA *et al.*, 2018; BECKER; CHAPMAN; GOMES; SAMMEN; WANG; SKRINAR *et al.*, 2019; CHEN & CHO, 2019; PALMER & RUHI, 2019; BLAZY, 2019; ALENCAR & PORTO, 2019; WIKANTIYOSO *et al.*, 2020;). Percebe-se, a partir da análise dos artigos e do quadro resumo, que a proposta do termo Readequação tem o foco voltado para a funcionalidade, em termos antrópicos, dos rios e córregos urbanos, no sentido da promoção de serviços ecossistêmicos, aliado por sua vez a manutenção de uma qualidade ambiental satisfatória desses ecossistemas. Ainda, vale destacar a proposta da Readequação no sentido da segurança hídrica do ecossistema urbano (HOEKSTRA *et al.*, 2018; MAHLKNECHT; SODIQ *et al.*, 2019; WALLERSTEIN, 2020), em meio aos eventos extremos, de seca e cheias, oriundos das Mudanças climáticas em escala local (JARAMILLO & NAZEMI, 2018; JENSEN & WU, 2018; HORNE *et al.*, 2018).

**QUADRO 1.** Comparativo entre os termos recorrentes na literatura em relação aos rios urbanos: aspectos atendidos totalmente (verde), parcialmente (amarelo), ou não considerados (cinza).

Fonte: Autores.

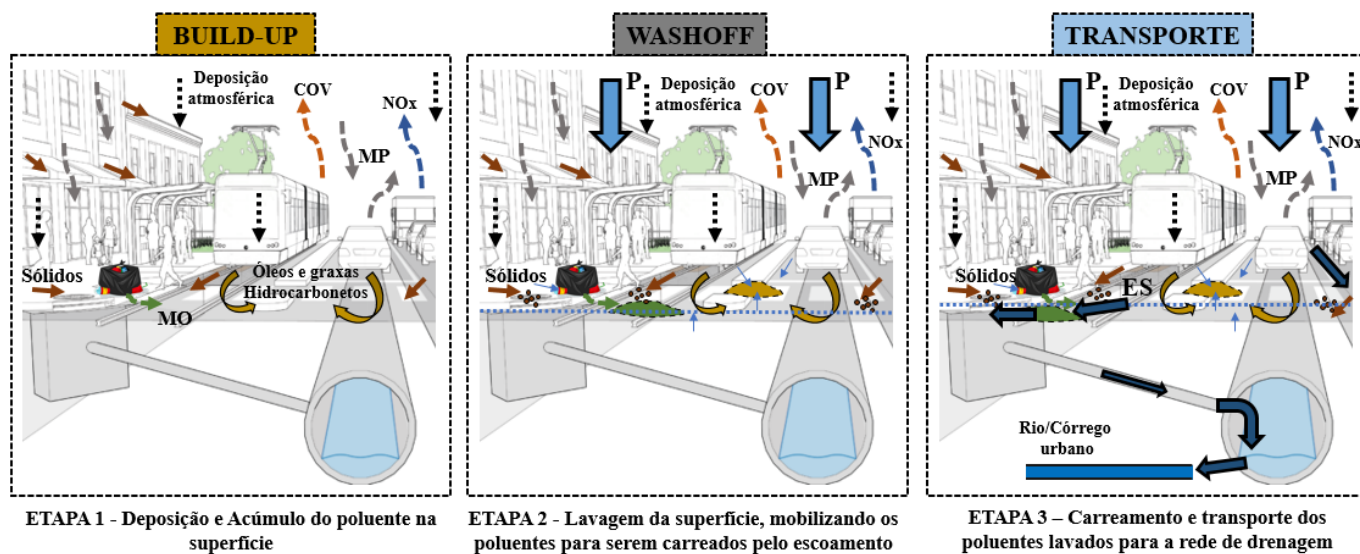
ASPECTOS	TERMOS				
	Readequação	Restauração	Revitalização	Recuperação	Renaturalização
Proporciona Lazer/ Recreação	Verde	Verde	Verde	Amarelo	Amarelo
Beneficia a Drenagem Urbana	Verde	Verde	Amarelo	Cinza	Verde
Considera preceitos Ecológicos	Verde	Verde	Amarelo	Amarelo	Verde
Considera a funcionalidade do rio e seus usos (termos antrópicos)	Verde	Amarelo	Verde	Verde	Cinza
Considera a despoluição da água	Verde	Verde	Cinza	Verde	Verde
Considera o retorno as condições anteriores a degradação sofrida	Amarelo	Verde	Cinza	Cinza	Verde
Manutenção da fauna e flora nativa desse ecossistema	Verde	Verde	Amarelo	Amarelo	Verde
Considera o tratamento dos poluentes e sedimentos carregados pelo escoamento superficial	Verde	Verde	Cinza	Cinza	Cinza
Considera ações ativas, via obras de engenharia, e os processos naturais do ecossistema para sucesso dos projetos	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

A hipótese levantada neste trabalho é de que a Readequação dos rios e córregos urbanos, como antes descrita, pode ser alcançada via adoção de sistemas de tratamento das águas urbanas. Estes, denominados aqui de Sistemas de Tratamento por Várzea Construída (STVC), levam em consideração uma nova adequação: tanto do desenho da cidade em relação ao curso d'água, como deste em relação ao ecossistema urbano. O "nova", neste caso, faz referência a adequação anteriormente sofrida pelos sistemas hídricos urbanos, motivada pelos interesses do capital imobiliário, que validou a ocupação desenfreada das várzeas, retificação dos rios e córregos, seu tamponamento e enclausuramento em estreitas faixas do espaço urbano (THOMS, 2003; AHILAN *et al.*, 2018; MARTINES *et al.*, 2020). Dessa forma, a partir da reconsideração da importância do compartimento ambiental das várzeas, permite-se um redesenho dos canais abertos antropizados, no sentido de adequar novamente esses canais em termos de sua qualidade ambiental. Portanto, defende-se aqui a terminologia de "Readequação", salientando que essa nova adequação proposta é entendida aqui como SbN e alinhada aos ODS. E, que ela tem como um dos seus objetivos corroborar para com a Resiliência urbana frente a extremos climáticos de seca e cheia (DA SILVA *et al.*, 2018).

A importância das áreas de várzea, que formam a planície de inundação dos corpos hídricos, reside na sua capacidade de suporte, sequestro e amortecimento (SCHIEMER *et al.*, 1999; THOMS, 2003). Assim, atuam como barreiras físicas filtrando e acumulando sedimentos que seriam carregados até o canal como parte da poluição difusa, podendo causar assoreamento - Figura 1.

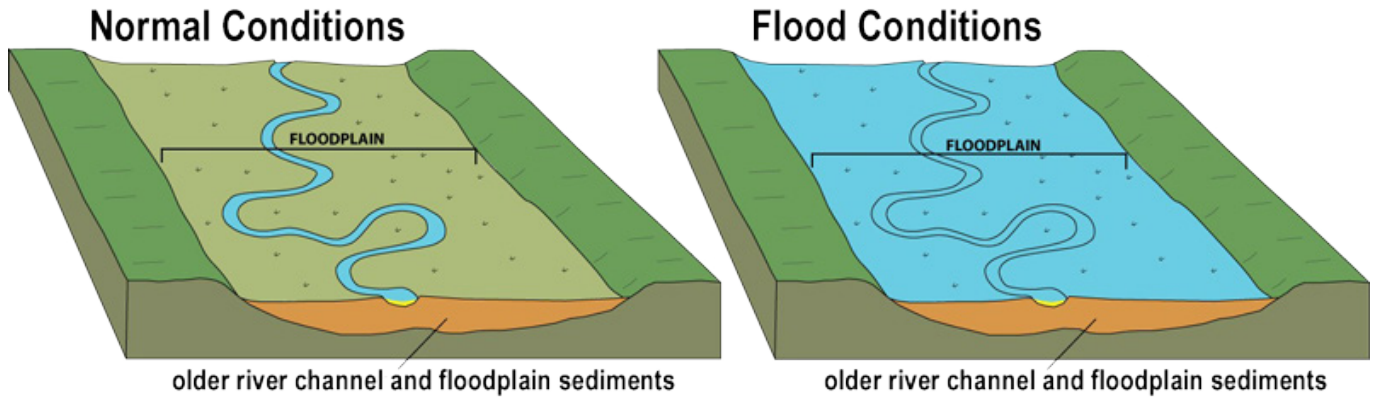
**FIGURA 1.** Etapas e processos que levam a poluição difusa urbana até o sistema hídrico.

Fonte: Autores.



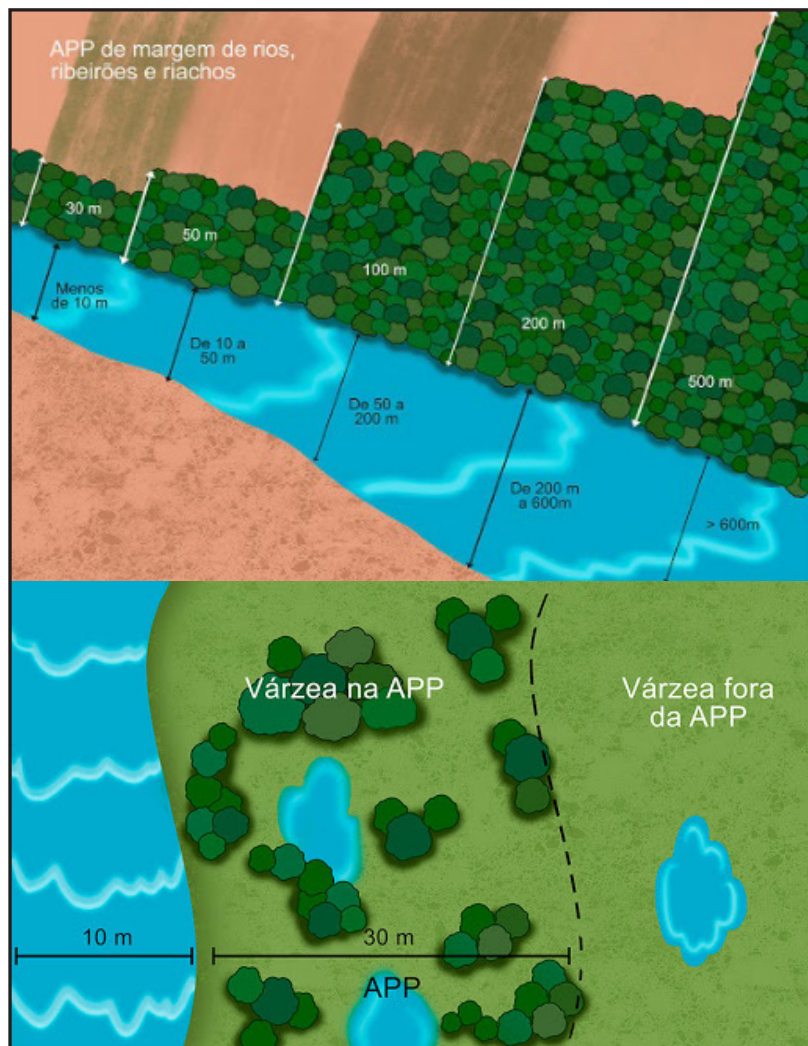
Seu papel como escudo e controladora dos processos físicos de adsorção, filtragem e acúmulo permite que sejam eficientes no balanço de estabilidade dos canais (MAY, 2006; GURNELL *et al.*, 2007; HUPP

et al., 2009). São áreas também que permitem o amortecimento nos eventos pluviométricos, em que o canal passa a atingir seus distintos leitos (Figura 2).



**FIGURA 2.** Área de várzea, planície de inundação.  
Fonte: CITY OF PEACHTREE CORNERS.

Outra questão considerada no layout proposto dos STVC foram as Áreas de Preservação Permanente (APPs), previstas e asseguradas por lei, sendo até o momento definidas e reguladas pelo atual Código Florestal (2012) brasileiro. Este, mesmo que cabível de críticas, estabelece a largura das APPs que margeiam os cursos d'água (Figura 3).



**FIGURA 3.** Largura da APP em função da largura da seção regular do curso d'água e faixa de Várzea.  
Fonte: CARTILHA DO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO (2012).

E, com a mudança de critério adotado, ocorre que a várzea ou pelo menos parte dela deixa de ser considerada. O que por um lado favorece o capital imobiliário, que ocupou essas áreas no passado e ainda vem ocupando, e por outro corrobora com a perda dessa porção de amortecimento das cheias. Por isso, propõem-se que os STVC sejam construídos na faixa de APP, pois sua estrutura otimiza a menor área existente – quando em comparação a área de várzea natural – buscando-se assim que o sistema apresente igual ou superior eficiência ao do compartimento natural. Isso em termos de tratamento quali-quantitativo das águas pluviais, já que a várzea ou planície de inundação natural atua tratando o escoamento, antes que ele chegue ao corpo hídrico, como também no amortecimento das cheias.

Em vista do que foi apresentado, destaca-se como hipótese de pesquisa que a utilização de Sistema de Tratamento por Várzea Construída (STVC) deve corroborar com o tratamento da poluição difusa, carreada pelo escoamento superficial, antes que este chegue ao corpo hídrico, bem como deve reter e armazenar temporariamente parte do volume escoado na bacia, contribuindo com a drenagem. O objetivo do trabalho foi então de propor uma alternativa de tratamento do escoamento superficial, em termos quali-quantitativos, a partir da consideração da função natural das áreas de várzea, da estrutura básica das biorretenções (LID) e do entendimento que os sistemas propostos se configuram como Soluções Baseadas na Natureza (SbN).

E, como sequência da pesquisa, busca-se propor a utilização da modelagem Hidrológico-Hidráulica para avaliar se os sistemas propostos são efetivos para a melhora da qualidade da água que chega aos rios e córregos urbanos, bem como quanto corroboram para o armazenamento temporário do escoamento superficial – em comparação as SbN descentralizadas na bacia urbana integradas ao sistema convencional de drenagem.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

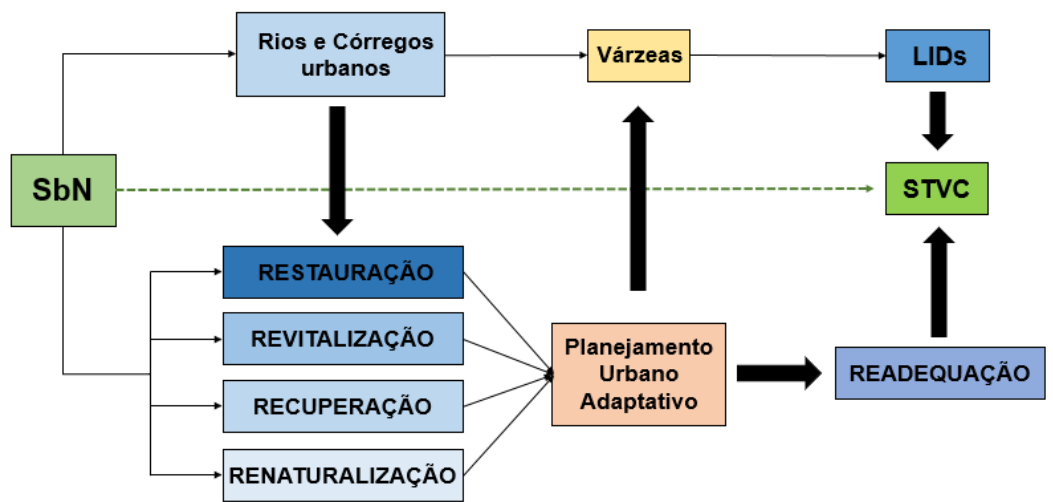
### **2.1 Pesquisa bibliográfica**

A construção do trabalho adotou como norteadora a abordagem adaptativa, e ecossistêmica, das Soluções Baseadas na Natureza, SbN. Seu escopo foi referente aos rios e córregos urbanos, desde sua importância em termos ecológicos e socioeconômicos, até o descaso conferido pelo processo de urbanização vigente. Situação essa que motivou o estudo e verificação de quadro abordagens, que podem ser consideradas como medidas dentro das SbN: Renaturalização; Revitalização; Recuperação; Renaturalização. A revisão buscou estudar as particularidades de cada abordagem, embasando a proposta do que os autores entendem como “Readequação”, no âmbito da hidrografia urbana.

Em sintonia, e na tentativa de construção da terminologia de Readequação, foram revisadas as bases do Planejamento Urbano Adaptativo. Este, em termos da resiliência e sustentabilidade urbana, foi relacionado a abordagem da Readequação, a partir da consideração de um dos compartimentos da Geomorfologia Fluvial: as várzeas, ou planícies de inundação. Além desses foram pesquisados nas bases de dados Scopus e Web of Science artigos e trabalhos referentes aos sistemas de Desenvolvimento de Baixo Impacto, LIDs, que foram considerados para otimização das funções já desempenhadas pelas áreas de várzea.

A Figura 4 apresenta as relações e termos que foram pesquisados dentro desta etapa da metodologia aplicada no trabalho.

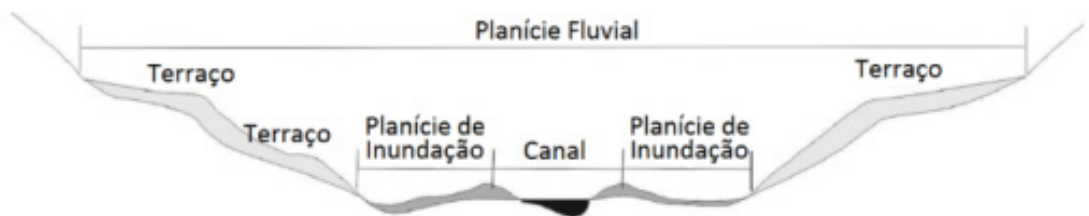
**FIGURA 4.** Termos e conexões traçadas para pesquisa bibliográfica.  
Fonte: Autores.



## 2.2 Concepção para Modelagem

Com as bases da pesquisa bibliográfica feita foi possível desenvolver uma concepção de sistema que buscou aproveitar a formação geomorfológica das várzeas dos rios, que atuam no amortecimento de cheias, formando sua planície de inundação (Figura 5).

**FIGURA 5.** Corte transversal de uma seção fluvial.  
Fonte: DA LUZ & RODRIGUES, 2020.

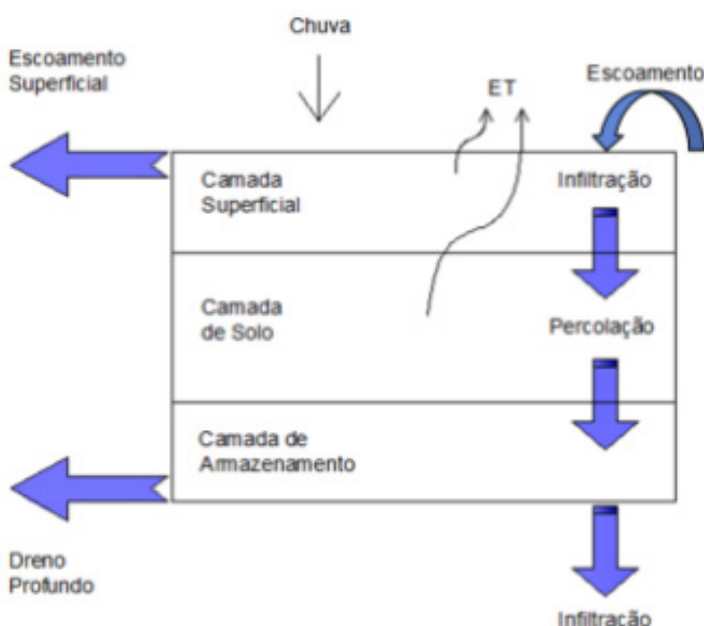


Além disso, pensando em termos de modelagem, estipulou-se uma concepção que pudesse ser verificada via simulação Hidráulico-Hidro-lógica. Assim, o trabalho estabeleceu o uso do *Storm Water Management Model*, SWMM, como software para verificação. Sua escolha deu pela versatilidade e possibilidade de simulação do fluxo nos condutos por meio do Método da Onda Dinâmica, que permite a ob-

tenção de resultados mais precisos. Desenvolvido em 1971 pela U.S. EPA (HUBER & DICKINSON, 1992), o SWMM é considerado um modelo dinâmico de chuva-vazão, que permite a simulação do escoamento produzido na bacia e as cargas poluidoras geradas. Ainda, sua versatilidade permite a simulação via eventos discretos ou através de séries históricas, dita contínua (JAMES *et al.*, 2008). Em resumo, o modelo atua através das equações de conservação da massa e quantidade de movimento para fluxo não permanente, regido pelas equações de Saint-Venant. Definiu-se ainda a aplicação do modelo pela interface do PCSWMM, da CHWater, que corresponde ao SWMM acoplado a um SIG - Sistema de Informação Geográfica. O PCSWMM permite então a calibração e validação automática do modelo, baseando-se na análise de incerteza dos parâmetros que serão fornecidos para simulação. A ferramenta presente no PCSWMM que permite tal função é a Sensitivity-based Radio Tuning Calibration - SRTC.

Ainda, dentre os processos e compartimentos físicos considerados pelo SWMM/PCSWMM, (JAMES *et al.*, 2008), destacam-se os que terão importância para a modelagem e verificação da concepção proposta: Escoamento Superficial; Infiltração; Águas Subterrâneas; Propagação de fluxos; Comportamento e evolução da qualidade da água; LIDs como SbN (GUO *et al.*; KIM *et al.*; ZHANG *et al.*, 2019). Através do software são testados os cenários descentralizados e o STVC centralizado, simulado como um reservatório linear no modelo, bem como variadas as possibilidades de simulação para verificação da melhor estratégia - se discreta ou contínua. Tais variações de abordagem permitem a comparação entre os cenários propostos.

**FIGURA 6.** Esquema conceitual de uma LID no SWMM/PCSWMM.  
Fonte: JAMES *et al.*, 2008.



### 2.3 Construção de cenários

A proposição de cenários considerou basicamente a existência de sistemas SbN descentralizados de tratamento da drenagem e a proposição do STVC como medida centralizada. Dessa maneira, partindo do par "descentralizada x centralizada", foi possível construir quatro cenários para estudo e concepção, para que pudessem posteriormente ser aplicados em campo e testados via simulação. A Figura 6 apresenta o esquema de uma LID considerado pelo PCSWMM, dando ênfase aos compartimentos e sentidos do fluxo de água.

Destaca-se ainda o diferencial dos STVC em comparação as medidas estruturais comumente propostas, que são adicionadas ao

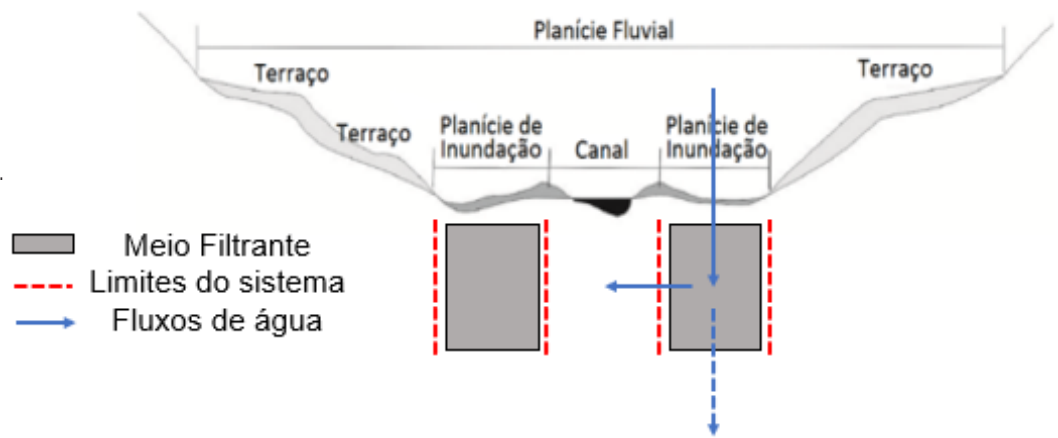
sistema convencional de drenagem de modo descentralizado na bacia urbana. Por isso, a proposição de cenários buscou considerar tal traço distintivo para estudo e verificação da eficiência apresentada em termos quali-quantitativos, quando em comparação as SbN descentralizadas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Concepção

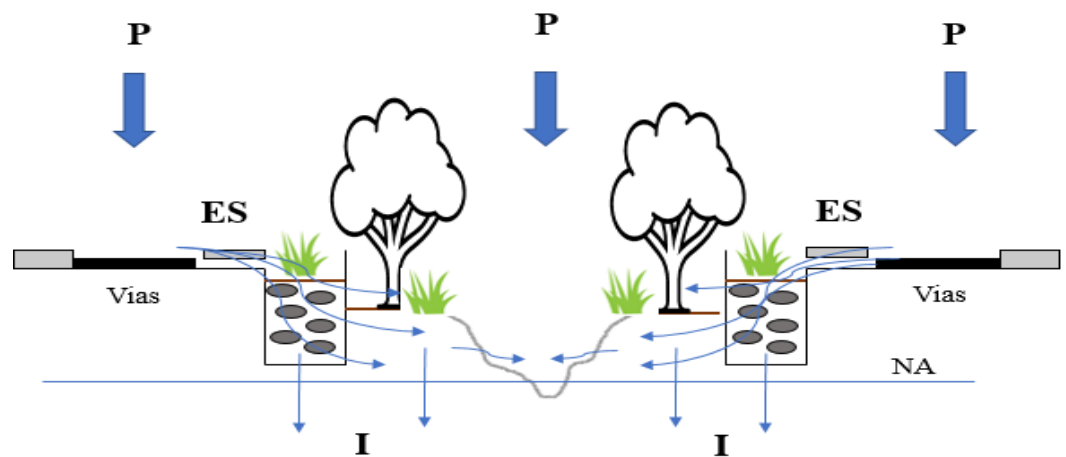
A Figura 7 ilustra esquematicamente o sistema proposto, concebido a partir das premissas apresentadas anteriormente, e sua alocação na faixa que margeia o canal.

**FIGURA 7.** Esquema de alocação do sistema proposto.  
Fonte: Adaptado de DA LUZ & RODRIGUES, 2020.



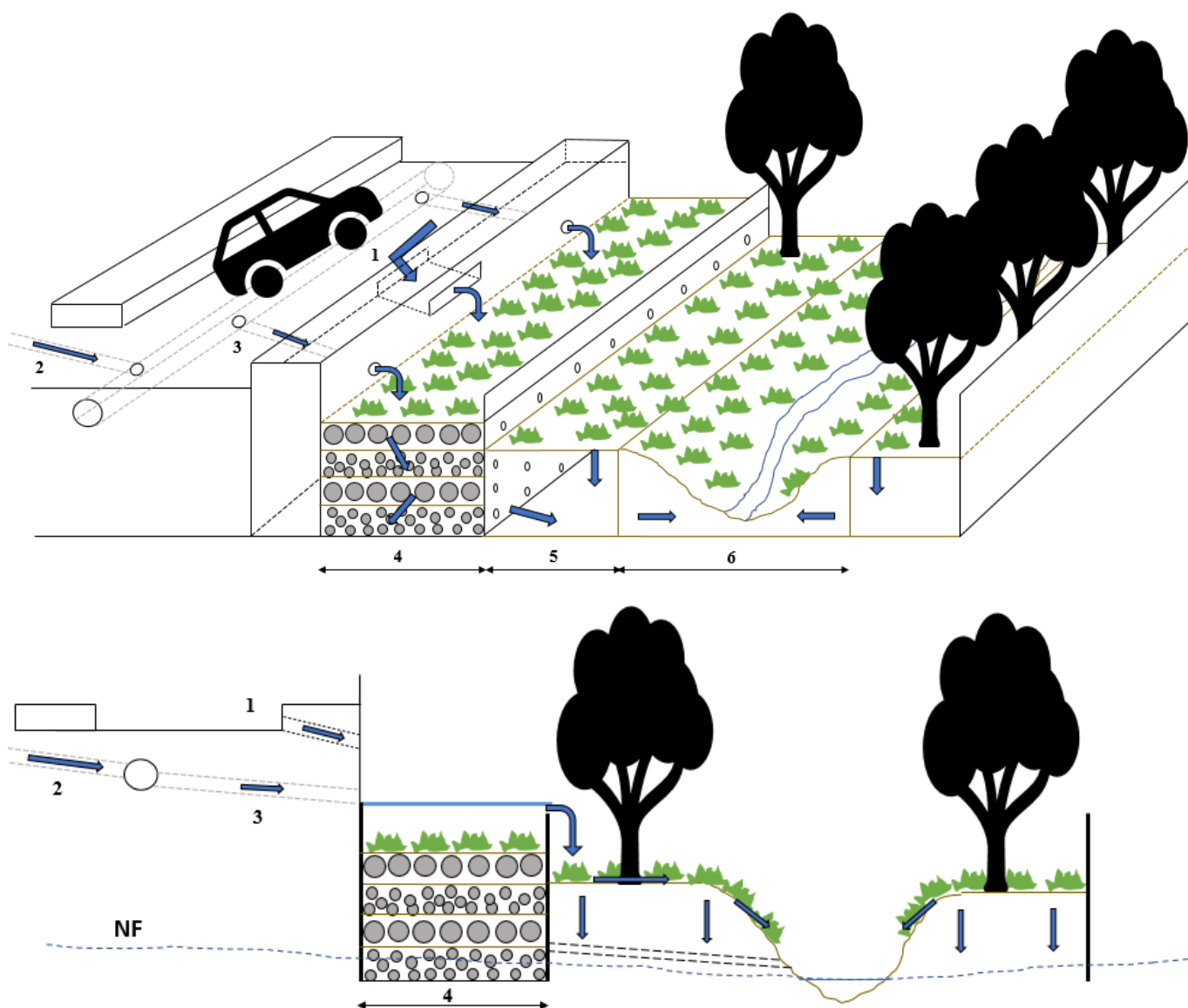
Em complemento, objetivando atingir a Readequação como medida de adaptação para os rios e córregos urbanos, a Figura 8 apresenta o esquema de um corte transversal do canal urbano - contando com os STVC, mata ciliar, vias e infraestrutura de mobilidade urbana para os pedestres. A Figura 8 apresenta ainda as componentes do Balaço Hídrico - Precipitação, P, Escoamento Superficial, ES, e Infiltração, I. Os fluxos são destacados para evidenciar o funcionamento do sistema.

**FIGURA 8.** Esquema do Sistema de Tratamento proposto.  
Fonte: Autores.





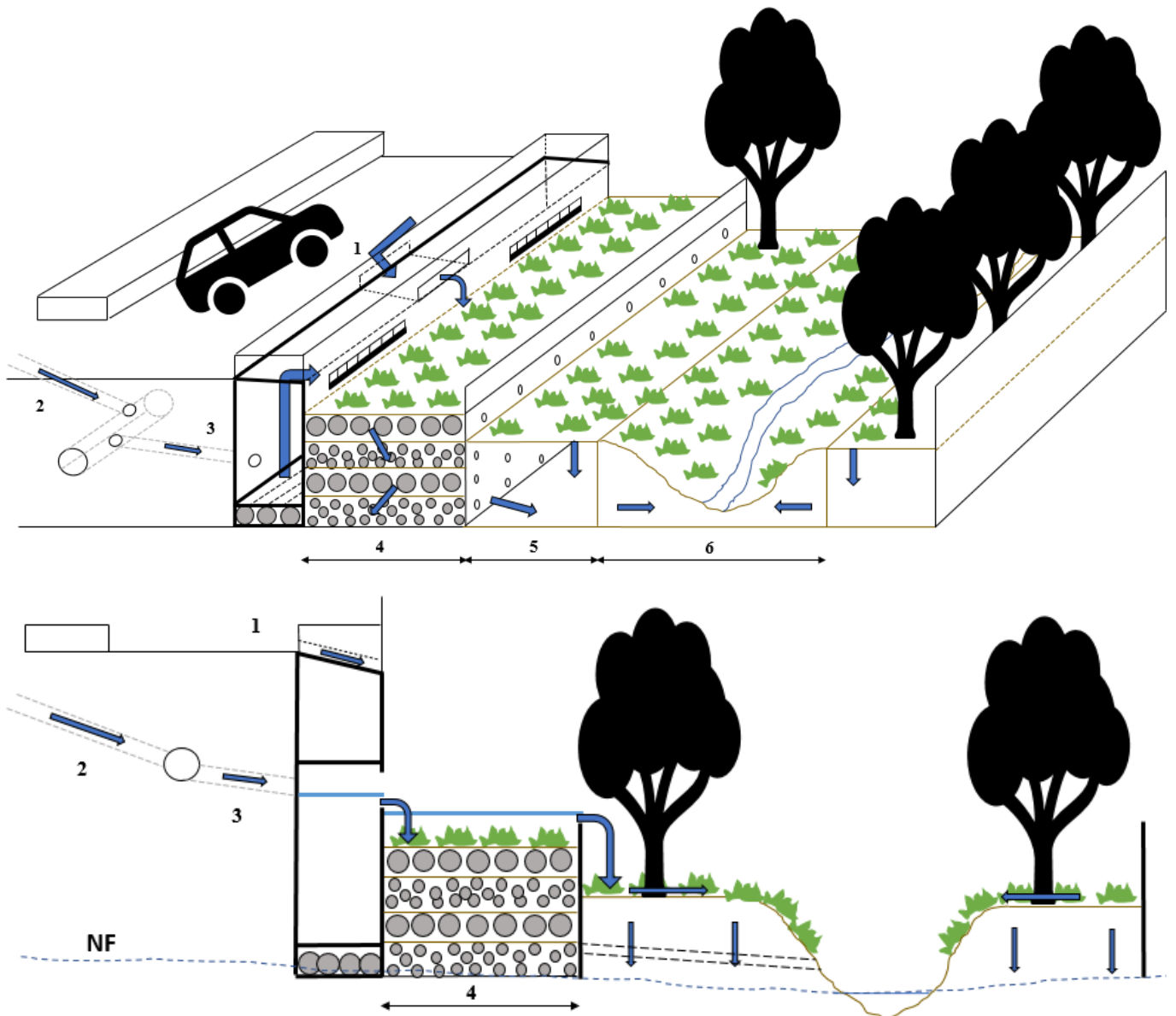
Já o desenho apresentado na Figura 9 destaca os compartimentos e layout adotado para o STVC, pensado de modo a atender ao binômio Tratamento+Amortecimento. Em síntese, seu funcionamento como meio filtrante se baseia estruturalmente como uma biorretenção, uma SbN. A ideia é permitir que a faixa de APP, que margeia os rios e córregos, possa ser otimizada e passe a desempenhar tanto a função de proteção do corpo hídrico como de tratamento das águas pluviais.



**FIGURA 9.** Layout dos STVC construídos da área de APP prevista por lei.  
Fonte: Autores.

A numeração adotada na Figura 9 permite detalhar os compartimentos que atuam na Readequação dos rios e córregos urbanos. Assim, em termos de sistema construído têm-se apenas o compartimento "4", o STVC. Este é então formado por camadas de material filtrante - brita, areia, pedregulhos, etc. Para o compartimento são direcionados o escoamento superficial, da via, que entra por "1" no sistema e as águas pluviais, coletadas pelo sistema de drenagem urbana de montante. A combinação entre vegetação e meios filtrantes permite a filtragem e

tratamento das águas, que percolam e infiltram no sistema. Por sua vez, para o caso de saturação do STVC, são estipulados orifícios e dreno inferior que permitem o escape do volume excedente. O compartimento "5" não apresenta meio filtrante, apenas vegetação e o solo local. Assim, não se trata de um compartimento construído, mas que atua como barreira de segurança que permite o tratamento do excedente de volume, que ao percolar pelo terreno e escoar pela vegetação acaba sendo tratado. Por último está o compartimento 6, que comporta os estágios do leito fluvial possíveis de serem ocupados pelo rio ou córrego. Para realidades em que a tubulação final da macrodrenagem está muito profunda propõem-se uma adequação do STVC, como mostrado na Figura 10 - contando com um reservatório primário de amortecimento, antes de atingir o STVC propriamente dito.



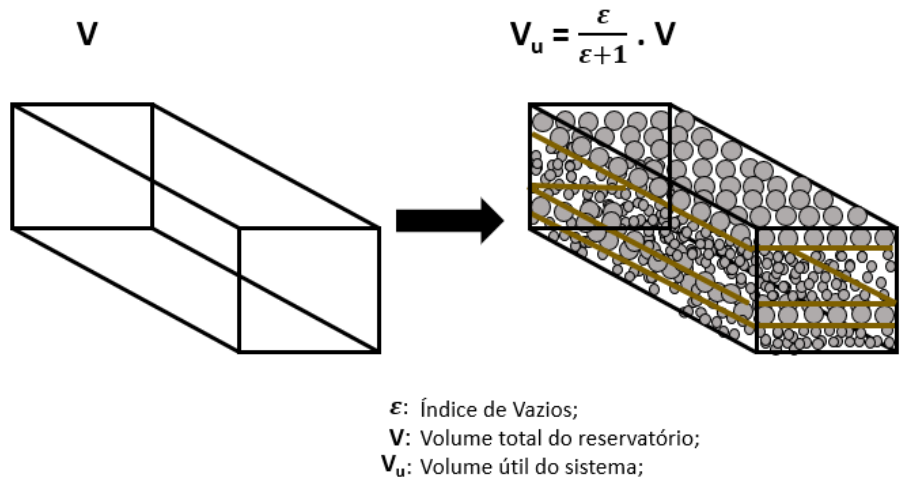
**FIGURA 10.** Layout considerando reservatório de amortecimento.  
Fonte: Autores.

A opção pelo STVC precedido do reservatório de amortecimento se dá em função da rede de drenagem a montante já existente.

### 3.2 Proposição para Modelagem Hidráulico-Hidrológica

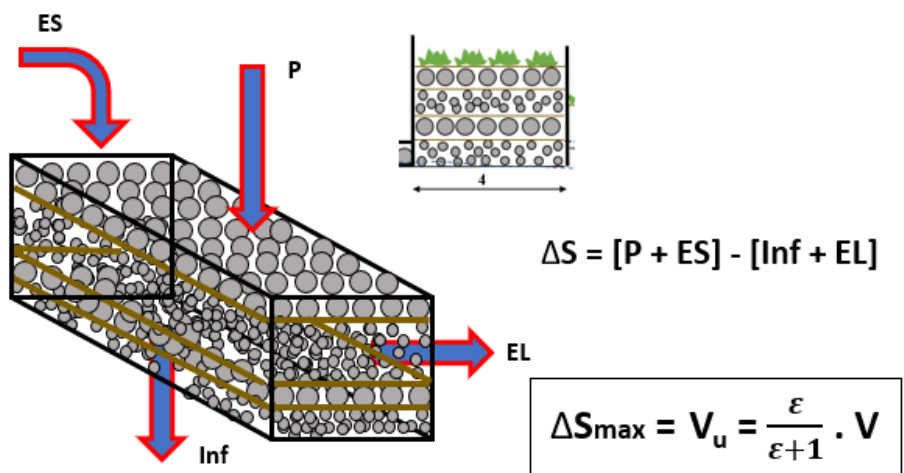
Verificadas as limitações em termos de simulação, via PCSWMM, percebeu-se que a modelagem do sistema proposto deveria ser feita como um "Reservatório Linear", e não propriamente como uma LID. Isso devido ao fato do modelo não permitir um maior controle em termos do interior destes sistemas, enquanto tratar o sistema como Reservatório Linear, preenchido com meio filtrante, permite maior controle dos fenômenos de interesse. A Figura 11 esquematiza o STVC em termos do que o SWMM/PCSWMM consegue representar.

**FIGURA 11.** Esquema conceitual do STVC como reservatório linear preenchido com meio filtrante.  
Fonte: Autores.



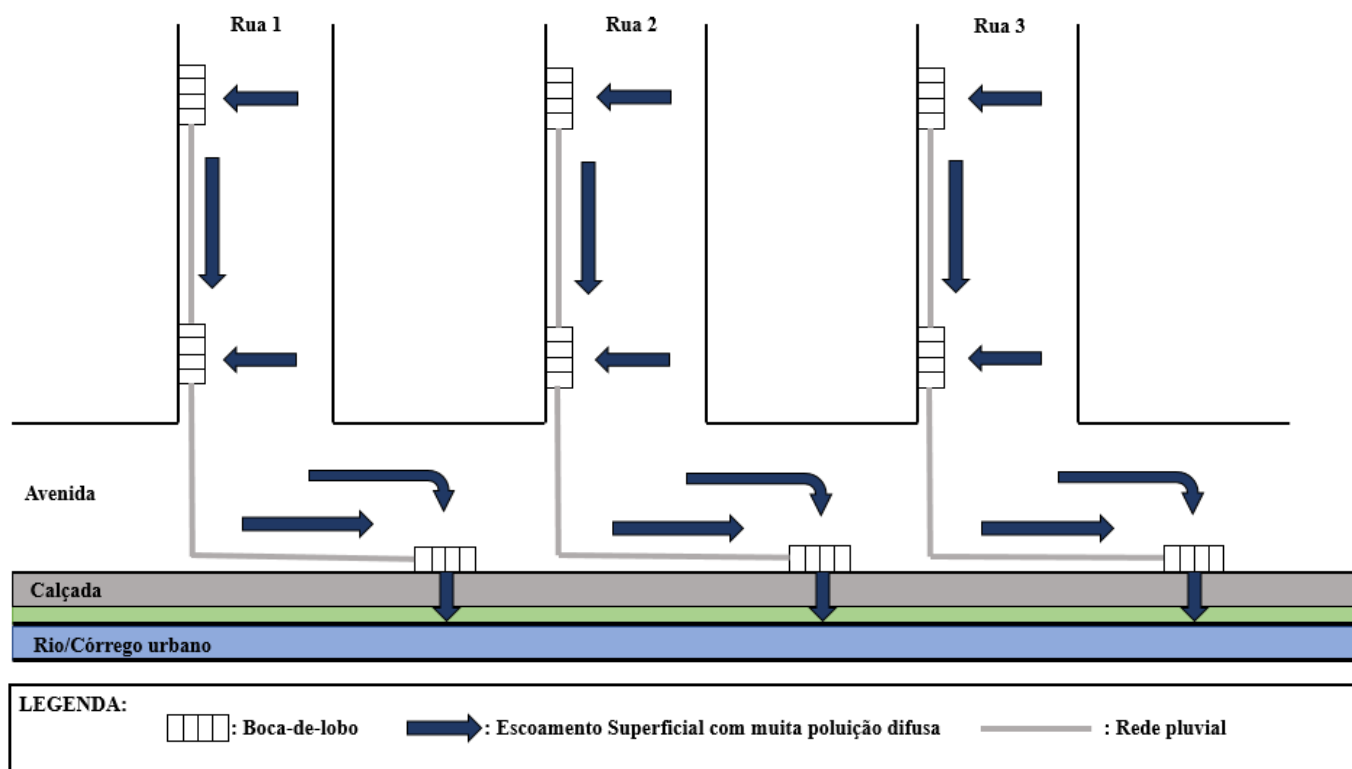
E a Figura 12 apresenta o sistema em termos de balanço hídrico e seu volume efetivo, considerando o índice de vazios produzido pelo meio filtrante escolhido. Nela, P é a Precipitação, ES o Escoamento Superficial direto, Inf a Infiltração e EL ao Escoamento lateral do sistema. Já o  $\Delta S$  refere-se ao armazenamento de água no volume de controle,  $\epsilon$  o índice de vazios, V o volume teórico do sistema e  $V_u$  o volume efetivo.

**FIGURA 12.** Volume efetivo do STVC.  
Fonte: Autores.



### 3.3 Cenários

Os cenários produzidos partiram tanto da realidade da drenagem urbana convencional, sem sistemas de tratamento, como das complementações feitas com SbN descentralizadas e o STVC proposto. Assim, na Figura 13, são representados elementos da micro e macrodrenagem, sendo que convencionalmente as bocas-de-lobo recebem o escoamento superficial e o transportam até o curso d'água sem qualquer tratamento da carga de poluição difusa.



**FIGURA 13.** Esquema do sistema convencional de micro e macrodrenagem urbana.  
Fonte: Autores.

Este primeiro cenário, convencional, indica a carga de poluição difusa que é recebida pelo sistema hídrico. Como verifica-se tal articulação do traçado da rede de drenagem é representativa da realidade brasileira e de inúmeros países. Neste caso as sarjetas e bocas-de-lobo atuam como direcionadores do fluxo, que é liberado diretamente no rio ou córrego urbano.

O cenário 2 por sua vez já passa a considerar melhorias no sistema, em nível descentralizado. Assim, a Figura 14 apresenta a troca das bocas-de-lobo convencionais por sistemas LIDs, sejam eles canteiros pluviais, trincheiras de infiltração, biorretenções, etc. (FLETCHER et al., 2015). Nesse cenário tais SbN são dispostas apenas no começo da rede drenagem, nas cabeceiras do sistema. Esta opção acaba por tratar o escoamento nesses pontos, mas, quando utilizado em complemento a rede de drenagem convencional, há risco de que o escoamento tratado seja novamente poluído pelos fluxos provenientes das vias que margeiam o canal urbano.

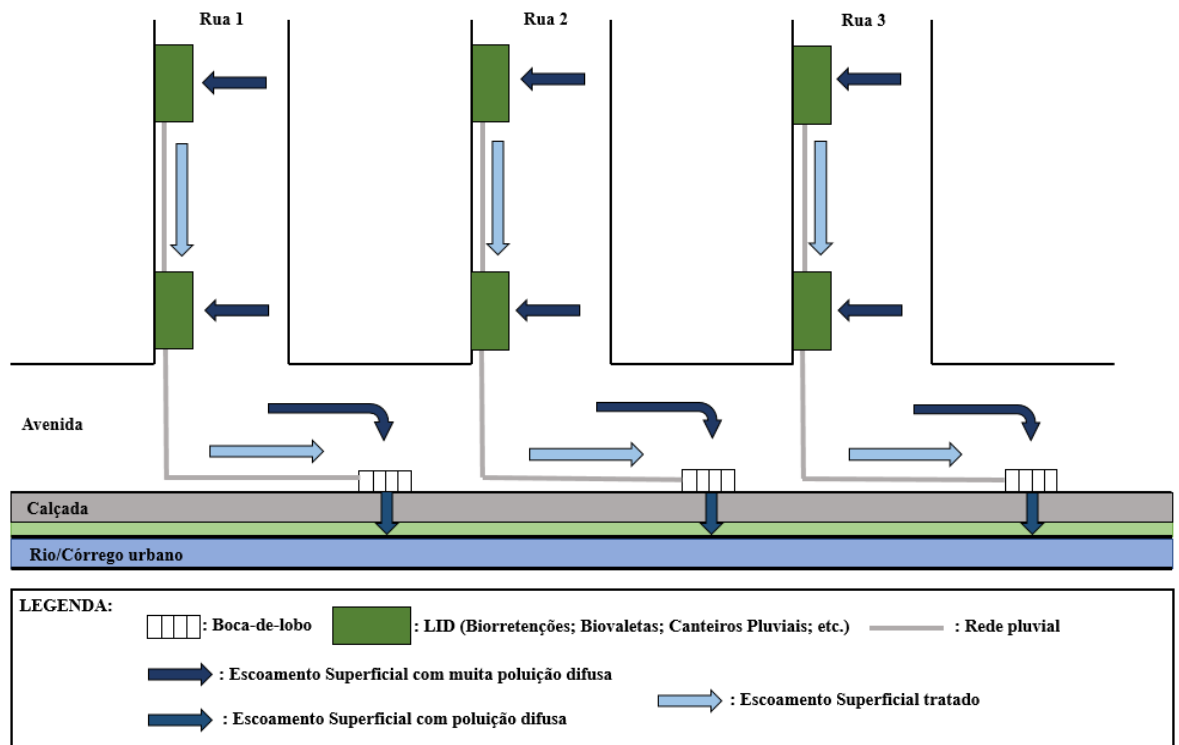


FIGURA 14. Adoção de SbN combinadas ao sistema convencional de micro e macrodrenagem. Fonte: Autores.

O cenário 3 em teoria corrige parcialmente as falhas do cenário 2, em termos da poluição do escoamento próximo ao canal. Consideram-se então SbN distribuídas pela rede de drenagem, o que permite que margeiem também o canal que recebera o escoamento (Figura 15).

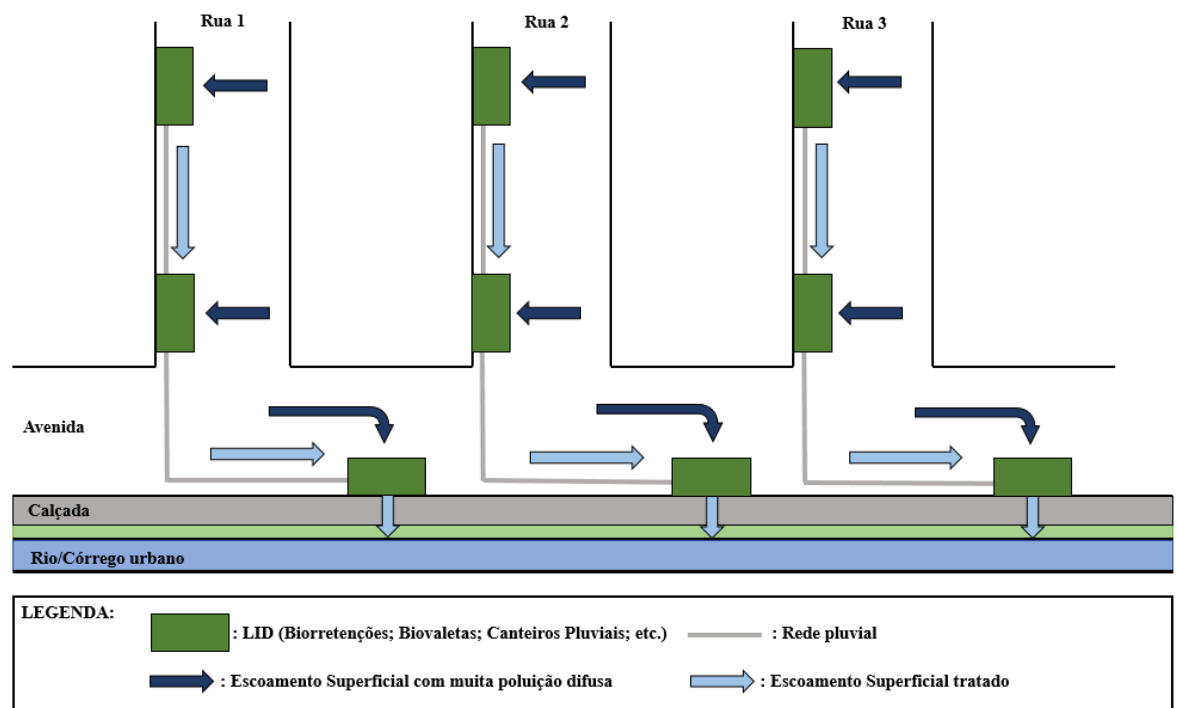
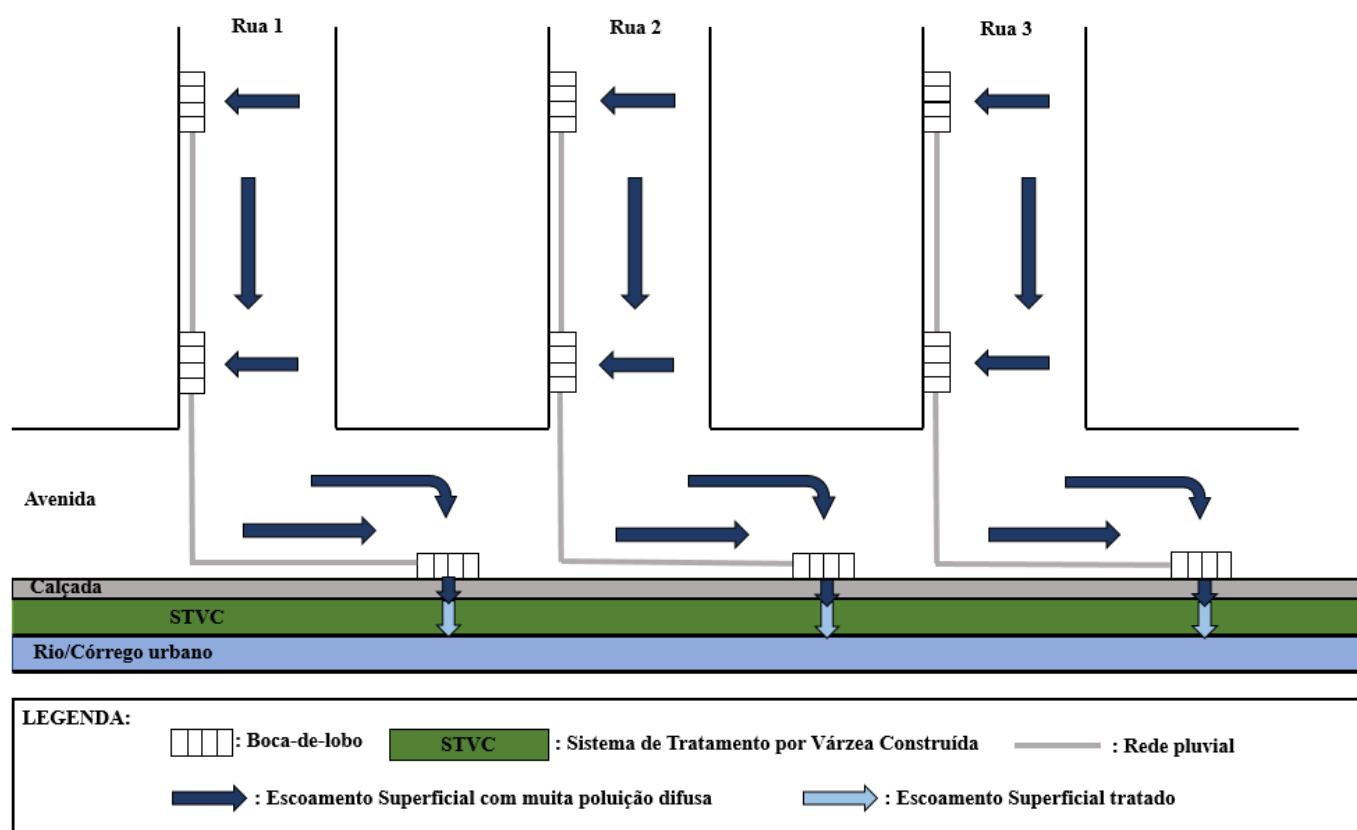


FIGURA 15. Esquema teórico de adoção das SbN em substituição as entradas e saídas do sistema convencional de micro e macrodrenagem urbana. Fonte: Autores.

E, neste caso, a alocação de SbN margeando o canal permite que tratem também a entrada de escoamento nesses pontos, que no cenário 2 atuavam como fontes de nova poluição para o escoamento já antes tratado.

Em comparação aos cenários 2 e 3, de adoção de SbN descentralizadas e distribuídas pela bacia urbana, apresenta-se o cenário 4. Este, considera a existência apenas dos STVC, que margeiam o canal, instalados em sua área de APP (Figura 16). Esta concepção pode requerer menores alterações na rede de drenagem já existente, o que beneficiaria a alternativa em termos de custo de adequação. Contudo, são necessários estudos de alternativa para verificar se esta hipótese se verifica.

**FIGURA 16.** Esquema de manutenção do sistema de drenagem urbana existente ao STVC proposto.  
Fonte: Autores.



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos e apresentados anteriormente foram condizentes com os objetivos do trabalho, em termos da proposição de um sistema de tratamento da drenagem como SbN. Ainda, a pesquisa permitiu a proposição de uma fase complementar, referente a modelagem do STVC proposto, pela interface do software PCSWMM. Fase essa que deverá considerar os cenários aqui estipulados, de modo a permitir a verificação da melhor eficiência quali-quantitativa em termos das abordagens descentralizadas ou centralizada, via STVC. Contudo salienta-se

que o estudo selecionou, dentro da revisão bibliográfica feita, indícios de que o sistema proposto seja condizente com a hipótese de pesquisa levantada, mas que a não verificação em campo de um protótipo limita as conclusões decorrentes da pesquisa. Logo, destaca-se o potencial do STVC como estrutura de tratamento quali-quantitativo das águas pluviais urbanas, mas que outros estudos em escala de campo e de simulação devem ainda corroborar para sua validação como alternativa.

## 5. REFERÊNCIAS

AHILAN, S. et al. The influence of floodplain restoration on flow and sediment dynamics in an urban river. *Journal of Flood Risk Management*, v. 11, p. S986-S1001, 2018.

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.

ALENCAR, J. C.; PORTO, M. F. A. Restoring, Revitalizing and Recovering Brazilian Rivers: Application of the Concept to Small Basins in the City of São Paulo, Brazil. *International Journal of Urban and Civil Engineering*, v. 13, n. 3, p. 183-189, 2019.

ALVES, A. et al. Exploring trade-offs among the multiple benefits of green-blue-grey infrastructure for urban flood mitigation. *Science of the Total Environment*, v. 703, p. 134980, 2020.

ARTMANN, M.; SARTISON, K.; VÁVRA, J. The role of edible cities supporting sustainability transformation—A conceptual multi-dimensional framework tested on a case study in Germany. *Journal of Cleaner Production*, v. 255, p. 120220, 2020.

BAE, C.; LEE, D. K. Effects of low-impact development practices for flood events at the catchment scale in a highly developed urban area. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 44, p. 101412, 2020.

BALTHAZARD-ACCOU, K. et al. Pollution of Water Resources and Environmental Impacts in Urban Areas of Developing Countries: Case of the City of Les Cayes (Haiti). In: *Environmental Health-Management and Prevention Practices*. IntechOpen, 2019.

BAPTISTA, M. N. et al. Impact of Urbanization on the Hydrodynamics of a Water Table in a Floodplain with High Potential for Renaturation. *Water Resources Management*, v. 31, n. 13, p. 4091-4102, 2017.

BECKER, N.; GREENFELD, A.; ZEMAH SHAMIR, S. Cost-benefit analysis of full and partial river restoration: the Kishon River in Israel. *International Journal of Water Resources Development*, v. 35, n. 5, p. 871-890, 2019.

BLAZY, R. Revitalization of Riverside Boulevards in Poland—A Case Study on the Background of the European Implementation. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2019. p. 042102.

BOTEQUILHA-LEITÃO, A.; DÍAZ-VARELA, E. R. Performance Based Planning of complex urban social-ecological systems: the quest for sustainability through the promotion of resilience. *Sustainable Cities and Society*, p. 102089, 2020.

BUSH, J.; DOYON, A. Building urban resilience with nature-based solutions: How can urban planning contribute? *Cities*, v. 95, p. 102483, 2019.

BUSH, J. The role of local government greening policies in the transition towards nature-based cities. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 35, p. 35-44, 2020.

- CAPPS, K. A.; BENTSEN, C. N.; RAMÍREZ, A. Poverty, urbanization, and environmental degradation: urban streams in the developing world. *Freshwater Science*, v. 35, n. 1, p. 429-435, 2016.
- CARTILHA DO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO, 2012. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/cartilha/index.html>.
- CHAPMAN, P. The river becomes the mediator—urban river restoration creating new spaces for intercultural dialogue and mediation. *Comunicação e sociedade*, n. Special Issue, p. 199-211, 2019.
- CHEN, W. Y.; CHO, F. H. T. Environmental information disclosure and societal preferences for urban river restoration: Latent class modelling of a discrete-choice experiment. *Journal of cleaner production*, v. 231, p. 1294-1306, 2019.
- CITY OF PEACHTREE CORNERS, Georgia - EUA. Disponível em: <https://www.peachtreecornersga.gov/government/public-works/stormwater/floodplain-management?navid=414>.
- CROESE, S.; GREEN, C.; MORGAN, G. Localizing the Sustainable Development Goals Through the Lens of Urban Resilience: Lessons and Learnings from 100 Resilient Cities and Cape Town. *Sustainability*, v. 12, n. 2, p. 550, 2020.
- DA LUZ, R. A.; RODRIGUES, C. O processo histórico de ocupação e de ocorrência de enchentes na planície fluvial do rio Pinheiros de 1930 até os dias atuais. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, v. 24, n. 2, p. 340-360, 2020.
- DA SILVA, C. V. F. et al. Climate change impacts and flood control measures for highly developed urban watersheds. *Water*, v. 10, n. 7, p. 829, 2018.
- DROSOU, N. et al. Key factors influencing wider adoption of blue-green infrastructure in developing cities. *Water*, v. 11, n. 6, p. 1234, 2019.
- DUSHKOVA, D.; HAASE, D. Not Simply Green: Nature-Based Solutions as a Concept and Practical Approach for Sustainability Studies and Planning Agendas in Cities. *Land*, v. 9, n. 1, p. 19, 2020.
- FEAGAN, M. et al. Redesigning knowledge systems for urban resilience. 2019.
- FERREIRA, C. S. S.; WALSH, R. P. D.; FERREIRA, A. J. D. Degradation in urban areas. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, v. 5, p. 19-25, 2018.
- FLETCHER, T. D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2015.
- GOMES, R. P. et al. Evaluation of the raw water quality: physicochemical and toxicological approaches. *Environmental geochemistry and health*, v. 41, n. 6, p. 2425-2442, 2019.
- GUO, Xiaochen et al. Modelling low impact development in watersheds using the storm water management model. *Urban Water Journal*, v. 16, n. 2, p. 146-155, 2019.
- GURNELL, A.; LEE, M.; SOUCH, C. Urban rivers: hydrology, geomorphology, ecology and opportunities for change. *Geography compass*, v. 1, n. 5, p. 1118-1137, 2007.
- HE, C. et al. Environmental degradation in the urban areas of China: Evidence from multi-source remote sensing data. *Remote Sensing of Environment*, v. 193, p. 65-75, 2017.
- HOEKSTRA, A. Y.; BUURMAN, J.; VAN GINKEL, K. C. H. Urban water security: A review. *Environmental Research Letters*, v. 13, n. 5, p. 053002, 2018.



- HORNE, J.; TORTAJADA, C.; HARRINGTON, L. Achieving the Sustainable Development Goals: improving water services in cities affected by extreme weather events. *International Journal of Water Resources Development*, v. 34, n. 4, p. 475-489, 2018.
- HUBER, W. C.; DICKINSON, R. E. Storm Water Management Model, Version 4: User's Manual. U.S. Environmental Protection Agency. Athens, Georgia, 1992.
- HUPP, C. R.; PIERCE, A. R.; NOE, G. B. Floodplain geomorphic processes and environmental impacts of human alteration along coastal plain rivers, USA. *Wetlands*, v. 29, n. 2, p. 413-429, 2009.
- IWANIEC, D. M. et al. The co-production of sustainable future scenarios. *Landscape and Urban Planning*, v. 197, p. 103744, 2020.
- JAMES, W.; HUBER, W. C.; DICKINSON, R. E.; PITT, R. E.; JAMES, W. R. C.; ROSENER, L. A.; ALDRICH, J. A. User's Guide to SWMM 5, publicado por CHI, Guelph, Ontario, Canadá. 2008.
- JARAMILLO, P.; NAZEMI, A. Assessing urban water security under changing climate: Challenges and ways forward. *Sustainable cities and society*, v. 41, p. 907-918, 2018.
- JENSEN, O.; WU, H. Urban water security indicators: Development and pilot. *Environmental Science & Policy*, v. 83, p. 33-45, 2018.
- KIM, H. et al. Considering the effect of groundwater on bioretention using the Storm Water Management Model. *Journal of environmental management*, v. 231, p. 1270-1276, 2019.
- LA ROSA, D.; PAPPALARDO, V. Planning for spatial equity-A performance based approach for sustainable urban drainage systems. *Sustainable Cities and Society*, v. 53, p. 101885, 2020.
- LAVOREL, S. et al. Co-producing ecosystem services for adapting to climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 375, n. 1794, p. 20190119, 2020.
- 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*, p. 116824, 2019.
- MARTINES, M. R. et al. Spatial segregation in floodplain: An approach to correlate physical and human dimensions for urban planning. *Cities*, v. 97, p. 102551, 2020.
- MASSOUDIEH, A.; MAGHREBI, M.; KAMRANI, B.; NIETCH, C.; TRYBY, M.; AFLAKI, S.; PANGULURI, S. A flexible modeling framework for hydraulic and water quality performance assessment of stormwater green infrastructure. *Environ. Model. Softw.* 2017, 92, 57-73.
- MAY, R. "Connectivity" in urban rivers: Conflict and convergence between ecology and design. *Technology in Society*, v. 28, n. 4, p. 477-488, 2006.
- MIGUEZ, M. G. et al. Urban floods in lowlands—levee systems, unplanned urban growth and river restoration alternative: a case study in Brazil. *Sustainability*, v. 7, n. 8, p. 11068-11097, 2015.
- MROZIŃSKA, N. et al. Water Quality as an Indicator of Stream Restoration Effects—A Case Study of the Kwacza River Restoration Project. *Water*, v. 10, n. 9, p. 1249, 2018.
- OPOKU, A. Biodiversity and the built environment: Implications for the Sustainable Development Goals (SDGs). *Resources, Conservation and Recycling*, v. 141, p. 1-7, 2019.

PAIVA, M. P.; SCHICCHI, M. C. da S. O conceito de resiliência urbana: uma ferramenta para a análise de intervenções recentes no centro histórico de São Paulo. 2019.

PALMER, M.; RUHI, A. Linkages between flow regime, biota, and ecosystem processes: Implications for river restoration. *Science*, v. 365, n. 6459, p. eaaw2087, 2019.

PRIOR, J. Urban river design and aesthetics: a river restoration case study from the UK. *Journal of Urban Design*, v. 21, n. 4, p. 512-529, 2016.

REZAEI, A. R. et al. A quantity-quality model to assess the effects of source control stormwater management on hydrology and water quality at the catchment scale. *Water*, v. 11, n. 7, p. 1415, 2019.

RICHERZHAGEN, C. et al. Ecosystem-Based Adaptation Projects, More than just Adaptation: Analysis of Social Benefits and Costs in Colombia. *International journal of environmental research and public health*, v. 16, n. 21, p. 4248, 2019.

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, p. 101907, 2020.

SALAS, J.; YEPES, V. Enhancing Sustainability and Resilience through Multi-Level Infrastructure Planning. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 3, p. 962, 2020.

SAMMEN, S. S.; MOHAMMAD, T. A.; MAJEED, Q. G. Environmental Consideration In Flood Mitigation And River Restoration. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2019. p. 022088.

SCHIEMER, F.; BAUMGARTNER, C.; TOCKNER, K. Restoration of floodplain rivers: The 'Danube restoration project'. *River Research and Applications*, v. 15, n. 1-3, p. 231-244, 1999.

SERRANO-NOTIVOLI, R. et al. Floodplain occupation and flooding in the Central Pyrenees. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, v. 43, n. 1, p. 309-328, 2017.

SIURB/FCTH. Caderno de Bacia Hidrográfica: Córrego Jaguaré. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (Organizador). São Paulo, 2016.

SKRINAR, A.; MISIK, M.; JANOTA, M. River restoration as an element in sustainable urban development. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2019. p. 032031.

SODIQ, A. et al. Towards Modern Sustainable Cities: Review of Sustainability Principles and Trends. *Journal of Cleaner Production*, 2019.

SOTTO, D. et al. Sustentabilidade urbana: dimensões conceituais e instrumentos legais de implementação. *Estud. av., São Paulo*, v. 33, n. 97, p. 61-80, Dec. 2019.

THOMS, M. C. Floodplain-river ecosystems: lateral connections and the implications of human interference. *Geomorphology*, v. 56, n. 3-4, p. 335-349, 2003.

UN General Assembly (UNGA). A/RES/70/1 Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolut 25, 1-35 (2015).

VALENCIA, S. C. et al. Adapting the Sustainable Development Goals and the New Urban Agenda to the city level: Initial reflections from a comparative research project. *International Journal of Urban Sustainable Development*, v. 11, n. 1, p. 4-23, 2019.

- VENTER, Z. S.; KROG, N. H.; BARTON, D. N. Linking green infrastructure to urban heat and human health risk mitigation in Oslo, Norway. *Science of the Total Environment*, v. 709, p. 136193, 2020.
- WANG, H. et al. A new strategy for integrated urban water management in China: Sponge city. *Science China Technological Sciences*, v. 61, n. 3, p. 317-329, 2018.
- WANG, J. et al. Discussion on the Construction of Ecological Restoration Model of Shichuan River. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019. p. 012189.
- WALKER, B., SALT, D., 2006. *Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World*. Island Press, Washington, DC.
- WALLERSTEIN, D. Food-energy-water (FEW) nexus: Rearchitecting the planet to accommodate 10 billion humans by 2050. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 155, p. 104658, 2020.
- WIKANTIYOSO, R. et al. Green City MIS as a Sustainable Urban GOS Provision Control Implementation Model. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, v. 8, n. 1, p. 160-172, 2020.
- XIE, Chen et al. Sustainable Improvement of Urban River Network Water Quality and Flood Control Capacity by a Hydrodynamic Control Approach—Case Study of Changshu City. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2017. p. 012029.
- YANG, X. et al. Fluvial terrace formation and its impacts on early human settlement in the Hanzhong basin, Qinling Mountains, central China. *Global and Planetary Change*, v. 178, p. 1-14, 2019.
- ZARI, M. P. et al. Devising urban ecosystem-based adaptation (EbA) projects with developing nations: A case study of Port Vila, Vanuatu. *Ocean & Coastal Management*, v. 184, p. 105037, 2020.
- ZHANG, J. et al. Analysis of the Effect of Low Impact Development on Urban Runoff Control Based on the SWMM Model. *Journal of Coastal Research*, v. 96, n. sp1, p. 62-67, 2019.
- ZHANG, Y.; SHAO, C.; SHI, Y. Guilin Sustainable Development City Construction Countermeasure and Idea Design for SDGs in 2030. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019a. p. 052005.
- ZHANG, X. et al. Urban drought challenge to 2030 sustainable development goals. *Science of the Total Environment*, v. 693, n. 13, p. 133536, 2019b.

**João Pedro Coelho Belini**

Mestrando Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil,  
PPGEC-POLI-USP;

E-mail: joao.pedro.belini@usp.br;

ORCID ID: 0000-0002-0122-3981

**Filipe Chaves Gonçalves**

Mestrando Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil,  
PPGEC-POLI-USP;

ORCID ID: 0000-0002-5208-8783

**Joaquin Ignacio Bonnacarrère Garcia**

Docente PHA-POLI-USP; Docente PPGEC-USP;

ORCID ID: 0000-0002-3852-7444

**Recebido em:** 09/08/2021.

**Aceito em:** 11/04/2022.

# CERRADO RESILIENTE: PLANEJANDO A PAISAGEM COM SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA (SbN)

Caroline Ferreira Fernandes  
Luiz Pedro de Mello César  
Camila Gomes Sant'Anna

## RESUMO

O planejamento da paisagem orientado pelas Soluções baseadas na Natureza (SbN) vem sendo apresentado em diversas pesquisas como uma forma de promover o desenvolvimento urbano em consonância com a trama verde e azul das cidades. Entretanto, o planejamento urbano tradicional desconsidera importantes funções desempenhadas pela natureza, o que associado ao crescimento desordenado e progressivo das cidades, desintegra o meio urbano do contexto em que ele se insere e contribui para um desequilíbrio ecossistêmico. Este fenômeno vem sendo observado nas cidades localizadas no cerrado brasileiro, tendo em vista o desmatamento da região e a contínua perda da biodiversidade. Soluções que tratam da conexão e preservação das dinâmicas naturais, inclusive a continuidade da troca gênica, podem ser responsáveis pela reintegração sistêmica de áreas degradadas, impactando comunidades e auxiliando na preservação da fauna e flora. Tal questão também se conecta com a necessidade de manutenção de cursos d'água vitais para o abastecimento de 6 das 8 principais bacias hidrográficas do Brasil. Diante disso, o objetivo deste estudo é estabelecer uma proposta de infraestrutura verde, em uma escala regional, tendo como recorte a Bacia do Paranoá no Distrito Federal, unidade hidrográfica importante para a manutenção dos recursos naturais da região e para a preservação dos biomas brasileiros. Para tanto, se vale de uma revisão bibliográfica e de uma estratégia de análise e diagnóstico baseada em McHarg (1964). Como resultado, apresenta uma série de estratégias para se planejar uma paisagem resiliente no contexto urbano. Entre elas está a criação de uma rede de paisagens multifuncionais que se conectam através do sistema hidrológico da região e da criação de corredores ecológicos, que visam integrar os elementos da infraestrutura verde dentro deste recorte. Dessa forma, destaca-se o uso de SbN no contexto do planejamento urbano, capaz de estabelecer uma relação harmoniosa entre cidade e meio ambiente.

## Palavras-chave

Soluções baseadas na Natureza (SbN), Infraestrutura verde, Bacia do Paranoá, Distrito Federal, Resiliência, Cerrado.



# CERRADO RESILIENTE: PLANIFICANDO EL PAISAJE CON SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SbN)

Caroline Ferreira Fernandes  
Luiz Pedro de Mello César  
Camila Gomes Sant'Anna

## RESUMEN

*La planificación del paisaje guiada por Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) se ha presentado en una serie de investigaciones como forma de promover el desarrollo urbano en línea con el tejido verde y azul de las ciudades. Sin embargo, el urbanismo tradicional desconoce importantes funciones que desempeña la naturaleza, que, asociada al crecimiento desordenado y progresivo de las ciudades, desintegra el entorno urbano del contexto en el que se inserta y contribuye a un desequilibrio ecosistémico. Este fenómeno se ha observado en ciudades ubicadas en el cerrado brasileño, ante la deforestación de la región y la pérdida continua de biodiversidad. Las soluciones que se ocupan de la conexión y preservación de las dinámicas naturales, incluida la continuidad del intercambio de genes, pueden ser responsables de la reintegración sistémica de áreas degradadas, impactando a las comunidades y ayudando a preservar la fauna y la flora. Este tema también se relaciona con la necesidad de mantener cursos de agua vitales para el abastecimiento de 6 de las 8 principales cuencas hidrográficas de Brasil. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es establecer una propuesta de infraestructura verde, a escala regional, con la Cuenca del Paranoá en el Distrito Federal como corte, una unidad hidrográfica importante para el mantenimiento de los recursos naturales de la región y para la preservación de Biomas brasileños. Para ello, utiliza una revisión de la literatura y una estrategia de análisis y diagnóstico basada en McHarg (1964). Como resultado, presenta una serie de estrategias para planificar un paisaje resiliente en el contexto urbano. Entre ellos se encuentra la creación de una red de paisajes multifuncionales que se conectan a través del sistema hidrológico de la región y la creación de corredores ecológicos, que apuntan a integrar los elementos de infraestructura verde en este marco. Así, se destaca el uso de SbN en el contexto de la planificación urbana, capaz de establecer una relación armónica entre la ciudad y el entorno.*

## Palavras-clave

Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), Infraestructura Verde, Cuenca Paranoá, Distrito Federal, Resiliencia, Cerrado.



<https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.labverde.2022.189363>

Revista LABVERDE. FAU USP. São Paulo, v. 12, n. 01, e189363, 2022.



# RESILIENT CERRADO: PLANNING THE LANDSCAPE WITH NATURE-BASED SOLUTIONS (NbS)

Caroline Ferreira Fernandes  
Luiz Pedro de Mello César  
Camila Gomes Sant'Anna

## ABSTRACT

*Landscape planning guided by Nature Based Solutions (NbS) has been presented in several studies as a way to promote urban development in line with the green and blue system of cities. However, traditional urban planning disregards important functions performed by nature, which, associated with the disorderly and progressive growth of cities, disintegrates the urban environment from the context in which it is inserted and contributes to an ecosystem imbalance. This phenomenon has been observed in cities located in the Brazilian cerrado, in view of the region's deforestation and the continuous loss of biodiversity. Solutions that address the connection and preservation of natural dynamics, including the continuity of gene exchange, can be responsible for the systemic reintegration of degraded areas, impacting communities and helping to preserve fauna and flora. This issue is also connected with the need to maintain vital watercourses for the supply of 6 of the 8 main hydrographic basins in Brazil. Therefore, the objective of this study is to establish a proposal for green infrastructure, on a regional scale, having as a cutout the Paranoá Basin in the Federal District, an important hydrographic unit for the maintenance of the region's natural resources and for the preservation of Brazilian biomes. To do so, it uses a literature review and an analysis and diagnosis strategy based on McHarg (1964). As a result, it presents a series of strategies for planning a resilient landscape in the urban context. Among them is the creation of a network of multifunctional landscapes that connect through the region's hydrological system and the creation of ecological corridors, which aim to integrate the elements of green infrastructure within this area. Thus, the use of NbS in the context of urban planning, capable of establishing a harmonious relationship between city and environment, stands out.*

## Keywords

*Nature Based Solutions (NbS), Green Infrastructure, Paranoá Basin, Distrito Federal, Resilience, Cerrado.*



## INTRODUÇÃO

Estamos presenciando uma mudança de posicionamento/consciência em relação a forma de se viver e interagir com as cidades. É cada vez mais presente o discurso de promover o desenvolvimento urbano respeitando à natureza, resultando em instrumentos e políticas públicas voltadas para a preservação e proteção de áreas ambientalmente importantes em meio urbano.

O planejamento tende a ser mais sistêmico e integrado, refletindo sobre questões como o esgotamento dos recursos naturais e o processo vertiginoso do crescimento das cidades. Já são conhecidas as consequências desse processo, cujos impactos socioambientais são agravados pela baixa capacidade de resiliência urbana frente às mudanças climáticas que se apresentam.

No Brasil, a urbanização acelerada na região Centro-Oeste, geralmente, não leva em conta os aspectos ambientais e paisagísticos, acarretando grandes prejuízos ao bioma cerrado (Medeiros, 2008). Considerado como um dos hotspots mundiais de biodiversidade, o Cerrado apresenta extrema abundância de espécies endêmicas e sofre uma excepcional perda de habitat. Do ponto de vista da diversidade biológica, o Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo, abrigando 11.627 espécies de plantas nativas já catalogadas (MMA, n.d.).

O bioma também se destaca pela importância de seu potencial hídrico e por isso carrega o título de "Berço das águas do Brasil". Segundo o biólogo e pesquisador da Embrapa, José Felipe Ribeiro, em entrevista concedida ao Instituto Humanitas Unisinos e realizada por Santos (2017), o cerrado "concentra nascentes que alimentam oito das 12 grandes regiões hidrográficas brasileiras" e nele nascem os "rios que originam seis das principais regiões de hidrográficas brasileiras".

A mudança da capital do país para o Planalto Central iniciou um grande processo de alteração da paisagem natural do cerrado. No caso de Brasília, apesar de ser uma cidade jovem, comparada com outras metrópoles nacionais, já experimenta os impactos do processo de urbanização desenfreada e enfrenta a questão da mitigação dos impactos ambientais junto às demandas e desafios sociais que se colocam frente a uma cidade em crescimento.

No Distrito Federal, é possível analisar esses impactos de maneira mais veemente na Bacia do Lago Paranoá. Isso porque essa bacia hidrográfica está localizada integralmente no território do DF e incorpora maior parte da área urbanizada da região. Estudos apontam que já no ano de 2009, as áreas urbanas ocupavam aproximadamente



341 Km na bacia, o equivalente a 34% da área e que esta taxa só não era maior devido à presença de grandes áreas de preservação permanente em seu limite, como o Parque Nacional de Brasília (300km<sup>2</sup>), a Reserva do IBGE (14 km<sup>2</sup>), o Jardim Botânico (40 km<sup>2</sup>) e a Fazenda Água Limpa da UnB (45 km<sup>2</sup>) (Menezes, Roig, Almeida, Soares Neto & Bakker, 2010). Hoje, as áreas de preservação localizadas dentro da bacia continuam fortemente pressionadas pela expansão urbana em crescimento acelerado.

<sup>1</sup> O termo popularizado na década de 2000, é utilizado para definir a época em que as ações humanas começaram a provocar alterações biofísicas em escala planetária, em destaque, as variações climáticas.

Diante das consequências causadas pelas relações entre homem e meio ambiente, podemos considerar que um dos grandes desafios do Antropoceno<sup>1</sup> é a necessidade de uma mudança de paradigma, de se pensar o território de maneira integral. A partir da década de 1980 a natureza começa a ser pensada pela maioria dos agentes intervenientes na agenda urbana como parte das soluções e não mais algo a ser dominado. Surgem com força as discussões sobre como promover qualidade de vida por meio do redesenho da Paisagem das Cidades (Santanna, 2020).

Assim, uma nova visão sobre a paisagem, que considera as relações ecológicas e os ecossistemas para produzir inovações que promovam a sustentabilidade, tem influenciado também o campo da morfologia urbana:

"A análise de diversos aspectos relacionados à paisagem e sua estrutura superficial, sua fisiologia e seus processos naturais associados, se sobrepõe à análise da forma urbana. Permite assim interpretar o desempenho das funções naturais do ecossistema da bacia urbanizada, construindo, dessa forma, um instrumento essencial no processo de planejamento ambiental" (Bonzi, 2015 citado por Machí Castañer, 2018).

Neste sentido, a Infraestrutura Verde - green infrastructure (GI) - surge como uma ferramenta multifacetada para se pensar o planejamento e projeto da paisagem, propondo a criação de uma rede composta por sistemas verdes e azuis no território que possibilite a expressão da estrutura da paisagem no seu sentido mais amplo (Santanna, 2020). Segundo Herzog & Rosa (2010), a Infraestrutura Verde:

" (...) consiste em redes multifuncionais de fragmentos permeáveis e vegetados, preferencialmente arborizados (inclui ruas e propriedades públicas e privadas), interconectados que reestruturam o mosaico da paisagem. Visa manter ou restabelecer os processos naturais e culturais que asseguram a qualidade de vida urbana" (Benedict & McMahon, 2006; Ahern, 2007 citado por Herzog & Rosa, 2010).

A implementação de tecnologias da Infraestrutura Verde como Soluções baseadas na Natureza (SbN) é cada vez mais priorizado em projetos urbanos, mesmo que em muitas regiões do mundo essas

práticas tenham sido pouco desenvolvidas de fato (Machí Castañer & Marques, 2015; Oliveira, Soares & Bonzi, 2012; Schlee, Jara, Martínez & Coelho Netto, 2018 citado por Machí Castañer, 2018).

Considerando o cenário atual das cidades e os impactos refletidos no cerrado, o presente estudo tem como objetivo traçar estratégias para tratar a Bacia do Lago Paranoá, importante região que conecta várias unidades de conservação no Distrito Federal e que se mostra uma área ambientalmente sensível devido ao processo de urbanização, através de uma proposta de Infraestrutura Verde. Dessa forma, busca-se elencar requisitos e diretrizes capazes de mitigar os impactos, reverter processos nocivos e conduzir a área em estudo ao desenvolvimento urbano sustentável.

A pesquisa também almeja iniciar uma discussão sobre como a Infraestrutura Verde pode ser uma ferramenta para se planejar o desenvolvimento urbano sustentável do Distrito Federal em consonância com a promoção dos espaços livres e Áreas de Preservação Permanente (APP).

Acredita-se que pensar essa área do ponto de vista da infraestrutura dos espaços interconectados, entendendo a lógica através de uma visão holística, pode contribuir para a preservação da bacia como um todo e de seu bioma.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa se vale de uma revisão bibliográfica e de uma estratégia de análise e diagnóstico inspirada em métodos consagrados da Arquitetura da Paisagem. Através de uma leitura do lugar feita a partir de mapas que apresentam camadas de informações sobrepostas, metodologia de "análise e apropriação do uso do solo urbano" difundida por McHarg<sup>2</sup> (1964), o estudo aplica os conceitos da ecologia da paisagem (Forman & Gordron, 1986; Pellegrino, 2000), infraestrutura verde (Benedict & McMahon, 2006) e espaços livres de edificações (Magnoli, 2006).

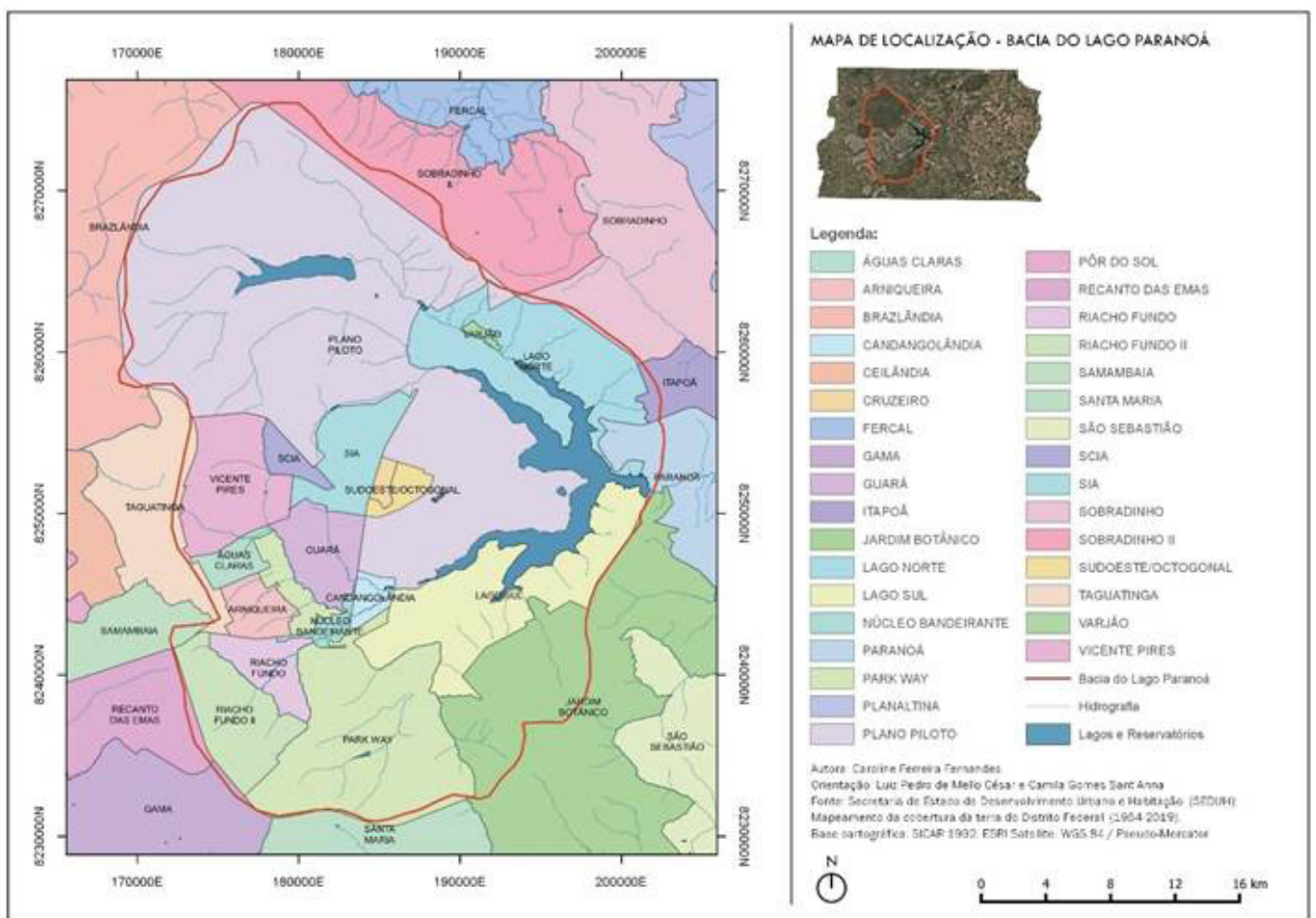
As figuras elaboradas para análise e apresentação de proposta, foram processadas em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) a partir da sobreposição de dados georreferenciados, coletados no Geoportal/DF, plataforma disponibilizada pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH).

O processo metodológico se inicia com a contextualização do Distrito Federal e sua relação com o meio ambiente. Nesta primeira fase, foram coletados dados e análises feitas sobre a região, em canais de informação dos órgãos públicos, como o Instituto Brasília Ambiental - IBRAM e o Governo do Distrito Federal - GDF, e em estudos acadê-

<sup>2</sup> Ian L. McHarg foi um dos primeiros autores a inserir considerações da perspectiva ecológica no contexto do planejamento e projeto de paisagem. Sua obra mais emblemática é *Design with nature* (1969).

micos relacionados ao tema. O objetivo desta fase é compreender o cenário socioambiental do DF e identificar, na escala macro, as fragilidades e oportunidades da região.

Em seguida o estudo reduz sua escala de análise para os limites da Bacia do Lago Paranoá. A escolha da bacia (Figura 01) como recorte projetual se deu pela sua importância no contexto urbano e ambiental no DF. Nela, se insere a Região Administrativa de Brasília - RAI, projetada por Lúcio Costa e onde estão concentrados os três poderes da República, as embaixadas e a população com maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do país (Menezes et al., 2010).



**FIGURA 01.** Localização da Bacia do Lago Paranoá.  
 Fonte: Elaborado pelos autores com base na Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH).

Além disso, a Bacia do Paranoá apresenta grande valor ambiental: quase dois terços de sua área é atualmente compreendida por unidades de conservação e áreas protegidas (Ferrer & Negro, 2011); e a presença de um considerável número de rios tributários compreende à Bacia do Lago Paranoá uma singularidade em ser a única bacia integralmente localizada no DF, possibilitando um diálogo sustentável pioneiro entre ambiente e planejamento (Oliveira & Steinke, 2020).

<sup>3</sup> Termo usado para expressar a forma de se enxergar a natureza por completo, compreendendo que o planeta é um grande sistema orgânico, uma rede dinâmica de eventos inter-relacionados onde todos os elementos e seres estão conectados e influenciam uns aos outros.

<sup>4</sup> Termo em latim que se refere ao "espírito do lugar".

<sup>5</sup> Termo usado por Lúcio Costa para caracterizar o projeto de Brasília. Uma cidade-parque é constituída pelos seguintes aspectos: definição em escalas, abertura da cidade, propriedade pública do solo, parcelamento, hierarquização viária e harmonia do conjunto volumétrico de sua fisionomia, integrado ao terreno. (JUCÁ, 2009).

Por fim, como resultado das etapas anteriores, este estudo apresenta uma série de estratégias para se planejar uma paisagem resiliente no contexto urbano. Através de uma análise socioambiental do Distrito Federal e de sua relação com o Cerrado, traz uma proposta de conexão dos espaços livres, por meio de diretrizes projetuais e da elaboração de um mapa síntese, que apresenta um Sistema de Infraestrutura Verde na Bacia do Lago Paranoá com a intenção de potencializar os processos naturais e socioculturais e desencadear um olhar sistêmico<sup>3</sup> sobre a região.

## DISTRITO FEDERAL E SUA PAISAGEM

Para o campo disciplinar da Arquitetura da Paisagem, a paisagem de Brasília se manifesta nas mais variadas formas e enquadramentos dependendo das características objetivas (meio abiótico e biótico) e subjetivas (sociocultural). Segundo Lauande (2007), Lucio Costa propunha que a nova capital deveria, em sua morfologia, conformar-se à paisagem – a horizontalidade e a topografia deveriam ser seus elementos compositivos – cidade e a paisagem natural fundiriam-se como resultado de um magnífico entendimento do *genius loci*<sup>4</sup>.

A paisagem natural a que Lauande (2007) se refere, é a paisagem do Cerrado, bioma característico do Planalto Central, composto por um mosaico de fisionomias vegetacionais que apresenta grande biodiversidade. No Distrito Federal, grande parte de sua cobertura vegetal é composta de espécies nativas do cerrado, com árvores de porte médio, entre 15 – 25 m, arbustos e herbáceas. Em complemento, o solo avermelhado e o pôr do sol alaranjado, resultado do clima da região, conformam uma típica paisagem do cerrado brasileiro.

A ideia de fusão entre paisagens, sinalizada no projeto da capital, também se manifestou nos edifícios projetados por Oscar Niemeyer, onde a natureza, vista através da arquitetura de Brasília, percorre todas as escalas da cidade, chegando, por fim, na escala bucólica, formada pelos espaços livres e arborizados, e que confere à Brasília o caráter de cidade-parque<sup>5</sup>.

Diferentemente de outras unidades federativas do país, o Distrito Federal não é dividido em cidades e, portanto, não há prefeituras. É composto por 33 Regiões Administrativas (RA's) oficialmente constituídas como dependentes do Governo do Distrito Federal. Cada uma delas apresenta características singulares e reproduzem a essência da diversidade brasileira (GDF, n.d.).

À medida que o Distrito Federal vai se expandindo para além da Região Administrativa de Brasília – RAI, a ocupação urbana irregular e o crescimento desordenado das demais regiões faz com que a cidade se torne, cada vez mais, o território dos contrastes, onde a desi-

gualdade se reflete não somente na distribuição de renda e acesso à infraestrutura básica, como também no acesso da população à natureza e à cultura.

O Distrito Federal é uma das regiões brasileiras com maior desigualdade social. As diferenças entre moradores da capital aparecem em aspectos como renda, falta de vagas em escolas próximas à residência e até na arborização das cidades (Caramori, 2019). Segundo Coelho (2012), “a escassez de vegetação é um fator de diferenciação entre as Regiões Administrativas, infelizmente afeta de forma negativa a condição de vida em áreas periféricas.” (p. 101).

Apesar de aproximadamente 10 mil hectares de suas áreas verdes serem destinadas ao Uso Sustentável, onde a interação entre população e meio ambiente é permitida, no Distrito Federal, estima-se que 41% destas áreas estão degradadas ou perturbadas, ou seja, tiveram suas características alteradas. De acordo com a Unesco (2000), muitas dessas áreas encontram-se invadidas por edificações ilegais, o que leva a contaminação e assoreamento dos corpos d’água e conseqüente queda da biodiversidade. Este percentual está diretamente relacionado à aplicação efetiva de políticas públicas previstas em cada região administrativa.

## **DISTRITO FEDERAL E SUA TRAMA VERDE E AZUL**

A criação e a manutenção de áreas protegidas ou que estejam sob regimes especiais de proteção tem sido uma prática bastante utilizada nas sociedades humanas. Várias justificativas motivam a manutenção de áreas silvestres, especialmente focando a conservação de recursos de fauna, flora e hídricos.

“Com o objetivo de integrar, em um único sistema, a diversidade de categorias de manejo e, ao mesmo tempo, dar um caráter multifuncional às unidades, considerando a diversidade ecossistêmica, cultural e histórica do Brasil, foi instituído, em 2000, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, por meio da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000” (ICMBIO, 2012, p. 7).

De acordo com a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o SNUC, as Unidades de Conservação (UC) são “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (Brasil, 2000, Art. 2º § 1).

Segundo o SNUC (2000), as UC são divididas em duas categorias prin-

cipais, as de Uso Sustentável e as de Proteção Integral, e subdivididas em 12 grupos, sendo a primeira categoria composta por Parque Nacional, Monumento Nacional, Estação Ecológica, Reserva Biológica e Refúgio de Vida Silvestre; e a segunda categoria contemplando as sete categorias restantes, Área de Proteção Ambiental, Floresta Nacional, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural, Reserva de Fauna, Reserva Extrativista e Área de Relevante Interesse Ecológico.

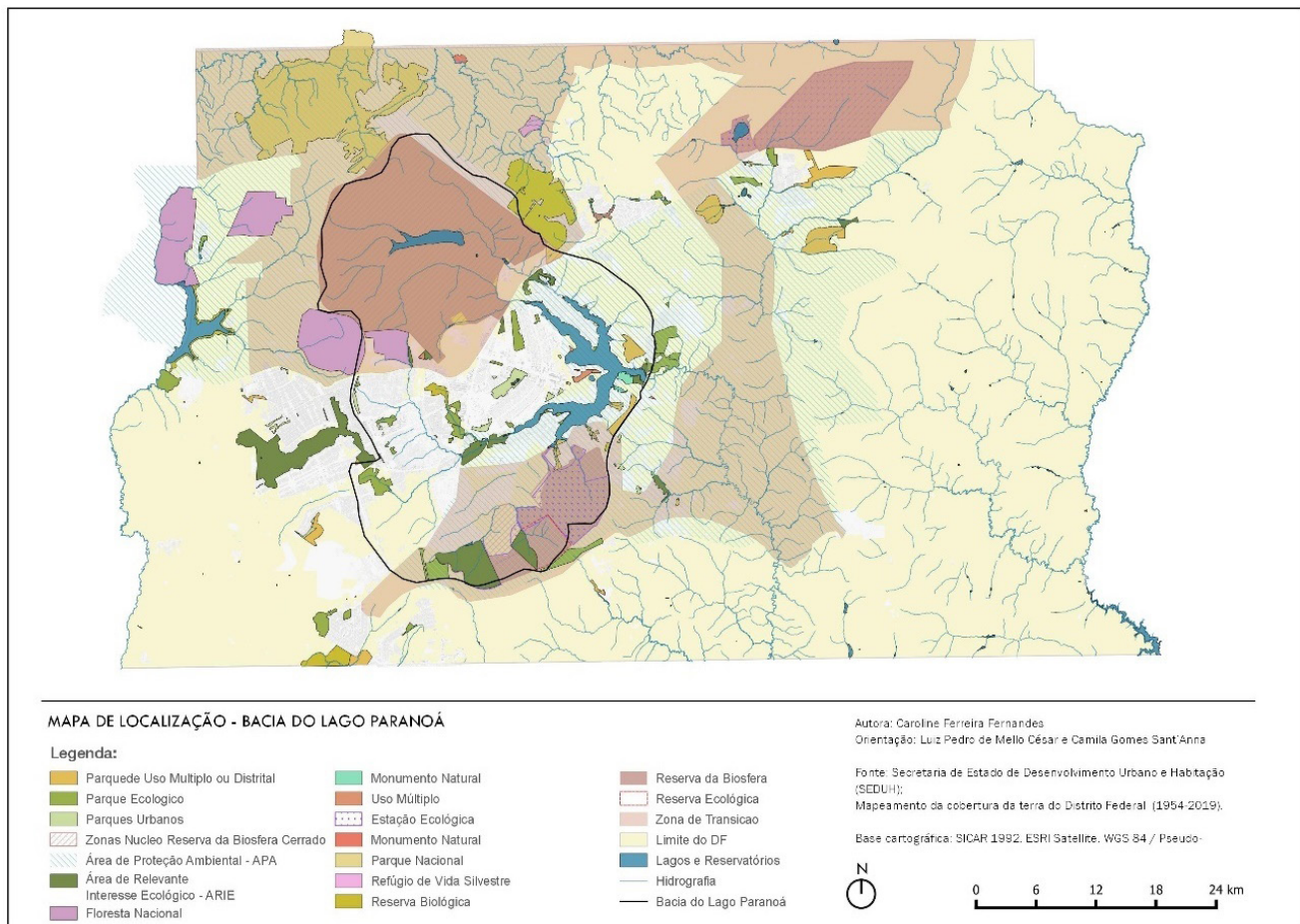
A fim de estabelecer critérios e normas para a criação, implantação, alteração e gestão das Unidades de Conservação no território do Distrito Federal, criou-se a partir da Lei Complementar 827, de 22 de julho de 2010, o Sistema Distrital de Unidades de Conservação da Natureza (SDUC). Apesar dos parques ecológicos não se enquadrarem em nenhuma categoria de Unidade de Conservação prevista no SNUC, eles foram considerados como uma UC pelo sistema distrital, assim como os parques distritais.

<sup>6</sup> Conjunto de dados disponibilizado pelo MMA, contendo arquivos de texto e tabelas em Excel atualizadas com a listagem das UCs do Distrito Federal. Recuperado de <https://dados.gov.br/dataset/unidadesdeconservacao>

Segundo o Instituto Brasília Ambiental - Ibram (2019), o Distrito Federal possui 82 Unidades de Conservação, o que representa cerca de 4% do total de UCs espalhadas pelo território nacional, que de acordo com os dados disponibilizados<sup>6</sup> pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), somam mais de 2400 unidades. Esses valores podem variar de acordo com as fontes consultadas.

Apesar de o DF possuir aproximadamente 90% de seu território sob proteção ambiental (IBRAM, 2014), essa alta proporção de áreas protegidas não significa que as áreas silvestres existentes no DF estão livres de pressão e que estas estão totalmente implantadas, uma vez que a maior parte das UC apresenta muitas pendências, destacando: situação fundiária irregular, falta de planejamento, recursos humanos e financeiros deficientes, inexistência de delimitação, invasão e ocupação irregular, dentre outros (GEO LÓGICA, 2009).

Este artigo inicia sua análise cartográfica a partir da sobreposição de dois dados relevantes ao estudo, as Unidades de Conservação do DF e sua hidrografia. A combinação dos Dados Georreferenciados, disponibilizados pelo Sistema de Informação Territoriais e Urbanas do Distrito Federal (SITURB), permite uma visão ampla da trama verde e azul do DF.



**FIGURA 2.** Trama verde e azul do Distrito Federal. Fonte: Elaborado pelos autores com base na Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH).

O mapa acima (Figura 02), aponta para um sistema de áreas verdes fragmentadas do cerrado brasileiro. Segundo o Ibram (2018) esses fragmentos ou remanescentes:

“(…) são fundamentais para a manutenção da biodiversidade na região e encontram-se em várias posições da paisagem, distantes entre si, e sofrendo impactos ambientais. Os corredores ecológicos têm sido apontados como uma alternativa para conservação destes remanescentes, promovendo a interligação e minimizando o efeito de isolamento dos fragmentos” (Ibram, 2018, p.1).

Podemos entender que os corredores ecológicos:

“(…) objetivam garantir a manutenção da biodiversidade em grande escala dos processos ecológicos evolutivos, permitir o fluxo genético entre as populações, aumentar as chances de sobrevivência das espécies da fauna e da flora, reduzir a pressão do entorno das unidades de conservação e garantir o processo evolutivo dos ecossistemas regionais em grande escala, facilitando a conectividade entre essas e as áreas naturais” (BRITO, 2 ed, 2012, p.115).E

<sup>7</sup> Termo introduzido pelo geólogo austríaco Eduard Suess (1831-1914) que agrega todos os ambientes do planeta onde a vida ocorre. (Bourscheit & Menegat, 2018).

Dessa forma, a estratégia de corredores não é suficiente para a conservação das espécies (fauna e flora) senão se levar em conta uma abordagem que deverá aliar os corredores e uma rede de áreas protegidas (IBRAM, 2018). Como estratégia complementar aos corredores verdes, podemos considerar as Reservas da Biosfera<sup>7</sup>, um importante instrumento com potencial para que o desenvolvimento sustentável se torne uma realidade para além dos territórios das Áreas Protegidas, pensadas e implantadas como espaços para uma articulação política multissetorial voltada à proteção da diversidade biológica (Bourscheit & Menegat, 2018).

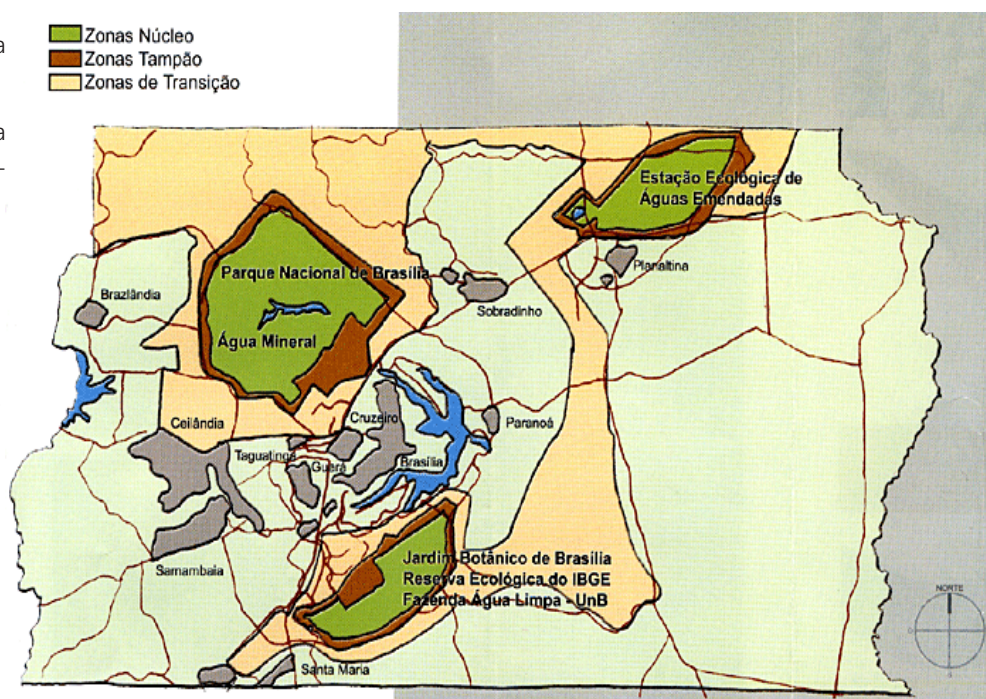
No Brasil, "cada Reserva da Biosfera é uma coleção representativa dos ecossistemas característicos da região onde se estabelece" (MMA, n.d.). A Reserva da Biosfera do Cerrado (RBC) engloba regiões do Distrito Federal (Figura 03) e dos estados de Goiás, Tocantins, Maranhão e Piauí, totalizando aproximadamente 300.000 km<sup>2</sup> (SEMA DF, n.d.).

"A escolha do Distrito Federal como local para instalar a RBC - fase I, baseou-se em suas peculiares condições: significativa biodiversidade do Cerrado, situação político-geográfica, importante acervo de pesquisas científicas, uma área urbana tombada como Patrimônio da Humanidade e nascentes das principais bacias hidrográficas brasileiras. A Reserva da Biosfera do Cerrado no Distrito Federal foi institucionalizada pela Lei nº 742, de 26 de julho de 1994, que definiu o zoneamento e o sistema de gestão. É composta por área núcleo e zonas de amortecimento e de transição, ocupa uma área de aproximadamente 230.000 hectares e alcança cerca de 40% do território do DF (Doyle, 2009, p.17).

**FIGURA 3.** Figura 03 – Reserva da Biosfera do Cerrado, Fase I.

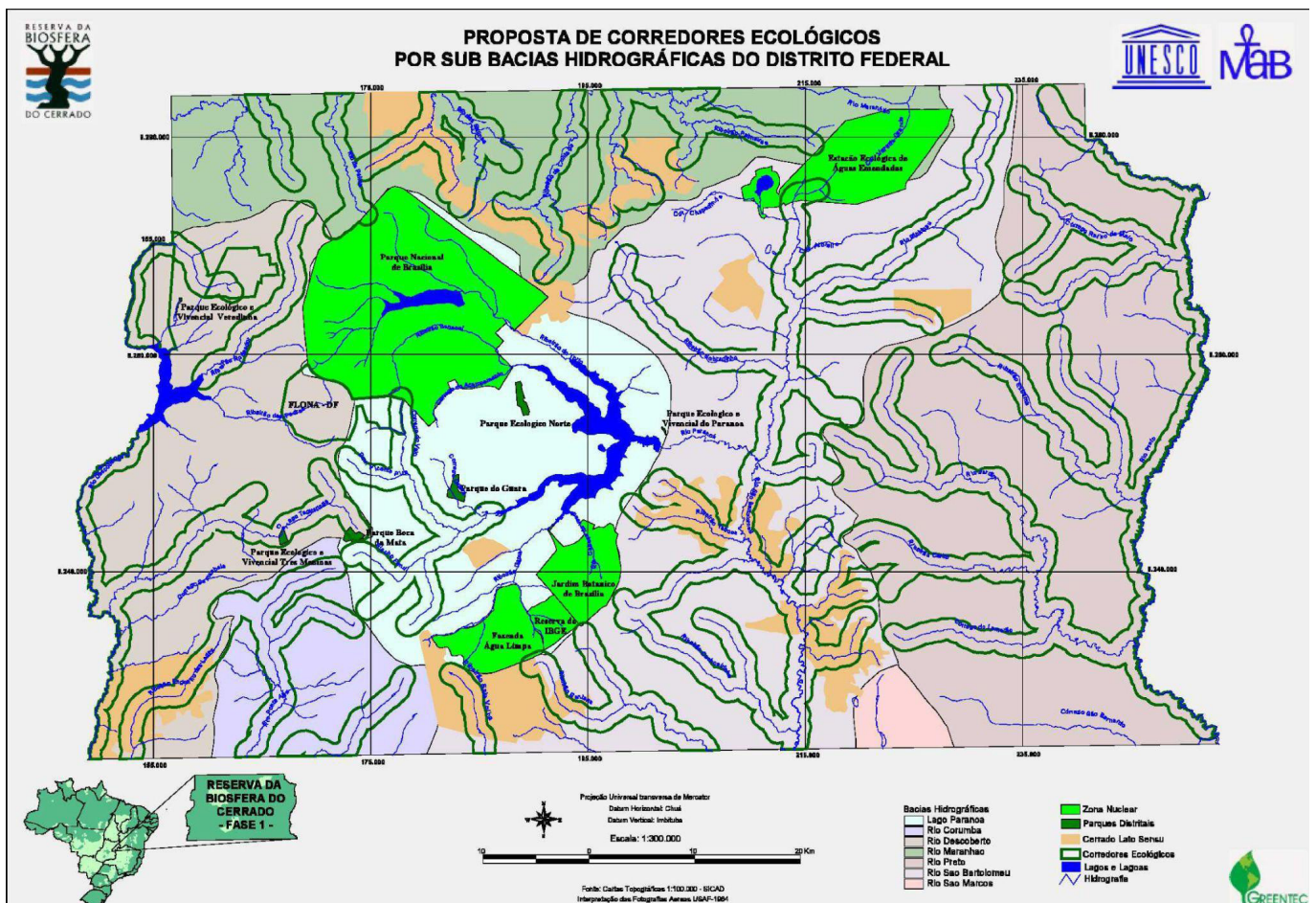
Fonte: Página oficial da internet da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica – RBMA<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://rbma.org.br/n/mab-unesco/as-rbs-do-brasil/>>. Acesso: 18 de jun. 2021.





Em 2002, a UNESCO publicou um estudo sobre a perda significativa da vegetação do cerrado no DF, com o título “Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço” - uma avaliação multitemporal da perda de cobertura vegetal no DF e da diversidade florística da reserva da biosfera do cerrado - fase I, no DF. Segundo o estudo, 44 anos após o início da sua ocupação, o Distrito Federal perdeu 57.65% da sua cobertura vegetal original (UNESCO, 2002). Após apresentar dados preocupantes sobre a preservação do bioma do cerrado, o estudo propôs áreas prioritárias para constituírem corredores (Figura 04) para assegurar o fluxo gênico entre as reservas e funcionar como tamponamento aos impactos no entorno das mesmas, assim como orientações para recuperação de áreas degradadas (IBRAM, 2018).



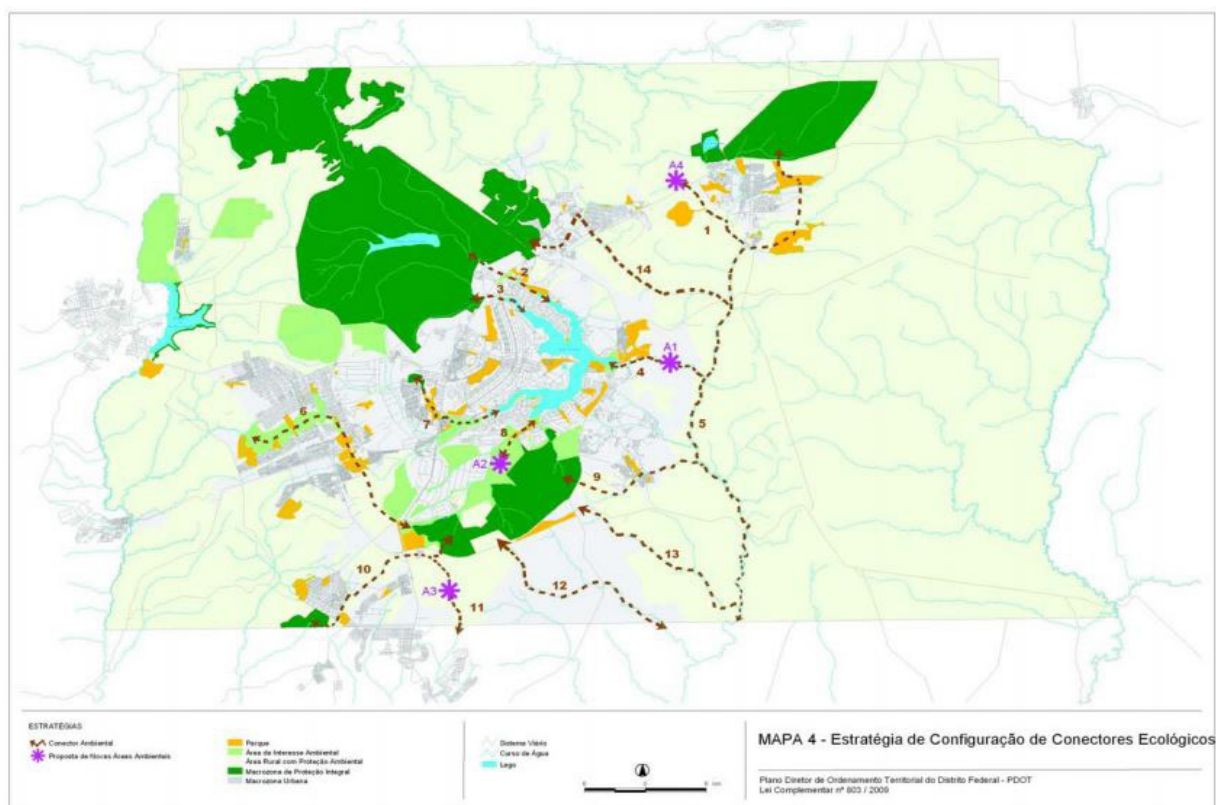
**FIGURA 4.** Proposta de Corredores Ecológicos por Sub-bacias Hidrográficas do Distrito Federal.

Fonte: UNESCO (2002, p.72).

A trama hidrográfica local, assim como a verde, não deixa de apresentar sinais de desgaste e perigo evidente. Um exemplo disso é a crise hídrica enfrentada pelo Distrito Federal entre 2016 e 2017, ocasionada

pelo longo período de estiagem e pela escassez hídrica nos reservatórios, que resultou em uma política de racionamento de água pelo período de um ano (Capodeferro, Smiderle, Oliveira & Diniz, 2018).

Os estudos e propostas apresentados acima auxiliaram o Governo do Distrito Federal e outros órgãos a traçar ações prioritárias para a conservação e manutenção das áreas protegidas e dos corpos hídricos do DF, dentre elas, está o estabelecimento de conectores ambientais (Figura 05), conceito introduzido no plano de Estratégia de Integração Ambiental do Território, reconhecida pelo Plano Diretor de Ordenamento Territorial - PDOT, instituído pela Lei Complementar nº 803, de 25 de Abril de 2009, e que tem como finalidade resgatar a vocação socioambiental de certos espaços de ligação entre ecossistemas. Segundo o plano, os principais agentes conectores são os corpos hídricos do Distrito Federal.



**FIGURA 5.** Estratégia de Configuração de Conectores Ecológicos.

Fonte: Fonte: PDOT (2009)

Podemos destacar o papel importante que a Bacia Podemos destacar o papel importante que a Bacia do Lago Paranoá vem apresentando até aqui. Em todos os mapas apresentados, ela se mostra como peça chave para a conexão da trama verde e azul do Distrito Federal, pois dois dos três núcleos da Reserva da Biosfera do Cerrado, no DF, estão inseridos na bacia, assim como um dos maiores símbolos hídricos da

capital, o Lago Paranoá. Para melhor entender o papel dessa extensão no desenvolvimento sustentável da região, avançamos com a pesquisa considerando seu recorte.

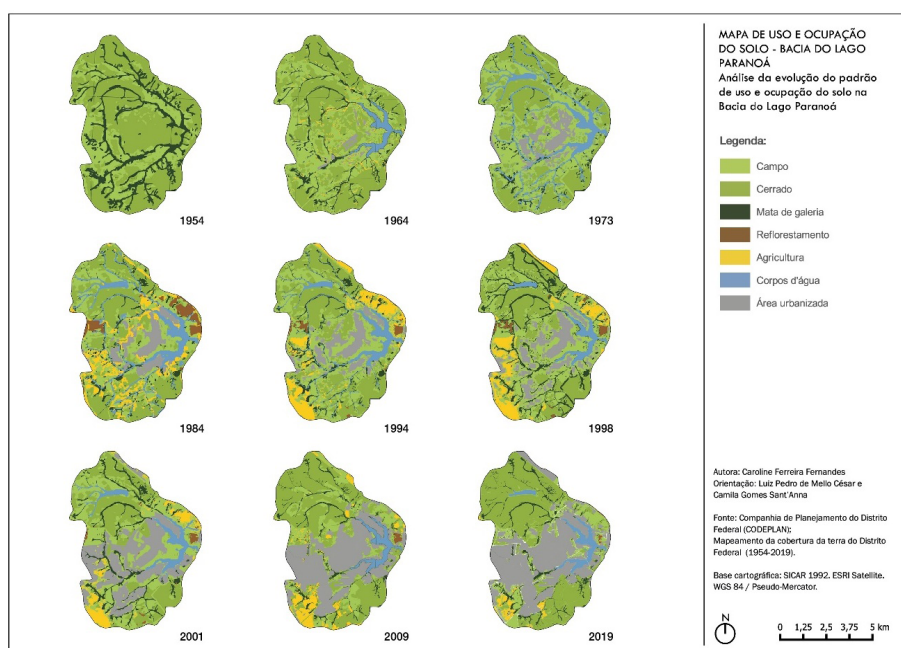
## BACIA DO LAGO PARANOÁ

O Lago Paranoá, importante elemento paisagístico e cultural de Brasília, é um reservatório artificial urbano, formado pelo barramento do rio Paranoá em 1959 (Medeiros, 2008). A Bacia Hidrográfica de Contribuição do Lago Paranoá é delimitada pela linha de cumeada da Estrada Parque Contorno (EPCT, DF-001), o divisor de águas da bacia e a barragem do lago (Menezes et al., 2010), e se localiza na região central do Distrito Federal, correspondendo a 18% do território. A bacia está contida na região hidrográfica do Paraná, região responsável pela maior área drenada do DF (Ferrante, Rancan & Netto, 2001 citado por Costa, 2013) e se subdivide em 5 unidades hidrográficas: Santa Maria/Torto, Bananal, Riacho Fundo, Ribeirão do Gama e Lago Paranoá (Costa, 2013).

A Bacia do Lago Paranoá apresenta um contingente populacional expressivo, visto que nela encontram-se situadas quase que, no seu total, as nove regiões administrativas de Brasília e, em sua íntegra, a parte planejada da capital do país (Fonseca, 2001 citado por Menezes, 2010). O grau de antropismo no Distrito Federal, ao longo dos anos, vem aumentando de forma significativa (Figura 06), tornando esta bacia hidrográfica isolada em um adensamento urbano com áreas verdes mantidas em Unidades de Conservação - UC que não se conectam entre si de forma suficiente para permitir as interações ecossistêmicas.

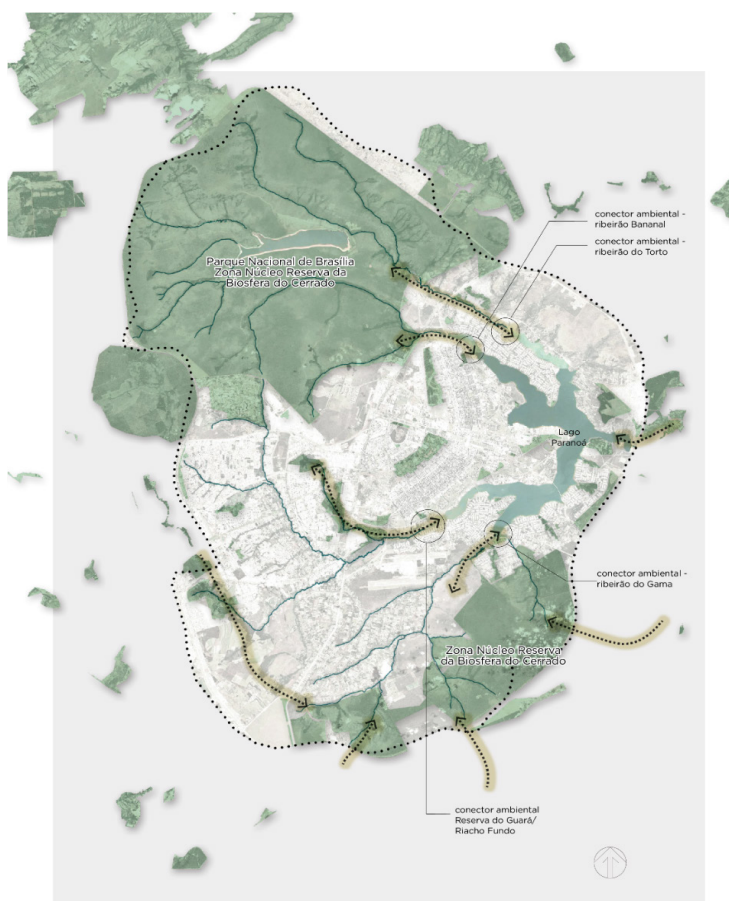
**FIGURA 6.** Análise da evolução do padrão de uso e ocupação do solo na Bacia do Lago Paranoá.

Fonte: Elaborado pelos autores com base na Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN).



A figura acima foi elaborada a partir da sobreposição de duas bases cartográficas: evolução da malha urbana e cobertura vegetal do solo, disponibilizadas pela Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN), com dados atualizados até o ano de 2019. Os resultados, obtidos a partir dessa análise, permitem observar que a urbanização no recorte da bacia tende a se expandir em duas vertentes de crescimento: a Leste e a Oeste, acompanhando a malha viária do Distrito Federal. Os fragmentos vegetais presentes nos limites Norte e Sul da bacia, ainda que pressionados pelo avanço da malha urbana, se mostram resilientes.

Visando tratamento integrado e articulado aos espaços vocacionados para a função socioambiental de conexão de ecossistemas, a proposta de conectores ambientais, elaborada pelo Plano Diretor de Ordenamento Territorial - PDOT, foi traçada sobre os principais corpos hídricos que compõem as unidades hidrográficas da bacia. A maioria dessas conexões interliga os braços norte e sul do Lago Paranoá às Unidades de Conservação de Proteção Integral, como o Parque Nacional de Brasília, considerado uma Zona Núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado, no DF, passando por parques ecológicos e outras Unidades de Conservação (Figura 07).



**FIGURA 7** Unidades de Conservação e Conectores Ambientais da Bacia do Lago Paranoá.

Fonte: Elaborado pelos autores com base na Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH).

Os conectores ambientais têm a finalidade de resgatar a vocação socioambiental de certos espaços de ligação entre ecossistemas (PDOT, 2007). Esses conectores se baseiam em princípios da ecologia da paisagem, sugerindo a criação de redes compostas por fragmentos da natureza e corredores interligados permeando a matriz urbana (Medeiros, 2008). O PDOT (2007) ainda sugere uma “estratégia mais ampla dos corredores ecológicos”:

“Os estudos mais aprofundados sobre os ecossistemas estão indicados como uma das ações necessárias à implementação da estratégia, e que, certamente, viriam demonstrar como estas áreas poderiam ser incluídas, ou não, na estratégia mais ampla dos corredores ecológicos . . . . A indicação de conectores no PDOT não pretende esgotar todas as possibilidades de conexão entre ecossistemas no território do Distrito Federal. Foram estabelecidas as conexões mais evidentes e com maior possibilidade de gestão integrada. Privilegia-se, de fato, a potencialidade que os espaços oferecem em termos da função socioambiental de conexão de ecossistemas” (PDOT, 2007, p. 279-280).

Do ponto de vista do seu sistema hidrológico, a bacia apresenta uma conformação geológica denominada de domo estrutural de Brasília, que faz com que a sua rede de drenagem tenha uma conformação circular e concêntrica, o que garante uma proteção natural dos seus ecossistemas, quase como um nicho. As nascentes dos córregos Bananal e Vicente Pires quase se tocam devido a essa configuração. Uma característica interessante do seu padrão superficial de drenagem é o sentido de escoamento de Oeste para Leste. Dessa forma, a localização do Lago Paranoá determina que tudo que ocorre na bacia de drenagem tende a precipitar-se para ele, ou seja, o lago pode ser considerado como indicador ou “termômetro ambiental” da bacia (Menezes, 2010).

Pode-se também, através de uma análise das informações da figura 07, observar que o Lago Paranoá tem potencial para servir como núcleo irradiador de conexões funcionais entre as áreas verdes do DF por meio de um sistema de corredores ripários. Além de contar com a contribuição de seus principais afluentes, Ribeirão do Torto, Ribeirão do Gama, Ribeirão Riacho Fundo e Ribeirão Bananal, o Lago recebe águas de córregos menores e drenagens pluviais urbanas.

## DIRETRIZES PARA A ESCALA MACRO

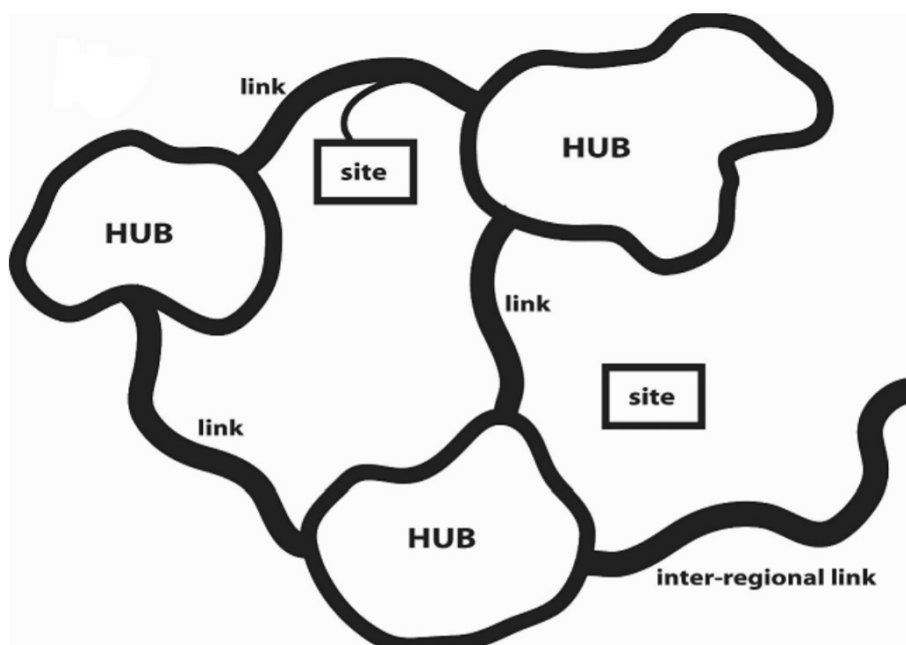
A partir da análise sobre a dinâmica das áreas verdes e azuis inseridas no Distrito Federal e posteriormente pelo recorte sobre a Bacia do Lago Paranoá, foi feito um levantamento das unidades de conservação localizadas dentro desse recorte, dos corpos hídricos presentes e dos demais espaços livres<sup>9</sup> que possuem potencial para que,

<sup>9</sup> Consideram-se os espaços livres como uma das principais infraestruturas urbanas, pois neles e por eles grande parte da vida cotidiana tem lugar, assim como são um dos principais palcos dos conflitos e acordos da sociedade. O espaço público, a rua em especial, tem papel estruturador na constituição da forma urbana, pois reflete as formas de mobilidade, acessibilidade e circulação, parcelamento e propriedade da terra urbana (Macedo et. al, 2012, p. 143)

através de uma intervenção projetual, se tornem zonas verdes provedoras de serviços ecossistêmicos, recreativo e paisagístico, como praças, parques e vias.

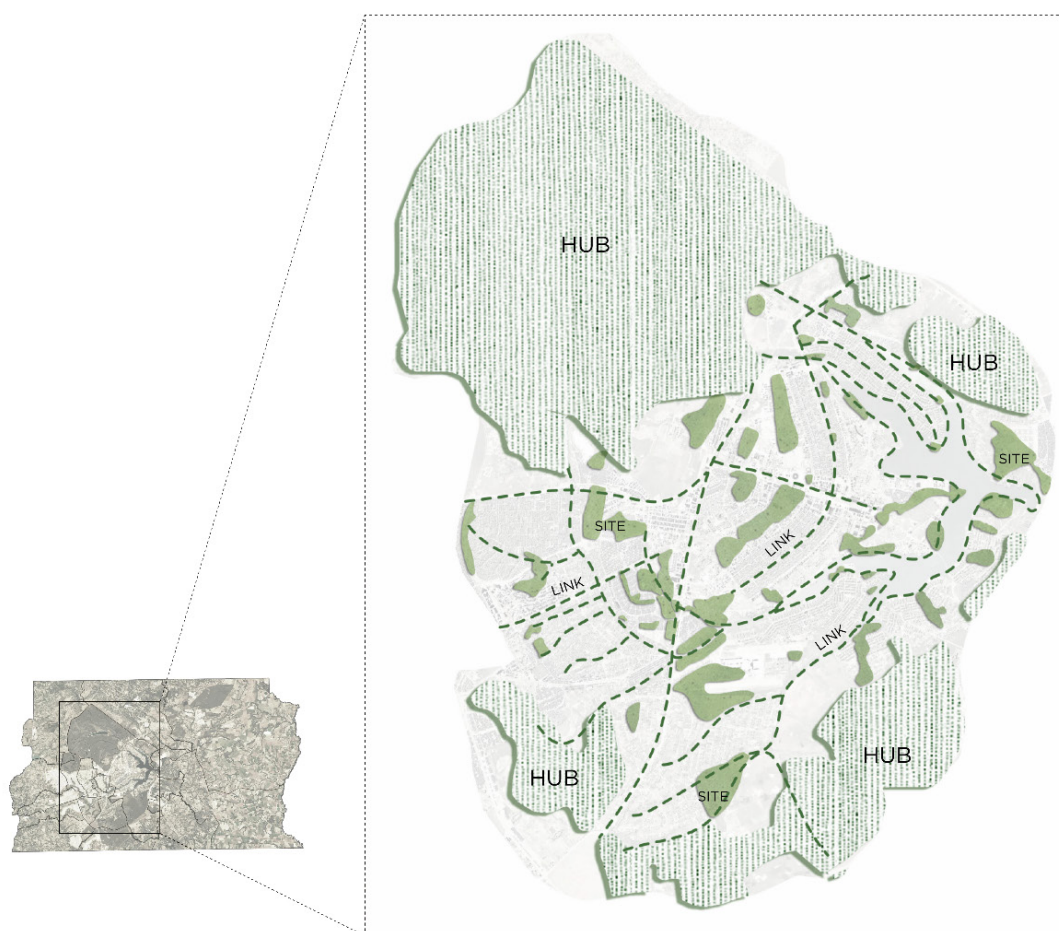
O resultado desse levantamento favoreceu uma proposta guiada pelo princípio da conectividade da infraestrutura verde (Figura 08) que promove “a relação entre a estrutura espacial e as funções e os processos ecológicos” (Breuste et. al., 2008 citado por Lovell & Taylor, 2013) da paisagem, que é construída por um sistema verde conectado, composto por lugares-sites (patch), conexão -links e nós -hubs (chamados também como cores ou matriz), interligando o ecossistema e a paisagem natural e antrópica (Firehock, 2012 citado por Santanna, 2020).

Esse sistema promove a conectividade ecológica não apenas articulando a rede verde física, como também as suas diferentes funções ecológicas (Hansen & Pauleit, 2014 citado por Santanna, 2020). Compreende um sistema de corredores verdes, corredores ripários e passeios verdejados (links), que se conectam a áreas verdes, como praças, parques e bosques (sites), e a áreas de refúgio e habitat para a vida silvestre, como áreas de proteção integral (hubs). Os sites funcionam, muitas vezes, como trampolins ecológicos (stepstones), os quais são vitais, uma vez que permitem a mobilidade das espécies na paisagem, funcionando como pontos de parada, pois eles não conseguiriam sozinhos ser habitat das espécies (Firehock, 2012 citado por Santanna, 2020).



**FIGURA 8.** Rede de Infraestrutura verde que conecta ecossistemas e paisagens em um sistema de hub, links e sites. Fonte: Benedict & McMahon (2006).

Em conformidade com o princípio da conectividade, um sistema de hubs, links e sites foi proposto para a interligar ecossistemas e paisagens, dentro do recorte da bacia, buscando favorecer uma maior resiliência ecológica e proporcionar, ainda, benefícios sociais e econômicos para a região (Figura 09).



**FIGURA 9.** Levantamento das áreas verdes segundo o princípio da conectividade. Fonte: elaborado pelos autores a partir de base do Google Earth, 2021.

O levantamento acima identifica áreas residuais, parques, praças e áreas de preservação existentes e aponta o potencial ecológico dessas áreas. Em seguida, apresenta vias expressas e corpos hídricos como potenciais conectores do mosaico de paisagens, criando assim uma rede de áreas verdes e azuis.

Do ponto de vista social, é positivo associar a revitalização ambiental com o aumento da qualidade de vida da população, uma vez que a recuperação e criação de novas áreas verdes na cidade, assim como a conexão dessas áreas através de corredores ecológicos, proporcionam espaços de lazer e descanso ao ar livre, que permitem um maior contato do homem com a natureza, ao mesmo tempo que podem mitigar

<sup>10</sup> Termo utilizado recentemente com o intuito de explicar o processo de expulsão de moradores em áreas economicamente fragilizadas devido à supervalorização imobiliária decorrente de uma requalificação ambiental (Santanna, 2020, p.286).

os efeitos negativos das mudanças climáticas, como ilhas de calor e alagamentos.

No entanto, ainda que a requalificação ambiental, através da criação de parques e áreas verdes inseridos na malha urbana, apresente inúmeros benefícios para a cidade e sua população, é necessário que essas ações venham acompanhadas de instrumentos sociais para garantir o direito à cidade para a população mais vulnerável. Esse cuidado se baseia na premissa de que em áreas de maior fragilidade econômica e social pode haver um processo de gentrificação verde<sup>10</sup> decorrente da revitalização implementada.

No caso da Bacia do Lago Paranoá, segundo a pesquisa realizada em 2018 pelo Instituto de Estudos Socioeconômicos (Inesc) intitulada “Mapa das Desigualdades 2019”, há três Regiões Administrativas que apresentam maior desigualdade social em relação às outras no mesmo limite. São elas: Vicente Pires, Riacho Fundo e Riacho Fundo II, localizadas no extremo Leste do limite da bacia. Tais áreas foram ocupadas, inicialmente, de maneira irregular e apresentam discrepâncias de infraestrutura urbana em relação às outras RAs.

Vale ressaltar que, apesar do estudo considerar que as áreas de maior fragilidade econômica relacionada à questão ambiental no DF estejam localizadas para além dos limites da bacia, deve-se ter o cuidado de apresentar uma gestão integrada de implementação dessa malha verde e azul para garantir que esse processo não comprometa o direito de moradia e acesso às benfeitorias que a proposta ambiciona. Portanto sugere-se um olhar acurado sob esta perspectiva para que, através de políticas públicas elaboradas ainda na concepção do projeto, a população mais suscetível seja amparada.

Por fim, o desenvolvimento de um sistema de hubs, links e sites exemplificado nesta seção contribuiu para a elaboração de requisitos e diretrizes para uma Infraestrutura Verde Urbana na Bacia do Lago Paranoá, que teve como objetivo potencializar os processos naturais e socioculturais e desencadear um olhar sistêmico sobre a região e o Distrito Federal.

## **INFRAESTRUTURA VERDE URBANA PARA A BACIA**

Após as análises de mapas e informações relacionadas ao sistema da Bacia do Lago Paranoá, propõe-se uma rede de espaços verdes e azuis por todo esse recorte (Figura 11), no intuito de conceber um Sistema de Infraestrutura Verde Urbana que visa o aumento da oferta de serviços ecossistêmicos<sup>11</sup> prestados pela natureza e pelos processos naturais, dentro do Distrito Federal.

<sup>11</sup> “São ‘os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas’ (Millennium Ecosystem Assessment, 2005, p. 23), a partir do estoque de ativos naturais” (Santanna, 2020, p.116).



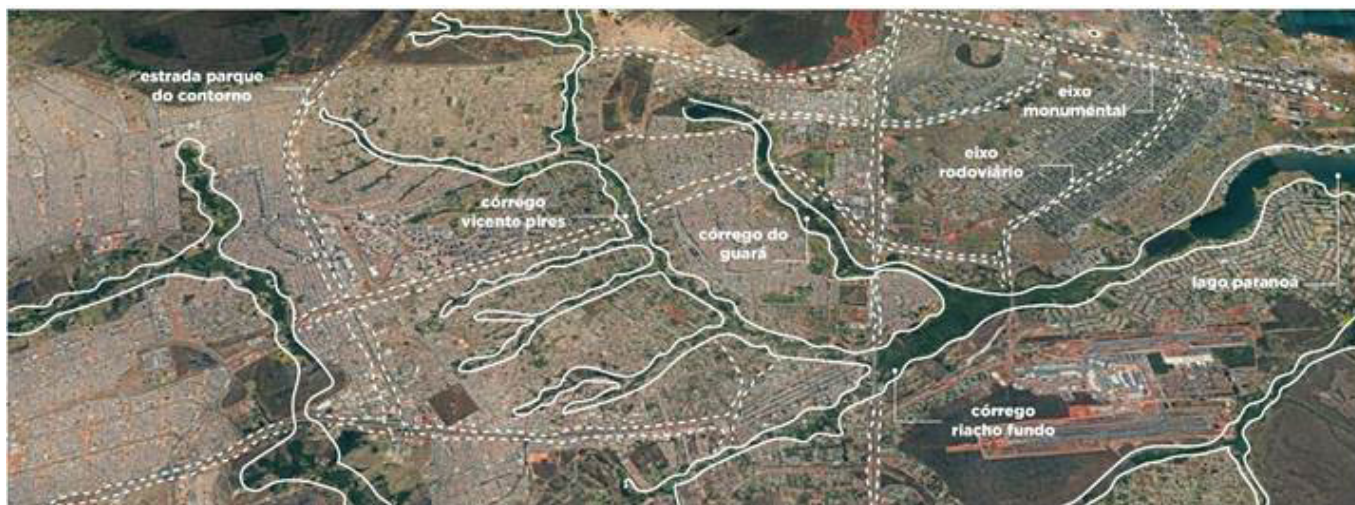
Essa infraestrutura urbana busca a melhoria e o aprimoramento desses serviços. O sistema inclui também a oferta de espaços verdes urbanos trabalhados paisagisticamente (vias arborizadas, parques, jardins, hortas comunitárias, etc.), e outros elementos seminaturais ou artificiais (tetos verdes, fachadas verdes, jardins de chuva...). A proposta incorpora novas formas e designs que emulam processos naturais, buscando melhorar a capacidade biológica urbana (CEA, 2014).

A proposta incorpora ainda, o entendimento de que a cada espaço ou elemento conectado pela rede, é atribuída uma funcionalidade ecossistêmica própria dentro do conjunto. Essa funcionalidade foi determinada pelo princípio da conectividade, mencionado anteriormente, e foi dividida em três categorias, são elas:

1. Corredores verdes e ripários: a partir do estudo do sistema hídrico e da análise das principais vias que cortam a região demarcada, propõe-se a criação de corredores verdes associados a malha viária do DF e corredores ripários a partir da indicação dos conectores ambientais na região (Figura 10) pelo PDOT. Esses corredores funcionam como ponte de conexão entre as demais áreas verdes incorporadas, costurando toda a trama proposta (links).

**FIGURA 10.** Representação de conectividade através dos corredores verdes e ripários.

Fonte: Elaborado pelos autores tendo como base imagens do Google Earth.



2. Unidades de Conservação e novas áreas verdes: às Unidades de Conservação de Uso Sustentável e de Proteção integral que se inserem na malha urbana densa do DF, no limite da Bacia Hidrográfica do Paranoá, foram adicionadas novas áreas verdes, distribuídas pela região, que demonstraram grande potencial ecossistêmico. Esse conjunto de áreas formado por parques ecológicos, praças, parques urbanos, áreas verdes residuais e espaços livres não edificadas, tem o papel de servir como ponto de parada na transição entre as espécies e integração entre o homem e o meio ambiente. (sites)

<sup>12</sup> O cinturão verde, conhecido em língua inglesa como greenbelt, surge no século XIX, no contexto do movimento das cidades-jardim desenvolvido pelo teórico Ebenezer Howard, com a perspectiva econômica e agrícola de fazer a transição entre o meio urbano e rural e que hoje se expande para os seus valores recreacionais e de lazer (Santanna, 2020, p.91).

3. Zonas núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado: propõe-se a adição de duas novas zonas núcleo à Reserva de Biosfera do Cerrado, fase I. A criação destas novas zonas, localizadas nas pontas leste e oeste, estabelece um cinturão verde<sup>12</sup> ao redor dos limites da bacia, com o objetivo de conter o avanço desordenado da malha urbana e proteger a biodiversidade do cerrado, promovendo a resiliência do bioma. (Hubs)



**FIGURA 11.** Proposta de um Sistema de Infraestrutura Verde para a Bacia do Lago Paranoá. Fonte: Elaborado pelos autores tendo como base o Google Earth.

Dessa forma, a proposta do Sistema de Infraestrutura Verde, tem como principais objetivos:

1. Promover a sensibilização sobre a relação natureza-biodiversidade e sociedade, principalmente sobre os bens e serviços ecossistêmicos no Cerrado;
2. Criar ambientes que favoreçam a saúde, o bem-estar coletivo e a habitabilidade geral da cidade;
3. Potencializar a biodiversidade na Bacia do Lago Paranoá, de forma a mitigar os impactos causados pelo processo de urbanização das Regiões Administrativas - RAs, implementando a conectividade espacial e funcional entre os espaços verdes urbanos e periféricos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

<sup>13</sup> "do Cerrado" termo cunhado pelo historiador goiano Paulo Bertran (1948) e pelo fotógrafo Rui Faquini (1943).

O estudo apresenta um sistema de Infraestrutura Verde como uma ferramenta capaz de nortear o planejamento da Paisagem Cerratense<sup>13</sup> do Distrito Federal. A partir das características da bacia hidrográfica, indica caminhos para o desenvolvimento urbano em consonância com a capacidade ambiental do território. A aplicação conceitual de um Sistema de Infraestrutura Verde na Bacia do Lago Paranoá, dentro de uma dinâmica integrada do planejamento urbano e ambiental, salienta o importante papel das Soluções baseadas na Natureza - SbN como forma de promover o desenvolvimento sustentável das cidades.

As análises feitas sobre a Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá demonstraram o potencial para a aplicação dos dispositivos de Infraestrutura Verde e outras SbN. Acredita-se, a partir dessas leituras, que a implementação dessas soluções, como as propostas neste estudo, se adotadas de imediato, são capazes de mitigar os processos nocivos causados nos últimos anos pela ocupação do território e ainda preservar os recursos naturais da bacia.

As propostas aqui apresentadas se deparam com limitações de dados, os quais foram coletados a partir de estudos genéricos sobre os assuntos abordados e se aplicam a uma escala macro, devendo servir como requisitos e diretrizes para estudos mais aprofundados sobre soluções locais, que atestem também outras metodologias e consigam avançar a nível de detalhe.

A criação de propostas e ações promovidas pelo governo para a conservação e manutenção das áreas protegidas e dos corpos hídricos do DF, como a criação das Reservas da Biosfera do Cerrado e o estabelecimento de conectores ambientais, estimula também outros projetos complementares e demonstra a importância do bioma do Cerrado e seu papel no desenvolvimento das cidades.

Ressalta-se que as intervenções propostas dependem de estudos mais avançados para serem de fato colocadas em prática e devem contar com a participação e fiscalização da população local, no sentido de exigir equidade social como premissa principal para os desdobramentos futuros. O interesse e trabalho em conjunto dos administradores das Regiões Administrativas do DF, dos governantes, pesquisadores e profissionais também fortalece a implementação dessa rede interligada de infraestrutura verde.

Este estudo pretende, ainda, sedimentar uma base referencial para que propostas e pesquisas relacionadas ao tema possam avançar a nível de detalhe, focadas em casos específicos e identificados como críticos dentro da bacia, requerendo uma análise de cunho local. Entre as questões identificadas como potenciais objetos de estudo estão as apropriações das APPs, em particular aquelas às margens do Lago Paranoá e, principalmente, a análise e o desenho ambiental das Unidades de Conservação imersas no meio urbano, tais como o Parque Ezechias Heringer, Parque Canjerana, Parque Bernardo Saião, dentre outras áreas não definidas como parque, mas que possuem relevância ecológica

## REFERÊNCIAS

- Acselrad, H., Campello, C., & Bezerra, G. (2009). *O que é Justiça Ambiental* (1a ed). Rio de Janeiro, RJ: Garamond.
- Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. (2014). *La Infraestructura Verde Urbana de Vitoria-Gasteiz: Documento de Propuesta*. Recuperado de [www.vitoria-gasteiz.org/cea](http://www.vitoria-gasteiz.org/cea)
- Benedict, M. A., & McMahon, E. (2006). *Green infrastructure: linking landscapes and communities*. Washington, DC: Island Press.
- Bonzi, R. S. (2015). O zoneamento ambiental geomorfológico como método para planejar a infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas. *Revista Labverde*, 1(10), 104-132. doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v1i10p104-132>
- Bourscheit, A., & Menegat, R. (2018). Reserva da Biosfera do Cerrado no Distrito Federal: zona de ação pela sustentabilidade. *Ciência & Trópico*, 42(2), 29-52. doi: [https://doi.org/10.33148/CeTROPICO2526-9372.2018v42n2\(1707\)29-52p](https://doi.org/10.33148/CeTROPICO2526-9372.2018v42n2(1707)29-52p)
- Brito, F. (2006) *Corredores ecológicos: uma estratégia integradora na gestão de ecossistemas* (7a ed). Florianópolis, SC: Editora UFSC.
- Capodeferro, M., Smiderle, J. J., Oliveira, L. A. D., & Diniz, D. T, L. (2018). Mecanismos adotados pelo Distrito Federal no combate à crise hídrica. Trabalho apresentado no XXXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental. Guayaquil, Equador.
- Caramori, I. (2019). DF: regiões mais pobres sofrem com tudo, até com a falta de árvores. *Jornal Metrópoles*. Recuperado de: <https://www.metropoles.com/distrito-federal/economia-df/df-regioes-mais-pobres-sofrem-com-tudo-ate-com-falta-de-arvore>

- Coelho, J. M. (2012). *Evolução Urbana em Brasília entre 2000 e 2010 - aspectos socioeconômicos, morfológicos e ambientais da segregação socioespacial*. Dissertação de Mestrado. Brasília, DF: Universidade de Brasília.
- Costa, M. E. L (2013). *Monitoramento e modelagem das águas da drenagem urbana na bacia do lago Paranoá*. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-148/2013, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Doyle, P. M. M. C. (2009). *Reserva de Biosfera do Cerrado no Distrito Federal*. Brasília: Instituto Brasília Ambiental, Governo do Distrito Federal. p. 15-23.
- Ferrante, J.E.T., Rancan, L., & Netto, P.B. (2001). *Meio Físico In: Fonseca, F. O. Olhares sobre o Lago Paranoá, Brasília - DF: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, SEMARH 2001, 1ª edição*.
- Ferrer, G. G., & Negro, G. D. (2011). *Unidades de conservação ambiental da bacia do Lago Paranoá*. *Revista dos Estudantes de Direito da UnB*, (10), 365-399. Recuperado de <https://periodicos.unb.br/index.php/redunb/article/view/20310>
- Firehock, K. (2012). *Strategic green infrastructure planning: a multi-scale approach*. Washington, DC: Island Press.
- Fonseca, F. O. (2001). *Olhares sobre o Lago Paranoá*. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMARH, Brasília-DF. 425 p.
- Forman, R., & Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. Nova York, NY: John Wiley & Sons.
- GEO LÓGICA Consultoria Ambiental. (2009). *Diagnóstico Ambiental - PEEH*, 141. Brasília, DF.
- Gould, K. A., & Lewis, T. L. (2016). *Green Gentrification: Urban sustainability and the struggle for environmental justice*. Routledge.
- Governo do Distrito Federal (GDF). *Sobre Brasília*. Geografia. Recuperado de <http://www.df.gov.br/333/>
- Hansen, R., & Pauleit, S. (2014). *From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual Framework for multifunctionality in green infrastructure planning for Urban Areas*. *Ambio*, 4(43), 516-29. Recuperado de: [https://www.academia.edu/18650104/From\\_Multifunctionality\\_to\\_Multiple\\_Ecosystem\\_Services\\_A\\_Conceptual\\_Framework\\_for\\_Multifunctionality\\_in\\_Green\\_Infrastructure\\_Planning\\_for\\_Urban\\_Areas](https://www.academia.edu/18650104/From_Multifunctionality_to_Multiple_Ecosystem_Services_A_Conceptual_Framework_for_Multifunctionality_in_Green_Infrastructure_Planning_for_Urban_Areas)
- Herzog, C. P., & Rosa, L. Z. (2010). *Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana*. *Revista LabVerde*, (1), 6. São Paulo, SP.
- IBRAM - Instituto Brasília Ambiental. (2019). *Unidades de Conservação*. Brasília Ambiental. Governo do Distrito Federal (GDF). Recuperado de: <http://www.ibram.df.gov.br/unidades-de-conservacao/>
- IBRAM - Instituto Brasília Ambiental. (2018). *Corredores ecológicos para o Distrito Federal*. Governo do Distrito Federal (GDF). Superintendência de Gestão de Áreas Protegidas, 1-4.
- ICMBIO. (2012). *Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Planalto Central - Brasília Encarte 1 - Contextualização da Unidade de Conservação: MMA, ICMBIO, APA do Planalto Central*.

- INESC - Instituto de Estudos Socioeconômicos. (2019). Mapa das Desigualdades. Recuperado de: <https://www.inesc.org.br/mapa-das-desigualdades-2019/>
- Jucá, J. M. (2007). Princípios da cidade-parque: categoria urbana concebida no Plano Piloto de Brasília. *Vitruvius*. Recuperado de: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/10.113/1824>
- Lauande, F. (2007). O projeto para o Plano-piloto e o pensamento de Lúcio Costa. *Vitruvius*. Recuperado de <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.087/223>
- Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. (2000, 18 de julho). Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC. *Diário Oficial da União, seção 1. Constituição da República Federativa do Brasil*. (2000, 19 de julho). Recuperado de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm)
- Lovell, S., & Taylor, J. (2013). Supplying urban ecosystem services through multifunctional green infrastructure in the United States. *Landscape ecology in review*, (28), 1447-1463.
- Macedo, S. S., Custódio, V., Gallender, F., Queiroga, E., & Robba, F. (2007). Os sistemas de espaços livres e a constituição da esfera pública contemporânea no Brasil. In Terra, Carlos & Andrade, Rubens (org.): *Coleção Paisagens Culturais*, v.3. Rio de Janeiro: EBA-UFRJ, 286-297.
- Machí Castañer, C. (2018). A paisagem como infraestrutura: desempenho da infraestrutura verde na Bacia do Jaguaré como modelo de intervenção nas paisagens da águas da cidade de São Paulo (Tese de doutorado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo). Recuperado de [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16135/tde-15012019-122054/publico/TECARMEMACHICASTANER\\_rev.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16135/tde-15012019-122054/publico/TECARMEMACHICASTANER_rev.pdf)
- Machí Castañer, C., & Marques, T. (2015, 4 de setembro). Plano de infraestrutura verde para o campus da Cidade Universitária. (Departamento de Paisagem e Ambiente, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo). Retirado de [https://issuu.com/labverde/docs/plano\\_iev\\_cuaso](https://issuu.com/labverde/docs/plano_iev_cuaso)
- Magnoli, M. M. (2006). Espaço livre: objeto de trabalho. *Paisagem e Ambiente: Ensaios*, (21), 175-197. doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i21p175-197>
- Medeiros, J. M. M. (2008). Visões de um paisagismo ecológico na orla do Lago Paranoá (Dissertação de mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília). Recuperado de <https://repositorio.unb.br/handle/10482/4880>
- Menezes, P. H. B. J. (2010). Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na bacia do Lago Paranoá (Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília). Recuperado de <https://repositorio.unb.br/handle/10482/8629>
- Menezes, P. H. B. J., Roig, H. L., Almeida, T. de., Neto, G. B. S., & Isaias, F. B. (2012). Análise da evolução do padrão de uso e ocupação do solo na bacia de contribuição do Lago Paranoá - DF. *Estudos Geográficos*, 8(1), 87-105. Recuperado de <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/6314/4867>
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2003). *Millennium Ecosystem Assessment*. Recuperado em: <https://www.millenniumassessment.org/en/Framework.html>. Acesso em 27 julho 2019.

Ministério do Meio Ambiente - MMA. (2021). O bioma Cerrado. Recuperado de <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>

Ministério do Meio Ambiente - MMA. (2021). Reserva da biosfera. Recuperado de <https://antigo.mma.gov.br/biomas/caatinga/reserva-da-biosfera.html>

Oliveira, E., Soares, M., & Bonzi, R. S. (2012). Aplicação do desenho ambiental para a bacia do Córrego das Corujas: potencialidades e limitações na implantação de um parque linear. *Revista Labverde*, 0(4), 31-62. doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i4p31-62>

Oliveira, T. M. G., & Steinke, V. A. (2020). A bacia hidrográfica do Lago Paranoá como geopatrimônio fundante de Brasília, Brasil: unidade de paisagem referência de cultura e sustentabilidade geográfica. *Physis Terrae*, 2(1), 47-62. doi: <https://doi.org/10.21814/physisterrae.2572>

Pellegrino, P. (2000, 10 de dezembro). Pode-se planejar a paisagem?. *Paisagem e Ambiente*, (13). doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i13p159-179>

Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - PDOT. (2007, novembro). Recuperado de [http://www.seduh.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2017/09/proposta\\_integracao\\_ambiental.pdf](http://www.seduh.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2017/09/proposta_integracao_ambiental.pdf)

Sant'Anna, C. G. (2020). A infraestrutura verde e sua contribuição para o desenho da paisagem da cidade (Tese de doutorado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília). Recuperado de <https://repositorio.unb.br/handle/10482/39399>

Santos, J. V. (2017, 3 de abril). Maior ameaça ao Cerrado é considerar sua vegetação nativa um estorvo ao desenvolvimento [Entrevista especial com José Felipe Ribeiro]. *Revista IHU On-Line*. Recuperado de <http://www.ihu.unisinos.br/159-noticias/entrevistas/566362-maior-ameaca-ao-cerrado-e-considerar-sua-vegetacao-nativa-um-estorvo-ao-desenvolvimento-entrevista-especial-com-jose-felipe-ribeiro>

Schlee, M. B., Jara, S. M., Martinez, M. I., & Coelho Netto, A. L. (2018). Effects of urban occupation in rivers morphology: the case study of upper pedras river, in Jacarepaguá District, at the Tijuca massif. *Climate Change Adaptation in Latin America*, 145-166. doi: 10.1007/978-3-319-56946-8\_9

Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal - SEMA. (2021). Reserva da biosfera do Cerrado. Recuperado de <http://www.sema.df.gov.br/reserva-da-biosfera-do-cerrado/>

Torres, P. H. C. (2017). Gentrificação verde, novos debates, abordagens e agendas de luta na cidade contemporânea. *Resenha e-metropolis*, 8(31).

UNESCO. (2000). *Vegetação no Distrito Federal*. Tempo e Espaço (1a ed). Brasília, DF.

UNESCO. (2002) *Vegetação do Distrito Federal*. Tempo e Espaço: Uma avaliação multitemporal da perda de cobertura vegetal no DF e da diversidade florística (2a ed). Brasília, DF.

[org/10.1177/0013916510383238](https://doi.org/10.1177/0013916510383238)

Driessnack, M. (2009). Response to Intervention. *Journal for Specialists in Pediatric Nursing*, 14(3), 73-75. <https://doi.org/10.1598/RT.64.5.10>

Escobedo, F. J., Giannico, V., Jim, C. Y., Sanesi, G., & Lafortezza, R. (2019). Urban Forestry & Urban Greening Urban forests , ecosystem services , green infrastructure

and nature-based solutions : Nexus or evolving metaphors ? □. *Urban Forestry & Urban Greening*, 37(March 2018), 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.02.011>

Foster, J., Lowe, A., & Winkelman, S. (2011). *THE VALUE OF GREEN INFRASTRUCTURE* The Center for Clean Air Policy. The Center for Clean Air Policy. New York.

Fraga, R. G. (2020). *Soluções baseadas na Natureza : elementos para a tradução do conceito às políticas públicas brasileiras*. Universidade de Brasília.

Gilstad-Hayden, K., Wallace, L. R., Carroll-Scott, A., Meyer, S. R., Barbo, S., Murphy-Dunning, C., & Ickovics, J. R. (2015). Research note: Greater tree canopy cover is associated with lower rates of both violent and property crime in New Haven, CT. *Landscape and Urban Planning*, 143, 248-253. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.08.005>

Herzog, C., & Rozado, C. A. (2019). *Diálogo Setorial UE-Brasil sobre soluções baseadas na natureza*. Bruxelas. <https://doi.org/10.2777/698847>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). *Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil : uma primeira aproximação*. Coordenação de Geografia. Retrieved from <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100643.pdf>[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/espacos\\_rurais\\_e\\_urbanos/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/espacos_rurais_e_urbanos/default.shtm)

Instituto Polis. (2021). *E REVISÃO*. Brasília.

Kaplan, R. (1993). The role of nature in the context of the workplace. *Landscape and Urban Planning*, 26(1-4), 193-201. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(93\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0169-2046(93)90016-7)

Lafortezza, R., & Sanesi, G. (2020). Nature-based solutions : Settling the issue of sustainable urbanization. *Environmental Research*, 172(December 2018), 394-398. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.063>

Lima, M. C. P. B. de, & Schenk, L. B. M. (2018). *ESTUDO DE INFRAESTRUTURA VERDE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO MONJOLINHO, SÃO CARLOS, SP*. *Revista LABVERDE*, 9(1), 50. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v9i1p50-72>

Liu, Q., Zhang, Y., Lin, Y., You, D., Zhang, W., Huang, Q., ... Lan, S. (2018). The relationship between self-rated naturalness of university green space and students' restoration and health. *Urban Forestry and Urban Greening*, 34(June), 259-268. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.07.008>

Macedo, S. S., Queiroga, E. F., Galender, F. C., & Degreas, H. (2012). *Os Sistema de Espaços Livres na Constituição da Forma Urbana Contemporanea no Brasil*. *Paisagem Ambiente: Ensaios*, (30), 137-172.

Macedo, L. S. V. de, Picavet, M. E. B., Oliveira, A. P. de, & Shih, W. (2021). Urban green and blue infrastructure : A critical analysis of research on developing countries, 313(June). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127898>

Magnoli, M. M. (2006). O parque no desenho urbano parks and urban design. *Paisagem Ambiente: Ensaios*, 21, 199-214.

Mullaney, J., Lucke, T., & Trueman, S. J. (2015). A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. *Landscape and Urban Planning*, 134, 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.013>

Peres, R. B. (2012). *O Planejamento Regional e Urbano e a Questão Ambiental: Análise da relação entre o Plano de Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré e os Planos*



Diretores Municipais de Araraquara e São Carlos, SP. Universidade Federal de São Carlos.

Peres, R. B., Bongiovanni, L., & Schenk, M. (2021). Planejamento da paisagem e mudanças climáticas : uma abordagem multidisciplinar em São Carlos ( SP ), 24.

Peres, R. B., Silva, S. R. M., & Schenk, L. B. M. (2019). Paisagem urbana, espaços públicos e a gestão territorial em cidades médias paulistas: reflexões a partir de São Carlos, SP, Brasil. *Terr@Plural*, 13(3), 141-164. <https://doi.org/10.5212/TerraPlural.v.13i3.0011>

Rhodes, J. R., Ng, C. F., de Villiers, D. L., Preece, H. J., McAlpine, C. A., & Possingham, H. P. (2011). Using integrated population modelling to quantify the implications of multiple threatening processes for a rapidly declining population. *Biological Conservation*, 144(3), 1081-1088. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.12.027>

Santos, Maria Fernanda Nóbrega Enokibara, M. (2021). INFRAESTRUTURA VERDE : CONCEITOS , TIPOLOGIAS E TERMINOLOGIA NO BRASIL. *Paisagem Ambiente Ensaios*, 32(47), 1-15.

Schenk, L. B. M., Peres, R., & Fantin, M. (2018). Sistema de espaços livres e sua relação com os agentes públicos e privados na produção da forma urbana de São Carlos. In *Quadro geral da forma e do sistema de espaços livres das cidades brasileiras*. FAU/USP. Retrieved from [https://www.dropbox.com/s/7kkcd5gc4a92uy2/LIVRO 3 - Quadro geral da forma e do sistema de espaços livres das cidades brasileiras\\_20-07.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/7kkcd5gc4a92uy2/LIVRO%203-%20Quadro%20geral%20da%20forma%20e%20do%20sistema%20de%20espa%C3%A7os%20livres%20das%20cidades%20brasileiras_20-07.pdf?dl=0) PP - São Paulo

Schutzer, J. G. (2014, June). INFRAESTRUTURA VERDE NO CONTEXTO DA INFRAESTRUTURA AMBIENTAL URBANA E DA GESTÃO DO MEIO AMBIENTE. *Revista LabVerde*, 13-30.

Sposito, E. S. Mercado de trabalho no Brasil e no Estado de São Paulo (0226). In: SPOSITO, Eliseu S.; SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão; SOBARZO, Oscar. (Orgs.) *Cidades médias: produção do espaço urbano e regional*. São Paulo: Expressão Popular. 29-46.

Silva, R. T., & Porto, M. F. do A. (2003). Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. *Estudos Avançados*, 17(47), 129-145.

Townsend, J. B., & Barton, S. (2018). The impact of ancient tree form on modern landscape preferences. *Urban Forestry and Urban Greening*, 34(February), 205-216. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.004>

Trevisan, D. P., Moschini, L. E., & Balzter, H. (2018). *Revista Brasileira de Geografia Física*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(11), 1819-1831.

Troy, A., Morgan Grove, J., & O'Neil-Dunne, J. (2012). The relationship between tree canopy and crime rates across an urban-rural gradient in the greater Baltimore region. *Landscape and Urban Planning*, 106(3), 262-270. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.03.010>

van Dillen, S. M. E., de Vries, S., Groenewegen, P. P., & Spreeuwenberg, P. (2012). Greenspace in urban neighbourhoods and residents' health: Adding quality to quantity. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 66(6), 1-5. <https://doi.org/10.1136/jech.2009.104695>

Viana, S. M. (2013). Percepção e quantificação das árvores na área urbana do município de São Carlos , SP. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz."

- Wolfe, M. K., & Mennis, J. (2012). Does vegetation encourage or suppress urban crime? Evidence from Philadelphia, PA. *Landscape and Urban Planning*, 108(2-4), 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.08.006>
- Zhao, J., Chen, S., Jiang, B., Ren, Y., Wang, H., Vause, J., & Yu, H. (2013). Science of the Total Environment Temporal trend of green space coverage in China and its relationship with urbanization over the last two decades. *Science of the Total Environment*, The, 442, 455-465. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.014>
- Solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: IUCN. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- Cormier, N. S., & Pellegrino, P. R. M. (2008). Infra-Estrutura Verde : Uma Estratégia Paisagística Para a Água Urbana Green Infrastructure : a Natural Systems Approach To Stormwater in. *Paisagem E Ambiente: Ensaios*, 25, 127-142.
- Escobedo, F. J., Giannico, V., Jim, C. Y., Sanesi, G., & Laforteza, R. (2019). Urban Forestry & Urban Greening Urban forests , ecosystem services , green infrastructure and nature-based solutions: Nexus or evolving metaphors?. *Urban Forestry & Urban Greening*, 37(March 2018), 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.02.011>
- Fraga, R. G. (2020). Soluções baseadas na Natureza : elementos para a tradução do conceito às políticas públicas brasileiras. Universidade de Brasília.
- Gilstad-Hayden, K., Wallace, L. R., Carroll-Scott, A., Meyer, S. R., Barbo, S., Murphy-Dunning, C., & Ickovics, J. R. (2015). Research note: Greater tree canopy cover is associated with lower rates of both violent and property crime in New Haven, CT. *Landscape and Urban Planning*, 143, 248-253. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.08.005>
- Herzog, C., & Rozado, C. A. (2019). Diálogo Setorial UE-Brasil sobre soluções baseadas na natureza. Bruxelas. <https://doi.org/10.2777/698847>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil : uma primeira aproximação. Coordenação de Geografia. Retrieved from [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100643.pdf%0Ahttp://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/espacos\\_rurais\\_e\\_urbanos/default.shtm](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100643.pdf%0Ahttp://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/espacos_rurais_e_urbanos/default.shtm)
- IPCC. (2020). Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. (I. P. on C. Change, Ed.). Retrieved from <https://www.ipcc.ch/srccl>
- Laforteza, R., & Sanesi, G. (2020). Nature-based solutions : Settling the issue of sustainable urbanization. *Environmental Research*, 172(December 2018), 394-398. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.063>
- Lima, M. C. P. B. de, & Schenk, L. B. M. (2018). ESTUDO DE INFRAESTRUTURA VERDE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO MONJOLINHO, SÃO CARLOS, SP. *Revista LABVERDE*, 9(1), 50. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v9i1p50-72>
- Liu, Q., Zhang, Y., Lin, Y., You, D., Zhang, W., Huang, Q., ... Lan, S. (2018). The relationship between self-rated naturalness of university green space and students' restoration and health. *Urban Forestry and Urban Greening*, 34(June), 259-268. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.07.008>
- Macedo, S. S., Queiroga, E. F., Galender, F. C., & Degreas, H. (2012). Os Sistema de Espaços Livres na Constituição da Forma Urbana Contemporanea no Brasil. *Paisagem Ambiente: Ensaios*, (30), 137-172.

Macedo, L. S. V. de, Picavet, M. E. B., Oliveira, A. P. de, & Shih, W. (2021). Urban green and blue infrastructure : A critical analysis of research on developing countries, 313(June). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127898>

Magnoli, M. M. (2006). O parque no desenho urbano parks and urban design. *Paisagem Ambiente: Ensaios*, 21, 199-214.

Mcharg, I. (2020). *Proyectar con la naturaleza*. Traduzido da edição de 1992. Barcelona: G. Gili.

Mullaney, J., Lucke, T., & Trueman, S. J. (2015). A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. *Landscape and Urban Planning*, 134, 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.013>

Peres, R. B. (2012). O Planejamento Regional e Urbano e a Questão Ambiental: Análise da relação entre o Plano de Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré e os Planos Diretores Municipais de Araraquara e São Carlos, SP. Universidade Federal de São Carlos.

Peres, R. B., Bongiovanni, L., & Schenk, M. (2021). Planejamento da paisagem e mudanças climáticas : uma abordagem multidisciplinar em São Carlos ( SP ), 24.

Peres, R. B., Silva, S. R. M., & Schenk, L. B. M. (2019). Paisagem urbana, espaços públicos e a gestão territorial em cidades médias paulistas: reflexões a partir de São Carlos, SP, Brasil. *Terr@Plural*, 13(3), 141-164. <https://doi.org/10.5212/TerraPlural.v.13i3.0011>

Santos, Maria Fernanda Nóbrega dos Enokibara, S. M. (2021). INFRAESTRUTURA VERDE : CONCEITOS , TIPOLOGIAS E TERMINOLOGIA NO BRASIL Maria Fernanda Nóbrega dos Santos. *Paisagem Ambiente Ensaios*, 32(47), 1-15.

Schenk, L. B. M., Peres, R., & Fantin, M. (2018). Sistema de espaços livres e sua relação com os agentes públicos e privados na produção da forma urbana de São Carlos. In *Quadro geral da forma e do sistema de espaços livres das cidades brasileiras*. FAU/USP. Retrieved from [https://www.dropbox.com/s/7kkcd5gc4a92uy2/LIVRO 3 - Quadro geral da forma e do sistema de espaços livres das cidades brasileiras\\_20-07.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/7kkcd5gc4a92uy2/LIVRO%203-Quadro%20geral%20da%20forma%20e%20do%20sistema%20de%20espa%C3%A7os%20livres%20das%20cidades%20brasileiras_20-07.pdf?dl=0) PP - São Paulo

Spirn, A. W. (1995). *O Jardim de Granito*. São Paulo: Edusp.

Townsend, J. B., & Barton, S. (2018). The impact of ancient tree form on modern landscape preferences. *Urban Forestry and Urban Greening*, 34(February), 205-216. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.004>

TREE CITIES OF THE WORLD (2021). Disponível em: <https://treecitiesoftheworld.org/tree-cities.cfm?chosen=BRA>. Acessado em 07. Ago. 2021

Trevisan, D. P., Moschini, L. E., & Balzter, H. (2018). *Revista Brasileira de Geografia Física*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(11), 1819-1831.

Viana, S. M. (2013). Percepção e quantificação das árvores na área urbana do município de São Carlos , SP. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz."

Zhao, J., Chen, S., Jiang, B., Ren, Y., Wang, H., Vause, J., & Yu, H. (2013). Science of the Total Environment Temporal trend of green space coverage in China and its relationship with urbanization over the last two decades. *Science of the Total Environment*, The, 442, 455-465. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.014>

### **Caroline Ferreira Fernandes**

Arquiteta e Urbanista pela Universidade de Brasília (2020). Atualmente trabalha como arquiteta paisagista no desenvolvimento de projetos urbanos e paisagísticos, através de Soluções baseadas na Natureza, no Rio de Janeiro. e-mail: ffernandes.caroline@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4529-1310>

### **Luiz Pedro de Mello César**

Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal do Ceará (1992), Msc Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília (1997) e Doutor em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade de Brasília (2003). É professor adjunto IV da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, onde é ligado ao quadro docente desde 1995. Pesquisador da PISAC/PCTEC da Unb e ministra disciplinas de paisagismo e urbanismo.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3367-4170>

### **Camila Gomes Sant'Anna**

Arquiteta e Urbanista pela Universidade de São Paulo (2007). Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília. Mestre em Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (2013). Mestrado em Théories et Démarches du Projet de Paysage pela École Nationale Supérieure d' Architecture de Versailles, ENSPV, França (2009). Em Geografia Humana pela Université Paris Diderot. Mestre em Urbanismo pela UFRJ (2013). Professora de Teorias e Projeto da Paisagem Urbana do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Goiás.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3777-5005>

**Recebido em:** 09/08/2021.

**Aceito em:** 03/11/2021.

# DISSEMINAÇÃO DE IDEIAS DE SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA: UMA ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO PARQUE ORLA DE PIRATININGA, NITERÓI (RJ)

Leticia Domingos Vellozo  
Leticia Costa de Oliveira Santos  
Niklas Werner Weins

## RESUMO

No processo de colocar em prática as Soluções baseadas na Natureza (SbN) no nível local, as definições e conjuntos de ferramentas se difundem entre lugares em escala global. Healey (2012) afirma que ideias "viajantes" são muito moldadas por seus locais de origem e pelos canais pelos quais viajam, mas que a história completa só é contada quando se olha para o que acontece quando a ideia "pousa". Baseado no marco teórico sobre comunidades epistêmicas de Haas (1992) e adotando as categorias de análise sobre a transferência de política de Stone et al. (2020), esta pesquisa visa delimitar os principais atores e respectivas comunidades envolvidas na implementação de SbN. Para isso, o presente artigo traz uma análise a partir do caso do Parque Orla de Piratininga, em Niterói (RJ), apresentado como um dos primeiros projetos no Brasil que acionam SbN de forma explícita. O objetivo é traçar o uso desse termo, documentando os envolvidos direta ou indiretamente em sua implementação para analisar seu posicionamento nos arranjos internacionais e locais que favorecem sua entrada e a disseminação. Conduzimos uma análise de documentos relevantes à implementação do parque de modo a identificar os atores e outros documentos relevantes. Concluímos que para a aterrissagem da ideia é tão fundamental ter um contexto local favorável, quanto atravessamento de diferentes escalas. Estes podem ser organizações transnacionais, que pautam agendas, ou indivíduos que atuam em várias arenas. Além disso, o momento de adoção do termo SbN no nosso estudo de caso é posterior ao momento da adoção da técnica, o que sugere que há uma dinâmica de alinhamento entre os envolvidos e as técnicas já aplicadas no local, em diálogo com diretrizes de políticas globais, transformando o vocabulário técnico. Finalmente, a transferência da ideia de SbN tanto depende de uma rede de atores quanto a fortalece.

**Palavras-chave:** Comunidades epistêmicas, Cidade, Adaptação, Atores, Disseminação de conceitos de planejamento.



# DIFUSIÓN DE IDEAS DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA: UN ANÁLISIS DE LA IMPLANTACIÓN DEL PARQUE ORLA DE PIRATININGA, NITERÓI (RJ)

Leticia Domingos Vellozo  
Leticia Costa de Oliveira Santos  
Niklas Werner Weins

## RESUMEN

*En el proceso de poner en práctica las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) a nivel local, definiciones y prácticas se difunden entre los lugares a escala global. Healey (2012) afirma que ideas "viajeras" están condicionadas por sus lugares de origen y los canales por los que viajan, pero que la historia completa sólo se cuenta observando lo que ocurre cuando la idea "aterriza". Basándose en el marco teórico de Haas (1992) sobre las comunidades epistémicas y adoptando las categorías de análisis de Stone et al. (2020) sobre la transferencia de políticas, esta investigación se propone a delinear los principales actores y respectivas comunidades involucradas en la implementación de SbN. Por eso, este trabajo presenta un análisis basado en el caso del Parque Orla de Piratininga, en Niterói (RJ), considerado uno de los primeros proyectos en Brasil que implementa explícitamente las SbN. El objetivo es trazar el uso de este término, documentando a los involucrados directa o indirectamente en su implementación y analizar su posicionamiento en los arreglos internacionales y locales que favorecen su entrada y difusión. Realizamos un análisis de documentos relevantes para la implementación del parque con el fin de identificar los actores clave y otros documentos relevantes. Concluimos que, para que la idea aterrice, es tan esencial contar con un contexto local favorable como el cruce de diferentes escalas. Puede tratarse de organizaciones transnacionales, que establecen agendas, o de individuos que actúan en diversos contextos. Además, el momento de adopción del término SbN en nuestro estudio es posterior a la adopción de la técnica, lo que sugiere que existe una dinámica de alineamiento entre los involucrados y técnicas ya aplicadas localmente, en diálogo con directrices políticas globales, transformando el vocabulario técnico. Por último, la transferencia de la idea de SbN depende de una red de actores al mismo tiempo que la refuerza.*

**Palabras clave:** Comunidades epistémicas, Ciudad, Adaptación, Actores, Difusión de conceptos de planificación.



# **DISSEMINATION OF IDEAS OF NATURE BASED SOLUTIONS: AN ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF THE ORLA DE PIRATININGA PARK, NITERÓI (RJ)**

Leticia Domingos Vellozo  
Leticia Costa de Oliveira Santos  
Niklas Werner Weins

## **ABSTRACT**

*In the process of putting Nature based Solutions (NbS) into practice at the local level, the definitions and practices diffuse between places on a global scale. Healey (2012) states that "traveling" ideas are very much shaped by their places of origin and the channels through which they travel, but that the full story is only told by looking at what happens when the idea "lands." Based on Haas' (1992) theoretical framework on epistemic communities and adopting Stone et al.'s (2020) categories of analysis on policy transfer, this research aims to delineate the main actors and respective communities involved in the implementation of NbS. Therefore, this paper presents an analysis based on the case of the Orla de Piratininga Park, in Niterói (RJ), which is considered one of the first projects in Brazil to explicitly implement NbS. The aim is to map the use of this term, documenting those directly or indirectly involved in its implementation to analyze their positioning in the international and local arrangements that favor the term's entry and dissemination. We conducted an analysis of documents relevant to the implementation of the park in order to identify the key actors and other relevant documents. We conclude that for the idea to land, it is as essential to have a favorable local context as it is to cross different scales. These can be transnational organizations, which set agendas, or individuals acting in multiple arenas. Moreover, the timing of the adoption of the term NbS in our case study is after the time of the adoption of the technique, suggesting that there is a dynamic of alignment between the involved and techniques that are already applied locally, in dialogue with global policy guidelines, transforming the technical vocabulary. Finally, the transfer of the idea of NbS both depends on and strengthens a network of actors.*

**Keywords:** Epistemic communities, City, Adaptation, Actors, Dissemination of planning concepts.



## 1. INTRODUÇÃO

O conceito de Soluções baseadas na Natureza (SbN) tem ganhado relevância em âmbitos que vão desde as negociações internacionais até as práticas de planejamento e desenho de políticas públicas. Ele aparece em projetos de escala local, mas faz parte de um fenômeno de transferência transnacional de políticas e ideias de planejamento, bem como do desenvolvimento de um aparato global de linguagens e ferramentas comuns entre disciplinas e práticas.

Ideias e conhecimento técnico que pautam decisões sobre políticas públicas são frequentemente articuladas com vieses inconscientes, e que não são sensíveis ao contexto de origem, frequentemente no Norte Global (Stone et al., 2020). De todo modo, muitos casos de boas práticas não se originam na Europa ou América do Norte e a transferência de políticas não se dá exclusivamente do Norte Global para o Sul (Valencia et al., 2020). Este artigo constrói seu argumento sobre comunidades epistêmicas (Haas, 1992), "ideias viajantes" de planejamento (Healey, 2012) e a transferência de políticas (Porto de Oliveira, 2017) associada às SbN a partir do estudo de caso do Parque de Orla de Piratininga Alfredo Sirkis (POP).

### 1.1 A formação de comunidades epistêmicas

Tendo em vista as crescentes incertezas e complexidades dos desafios globais a partir da segunda metade do século XX (Beck, 2016), pode ser observada a consolidação e profissionalização de uma elite do saber ou de comunidades epistêmicas às quais políticos e organizações precisam recorrer em busca de conselhos sobre como agir (Haas, 1992). Em resposta aos desafios das mudanças climáticas formam-se comunidades cosmopolitas do risco, ou seja, redes de atores, principalmente em espaços urbanos, que definem a resposta aos riscos globais (Beck, 2016). Tais podem se apresentar como embaixadores de políticas (Porto de Oliveira et al., 2019) que são cada vez mais procurados pela comunidade envolvida na definição de soluções locais contingentes, a comunidade de inquisidores (Healey, 2012).

A coordenação de tais políticas reflete "mudanças epistêmicas induzidas pela comunidade [internacional] nos interesses governamentais e nos padrões de tomada de decisão" (Haas, 1992, p. 22). Visões sobre a realidade (epistemes) que indicam os pressupostos sobre os quais as políticas definem um dado problema, sugerem e moldam padrões políticos a longo prazo. Entendimentos compartilhados e internalizados como conhecimentos tácitos tomam forma em comunidades epistêmicas ou comunidades interpretativas - que traduzem ideias para realidades locais (Yanow, 2009).

Escolhas técnicas são mediadas por atores que nunca são neutros



(Feenberg, 2010) e, conseqüentemente, dados e conhecimento apresentados em relatórios ou por cientistas não são mera evidência neutra para a governança ou um componente técnico em uma fórmula. Também representam uma "forma de poder (tecnocrático) na ordem global que trabalha para moldar 'quem recebe o quê'", e quem são os emissores ou referências (Stone et al., 2020, p. 5). Jacobson (2007) situa os desenvolvimentos atuais de transferência de política em uma quarta onda global que se expressa na disputa por discursos, visões de mundo e regimes de verdades, dentro de uma leitura de colonialidade (Torres et al., 2020).

Sendo assim, a transferência não se dá em um vácuo e a adaptação de políticas climáticas baseadas em terminologias globais encontra uma série de restrições para sua adaptação local. Di Giulio et al. (2019) destacam os fatores: percepção de risco e nível de conscientização dos tomadores de decisão e técnicos; pessoal, informação e financiamento; participação em redes climáticas, marcos regulatórios climáticos, assim como rotinas e práticas administrativas; vontade política e nível de compromisso; incompatibilidade entre escalas das questões urbanas e extensão da autoridade local, governamental, ou pressões do setor privado. Stone et al. (2020) destacam que os atores envolvidos são centrais para materializar ideias e práticas ligadas aos seus interesses e entendimentos de um problema que podem ser categorizados em:

- Atores de conhecimento (indivíduos),
- Instituições de conhecimento (organizacional), e
- Redes de conhecimento.

Os indivíduos geralmente possuem recursos pessoais significativos, grandes poderes de persuasão e autoridade epistêmica, em função de serviço governamental anterior ou experiência política (Stone et al., 2020). Sua paixão pessoal, dedicação e habilidades políticas para empurrar o conhecimento global para o debate político são fundamentais para que uma ideia não fique apenas no estágio do projeto (Court & Maxwell, 2005; Nay, 2012; Stone et al., 2020). Esses indivíduos são muitas vezes carismáticos, cosmopolitas e podem "atravessar diferentes culturas, operando como corretores, construindo pontes entre diferentes países, e muitas vezes falam mais do que sua língua nativa" (Stone et al., 2020, p. 6, tradução nossa). Indivíduos influentes frequentemente fazem parte de comunidades de prática e redes transnacionais que circulam modelos e aceleram a difusão de ideias. Eles utilizam autoridade intelectual ou experiência profissional para reforçar certos paradigmas ou normas e legitimá-los como boas práticas. Dessa forma criam-se critérios de inclusão e exclusão de certas técnicas e atores, conhecido como dependência de trajetória (*path dependency*). Isto significa que políticas tomam um determinado rumo que faz com que seja menos provável ou factível a escolha de outras opções.

As instituições são outro fator importante no fluxo da definição e adoção formal de uma prática. Sua atuação se dá principalmente pela “aptidão para definir problemas, moldar o clima de debate ou envolver-se na definição de normas, elaboração de regras ou outra atividade consultiva” (Stone et al., 2020, p. 5, tradução nossa). Elas podem visar elites decisórias em partidos, governo, agências de assistência ao desenvolvimento ou comunidades políticas (transnacionais) com suas soluções na forma de padrões internacionais (Haas, 1992) ou boas práticas na imensa arena de ideias de sustentabilidade urbana que deixa muitos governos locais desorientados (Bulkeley, 2006). Os diversos campos de política tipicamente são a União Europeia (UE), o Banco Mundial, as Nações Unidas com seus órgãos ou a Organização dos Países Exportadores de Petróleo. Mais recentemente também há evidências do Grupo dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia e China, África do Sul), Grupo dos 20, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, ou da Assembléia Mundial de Prefeitos.

As redes de conhecimento são compostas por diferentes indivíduos e entidades engajados na produção e legitimação das ideias, mas também de agentes (institucionais ou individuais) brandos, sem envolvimento direto na tomada de decisão, mas que a facilitam. Esses se envolvem no diálogo e são fundamentais para a transferência dura de ferramentas políticas, isto é, a criação de legislação, financiamento e projetos executáveis (Stone et al., 2020). As universidades são instituições brandas chave para as transferências, pois compartilham e disseminam conhecimento sobre governança, ao formar pessoas que depois transmitem ideias por meio de consultorias na esfera política, como foi o caso da disseminação mundial da “nova gestão pública” nos anos 1980. Por meio do destaque de pessoal para organizações internacionais ou participação em delegações governamentais, as universidades muitas vezes têm um papel ativo na transferência de políticas (Stone et al., 2020). Elas traduzem conhecimento em prática, sendo, portanto, fundamentais para infundir conhecimento em cidades e regiões (Markkula & Kune, 2015).

Em anos recentes, as redes transnacionais de cidades têm desempenhado um papel visível em áreas como a governança climática urbana. Elas têm se mostrado fundamentais para a implementação de políticas e para o sucesso da transferência de ideias no local, fora dos marcos nacionais (Barbi & Macedo, 2019). Consultores especializados e seus institutos podem atuar como empreendedores políticos dentro de comunidades epistêmicas que usam as redes como veículo para acelerar a formação de normas globais (Stone et al., 2020). Nay (2012) afirma que as próprias redes têm se convertido no *locus* de transferência onde é feita a tradução local e sua legitimação aos tomadores de decisão.

Não são apenas os atributos das ideias em si que condicionam sua capacidade de “viajar”, mas também as estruturas sociais e políticas

responsáveis por indicar quais ideias ganham aceitação e prevalecem sobre outras. Em seguida, olharemos para definições de Soluções baseadas na Natureza em relação à configuração dos arranjos internacionais e locais que favorecem sua entrada e disseminação.

## **1.2 Construindo consenso sobre as Soluções baseadas na Natureza**

Dentre as mais importantes tentativas de estabelecer o conceito de SbN pode-se destacar um relatório da Comissão Europeia (2015), e os documentos da União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN, 2020). Ambos apresentam SbN, de maneira ampla, como intervenções que se inspiram na natureza com o intuito de prover serviços ecossistêmicos pelo fortalecimento de processos naturais já existentes ou pela criação de novos, que os mimetizam. Também se referem às ações efetuadas para fomentar intervenções e conservação de funções ecossistêmicas como a criação de áreas de proteção, restauração, e a própria divulgação destas medidas (Comissão Europeia, 2015; UICN, 2020). Embora (ainda) não haja uma definição universal, assim como a UE, a UICN não apenas propõe uma definição como advoga seu uso em muitos fóruns para popularizá-la e legitimá-la.

SbN se enquadram em abordagens que visam se apoiar em componentes e funções ecológicas para a solução de problemas socioambientais acionando técnicas e conceitos interdisciplinares (Escobedo et al., 2019) e direcionando uma transição para investimentos em processos naturais que instrumentalizam serviços ecossistêmicos (Maes & Jacobs, 2017). As SbN, embora recentes, vêm na esteira de um conjunto de abordagens para o planejamento e políticas públicas que já existiam, tais como Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde(-Azul), Espaços Verdes Urbanos, Redução de Risco de Desastres e Adaptação baseada em Ecossistemas, Resiliência e Capital Natural, que compartilham premissas semelhantes sobre o aproveitamento de funções naturais para as pessoas. Emergem em contextos específicos e podem ser operacionalizados de formas distintas, mas eventualmente se alinham em agendas de desenvolvimento sustentável (Hanson et al., 2020; Herzog & Rosa, 2010). Os primeiros destes termos verdes (Hanson et al., 2020, p. 1-2) surgem na sequência da conferência da ONU no Rio de Janeiro, em 1992, a partir de demandas de aproximação entre ciência e políticas públicas, quer pela promoção de “ciência relevante para a sociedade”, quer pela legitimação da ciência para subsidiar políticas de desenvolvimento. De modo geral, são consensualmente defendidas, como técnicas e abordagens com múltiplas vantagens, flexibilidade, de baixo custo de implementação e poucas chances de gerar arrependimentos (Colls et al., 2009; Geneletti et al., 2016). Na análise de Escobedo et al. (2019), SbN, como a mais recente destas expressões, tem o potencial de ressaltar a interdisciplinaridade e necessidade de abor-

dagens conjuntas socioespaciais, ecológicas e político-econômicas na solução de problemas complexos urbanos em diferentes escalas.

As pautas ambientais já são uma tendência nas políticas convencionais, devido à visibilidade das mudanças climáticas, mas a forma como essas ideias são socialmente e politicamente construídas por meio de mecanismos e agentes, continua sendo uma lacuna na literatura (Campbell & Pedersen, 2011; Ferreira, 2006; Porto de Oliveira, 2017; Stone et al., 2020). A transferência de ideias, como as de planejamento e desenho da paisagem, não se dão por vias neutras apenas pautadas em decisões técnicas, mas em função de redes dinâmicas e relações de poder (Bryant, 1998; Healey, 2012; Yearley, 2007).

Portanto, o objetivo desta pesquisa é mapear atores envolvidos direta ou indiretamente na implementação de SbN para entender a configuração dos arranjos internacionais e locais que favorecem a entrada e disseminação da ideia. Para responder a questão de como e por quais indivíduos e instituições se dissemina a ideia de SbN, analisamos o caso do POP, em Niterói (RJ), que é tido como um dos primeiros casos de sucesso de SbN no Brasil (Herzog et al., 2021; Herzog et al., 2019; Martin, 2020). Para isto, construímos uma abordagem teórica que visa preencher uma lacuna indicada no estudo social da ciência e tecnologia sobre o papel dos atores na tradução de técnicas. Esperamos que doravante esta abordagem possa ser aprimorada e replicada.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

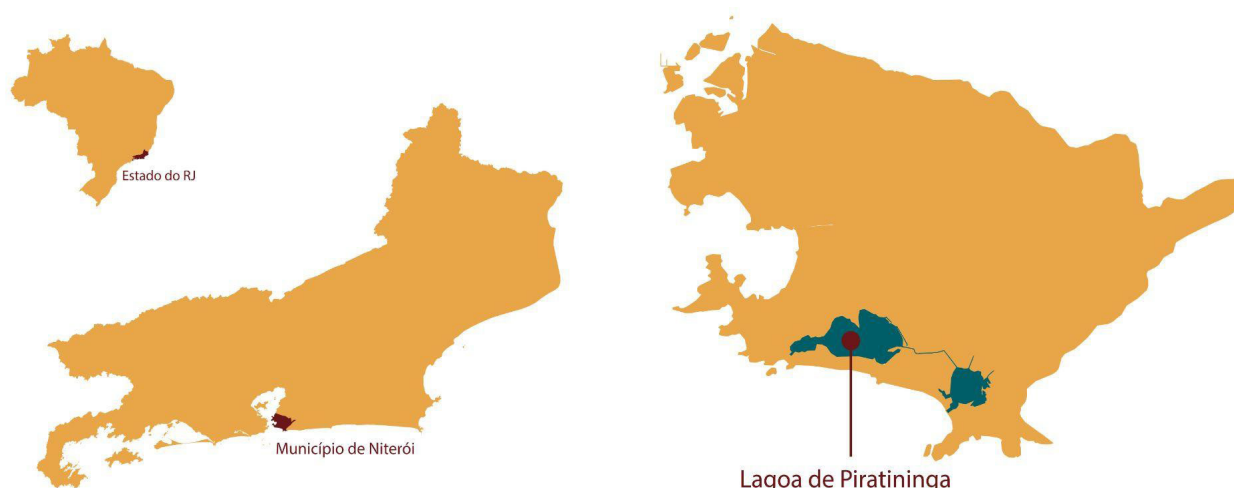
A partir da revisão de literatura sobre transferência de políticas e comunidades epistêmicas foram definidas as três categorias de análise (indivíduos, instituições e redes de conhecimento) e escolhido o caso do POP como exemplo da implementação de SbN. Entre 2017 e 2018 uma das autoras participou da equipe da secretaria envolvida na concepção do parque, sendo ponto de partida a perspectiva da gestão pública. Mediante esta experiência e a revisão documental, levantamos a história da criação do parque. Em seguida, se conduziu uma análise de conteúdo para identificar a configuração dos atores em torno do termo SbN. Partimos do projeto base e seu site PRO-Sustentável para identificar novas fontes e agentes seguindo o método bola de neve, incorporando novas referências a partir das citações relevantes dos documentos analisados (Noy, 2008).

Os documentos foram analisados buscando identificar quais atores se envolvem com o projeto, e como fazem referência a ele. Deste modo, foi conduzida uma análise de documentos chave do projeto, mapeando a rede que os conecta. Seguindo as categorias de análise de Stone et al. (2020), os atores e as redes identificadas nos documentos relativos à criação do POP foram categorizados em 1) atores de conhecimento,

2) instituições de conhecimento e 3) redes de conhecimento. Analisamos o emprego do termo Soluções baseadas na Natureza, bem como do léxico associado, para identificar as estratégias dos envolvidos de popularizar o termo e/ou de associar o termo ao POP.

### 3. ESTUDO DE CASO: O PARQUE ORLA DE PIRATININGA

O POP é um parque urbano de 685.000 m<sup>2</sup> em torno da lagoa de Piratininga, na Região Oceânica de Niterói, Rio de Janeiro (Figura 1) que tem sua maior porção inserida no bairro de Piratininga, e uma pequena parte, a oeste, no bairro Jardim Imbuí (Embyá, 2021). O POP faz parte do setor Costeiro/Lagunar do Parque Natural Municipal de Niterói (PARNIT), área de proteção integral, de cerca de 9,2 milhões de m<sup>2</sup>, e ainda inclui o Morro da Viração e a Praia do Sossego (Niterói, 2014). A criação do PARNIT, juntamente com a extensão de áreas protegidas a mais de 50% do território da cidade, compõe o programa Niterói Mais Verde (Decreto Municipal 11.744/2014). A iniciativa de criar o parque tem como fonte de financiamento e operacionalização o programa PRO-Sustentável, executado pela Prefeitura de Niterói em parceria com o Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF). O PRO-Sustentável é um programa de investimentos e intervenções em infraestrutura e sustentabilidade na Região Oceânica de Niterói, com um investimento de 300 milhões de dólares (Niterói, 2017). O programa visa impactar toda a região, objetivando elevar a região a um patamar de destaque em sustentabilidade urbana por meio de três frentes principais: infraestrutura, urbanização e sustentabilidade (Grael, 2020b).



**FIGURA 1.** Localização da Lagoa de Piratininga em Niterói (RJ).  
Fonte: as autoras.

O POP é um dos projetos que compõem estes investimentos. Abrangendo uma área de 680 mil m<sup>2</sup>, foi anunciado como uma medida para proteger e regenerar a Lagoa de Piratininga, recuperando a qualidade da água e oferecendo equipamentos de lazer, recreação, contemplação, cultura e educação ambiental (Grael, 2020b). O projeto começou

a ser desenvolvido em 2017 pelo Departamento de Ecologia Urbana e Mudança do Clima (ECOURB), dentro da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Sustentabilidade (SMARHS). É importante destacar que já havia em volta da Lagoa jardins mantidos pelos moradores, equipamentos com banco e mesas construídos no local e praticantes de pesca na lagoa. Esses são mantidos pela associação de moradores que possuía influência sobre o projeto, exigindo seu direito de manutenção das praças existentes, e advogando pela criação de deques dos pescadores. Como parte do comitê da bacia Baía de Guanabara, o subcomitê Lagoas de Itaipu e Piratininga participou dos processos decisórios sobre o parque (Grael, 2017).

O projeto conceitual (Prefeitura Municipal de Niterói & Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Sustentabilidade, 2017), composto por um documento base para elaboração do respectivo termo de referência, teve a liderança de uma das arquitetas do ECOURB, especializada em Paisagismo Ecológico pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Raquel Cruz. Tal documento lançou as bases para a construção do edital de licitação para a contratação de empresas especializadas, em abril de 2018.



**FIGURA 2.** Corte ilustrado do projeto do POP. Fonte: as autoras.

O detalhamento do projeto executivo foi elaborado pelo Consórcio Parque Orla de Piratininga, vencedor do processo licitatório. O consórcio de empresas é liderado pela francesa Phytorestore e as empresas: Embyá Paisagens e Ecossistemas, com sede no Rio de Janeiro; Kaan Architecten, com sede em Amsterdam, Holanda; Village Construções, com sede em Curitiba e Gesto Arquitetura, com sede em São Paulo. A apresentação do projeto executivo ocorreu em julho de 2019 (Herzog et al., 2019), o lançamento da obra se deu em agosto de 2020 (Folha de Niterói, 2020), e a previsão de entrega é para setembro de 2022 (PMN, 2021). A execução da obra está sendo feita a partir de duas licitações (já concluídas): uma delas para a chamada infraestrutura verde (equipamentos de drenagem sustentável e outros) e a outra para edificações.

#### 4. RESULTADOS: ATORES E REDES DE SbN NO POP

Aqui são apresentados os resultados da análise documental da implementação de SbN. A divulgação do parque na mídia local e em relatórios temáticos como “caso de sucesso” começou em anos recentes e com o protagonismo de alguns indivíduos (Herzog et al., 2021; Herzog et al., 2019; Martin, 2020). Na análise documental nota-se que, embora o POP seja considerado uma referência da aplicação de SbN, tais soluções somente começam a ser utilizadas ao decorrer da trajetória do projeto.

O projeto base, que serviu de referência para o processo licitatório, indica que deve ser desenvolvido com uma abordagem de paisagismo ecológico e, embora destaque outros conceitos próximos, não menciona diretamente as SbN. Em suas diretrizes, são mencionados termos como paisagem de alto desempenho, resiliência, serviços ecossistêmicos, plantas nativas e espécies exóticas invasoras, ecogênese, jardins filtrantes, educação ambiental e sistema de drenagem urbana sustentável. Os objetivos do parque, conforme apresentado no Termo de Referência do projeto, são:

[...] adaptar e restaurar o equilíbrio ecossistêmico da Lagoa de Piratininga; interceptar e tratar as águas pluviais urbanas que drenam para [L]agoa de Piratininga através de **sistema de infraestrutura-verde** integrado; restabelecer novo equilíbrio ecológico com a associação de indivíduos de mata atlântica no entorno da Lagoa de [P]iratininga, considerando princípios do **paisagismo ecológico e ecogênese**; manter e fomentar a atividade pesqueira na região; criar espaços multifuncionais com equipamentos de lazer para a população; criar espaços multifuncionais de contemplação e de aproximação da população com a Lagoa de Piratininga e sua fauna e flora; proporcionar a reurbanização e tratamento paisagístico dos acessos à via parque e à orla da Lagoa, considerando a implantação dos sistemas de infraestrutura-verde e ecogênese pela ótica do paisagismo ecológico (Prefeitura Municipal de Niterói & Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Sustentabilidade, 2017, p. 9-10 destaque das autoras).

A descrição do POP em 2016 na apresentação do PRO-Sustentável no blog do então Secretário Executivo e vice prefeito, Axel Graef, também não cita a utilização de SbN, sendo o parque a princípio composto por:

[...] uma construção de área de lazer náutico, pista de jogging, academias para terceira idade, adequação das ruas no entorno (infraestrutura de acesso), quiosques, banheiros e tratamento paisagístico. A renaturalização do Rio Jacaré (com atividades de reflorestamento da Faixa Marginal de Proteção, das nascentes e das

áreas de reabastecimento de aquífero da bacia, incluindo a remoção de moradias e a eliminação dos focos de poluição). A implantação de um Centro de Referência de Sustentabilidade Urbana, no Jacaré, incluindo um centro de ecoturismo e unidade demonstrativa de soluções de arquitetura sustentável, juntamente com atividades de educação ambiental. O Centro será implantado no Jacaré. (Grael, 2016).

Observa-se também que, a coordenadora do projeto, ao utilizar o caso do POP como tema de dissertação de sua especialização em Paisagismo Ecológico pela PUC-Rio (sob orientação de Pierre-André Martin e Cecília Herzog<sup>1</sup>) também prioriza outras expressões. O título do trabalho, defendido em junho de 2017, "Paisagens de Alto Desempenho na Laguna de Piratininga: Uma Estratégia de Indução à Resiliência Por Meio do Paisagismo Ecológico", não faz menção à expressão SbN.

<sup>1</sup> Conforme informado pela autora no currículo acadêmico Lattes <http://lattes.cnpq.br/2553934165268757>.

Percebe-se que o uso do "rótulo" aparece somente depois do desenvolvimento do projeto executivo, tornando-se o discurso dominante. A ordem de início para elaboração do projeto executivo do POP e para os Estudos de Monitoramento do Sistema Lagunar de Piratininga e Itaipu foi assinada em julho de 2018 (Folha de Niterói, 2018). Na ocasião, o POP era anunciado como sendo desenhado pela ótica do paisagismo ecológico, preservando a lagoa e seus ecossistemas. Em uma entrevista, a diretora da Phytorestore, uma das integrantes do consórcio vencedor, Lilian Hengleng, comenta a respeito a oportunidade de desenvolver o projeto executivo e pela primeira vez, citando as SbN:

Tenho caminhado por todo o País, falando com representantes de muitos municípios, e fica claro que Niterói é realmente um exemplo em termos de desenvolvimento sustentável. Queríamos muito trazer esse case para o Brasil, com um trabalho único de **soluções baseadas na natureza**, seguindo o que já vem sendo feito nas grandes cidades, unindo inteligência com sustentabilidade (Folha de Niterói, 2018).

O projeto executivo do parque não está acessível ao público, mas uma apresentação pode ser encontrada no portfólio da Embyá, empresa envolvida na elaboração. A Embyá descreve como principais intervenções projetuais canteiros ornamentais, viveiros e recomposição vegetal vegetação nativa e jardins filtrantes no projeto do POP, mas não as enquadra explicitamente no termo SbN (Embyá, 2021). Quando a licitação para suas obras foi anunciada por Grael (2019), ele passa a destacar as SbN para o tratamento da drenagem urbana como principais inovações do POP. A partir deste ponto SbN e biovaletas, jardins de chuva e jardins filtrantes aparecem como elementos centrais no discurso da prefeitura acerca do projeto. Não obstante, as SbN seriam a razão do pioneirismo do parque e da própria cidade. Segundo Grael (2020a), Niterói passa a ser:



[...] considerada uma referência nacional e internacional de projetos de sustentabilidade urbana e acaba de ser mais uma vez citada em um novo relatório internacional. Desta vez, numa publicação da União Europeia, em que o POP é citado como um projeto pioneiro centrado em SbN e Niterói consta como uma das dez cidades brasileiras que adotam estas medidas. (Graef, 2020a).

A publicação em questão é uma colaboração entre Comissão Europeia e o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação do Brasil sobre SbN em que um conjunto de especialistas europeus e brasileiros, liderado pela especialista em SbN, Cecilia Herzog, analisam a ocorrência e potencial de SbN no Brasil, destacando boas práticas na UE para possível adaptação ao contexto brasileiro para a elaboração de estratégias no Brasil (Herzog et al., 2019). Neste documento destaca-se que o objetivo do parque contempla gestão da qualidade e recuperação ecológica dos corpos hídricos, gestão de resíduos sólidos e exploração de oportunidades de ecoturismo, num esforço de "dar resposta a várias questões ecológicas e sociais" (Herzog et al., 2019, p. 89), particularmente de aproximar a população à natureza e da compreensão sobre biodiversidade e serviços ecossistêmicos.

A partir deste momento há um envolvimento maior de instituições internacionais de conhecimento como o Conselho Internacional para Iniciativas Ambientais Locais (ICLEI) com o caso do POP. Dado que uma das frentes de atuação do ICLEI é de mostrar os benefícios das SbN a longo prazo para municípios no Hemisfério Sul, o projeto tornou-se um excelente exemplo desta boa prática (Herzog et al., 2021; ICLEI América do Sul, 2021). A rede começou a unir outros atores, como a Frente Nacional de Prefeitos (FNP), organizando eventos e apoiando reuniões. Isto criou uma conjuntura favorável para a utilização do conceito SbN vinculado ao POP, reforçado por essas instituições, redes e a academia local, facilitando à prefeitura a justificativa das medidas.

Na próxima seção são apresentados os principais responsáveis envolvidos na implementação de SbN em Niterói de forma direta e indireta que foram identificados na análise documental. Eles são categorizados como indivíduos, instituições e redes. O exercício de categorização é uma abstração, dado que certos atores e instituições se enquadrariam em mais de uma definição, têm funções duplas e atravessam escalas entre o global e o local.

#### **4.1. Indivíduos de conhecimento**

Stone et al. (2020, p. 12) afirmam que embaixadores de políticas do Sul Global já aumentaram seu acesso ao mundo de transferência de políticas públicas, tanto dentro de organizações internacionais quanto por meio de suas próprias agências governamentais, promovendo modelos semelhantes na América Latina, África e Ásia. Podem ser identificados

“indivíduos carismáticos” (Stone et al., 2020, p. 6) em lugares privilegiados que favorecem o diálogo entre diferentes escalas, transitando entre meios e fazendo conexões críticas ao sucesso da implementação. Muitas vezes esses indivíduos ocupam diversas posições na rede, como pesquisadores-docentes, executores, consultores e articuladores e possuem “autoridade epistêmica” e “recursos pessoais significativos em seus poderes de persuasão” (Stone et al., 2020, p. 6). O envolvimento desses indivíduos muitas vezes traz legitimidade à técnica/política e a eles próprios.

Nos documentos sobre o caso analisados aqui, destaca-se o papel de pessoas como Cecília Herzog, que como membra de várias instituições com autoridade técnica nacional<sup>2</sup> é considerada “uma das referências no estudo de soluções baseadas na natureza no Brasil” pelo World Resources Institute (WRI) (Corrêa, 2020). Ao reforçar a importância das SbN, ela reforça também a relevância do POP por ser um exemplo dessa técnica. Em linha com a autoridade técnica definida por Haas (1992) e Stone et al. (2020), Herzog consegue aproveitar sua função definindo o POP como um dos casos de sucesso” (Herzog et al., 2021; Herzog et al., 2019). Ela pode ser entendida como “embaixadora de política” de SbN, transitando entre diferentes instituições e escalas, se posicionando em diversos pontos da rede: academia, consultoria e articulação.

<sup>2</sup> Estas incluem a Rede de Especialistas da Fundação Grupo Boticário, a Associação Nacional de Paisagismo (ANP) e o Conselho da Latin American Landscape Initiative (LALI), o ICLEI, e WRI, entre outros.

No âmbito do poder público, a gestão do prefeito Rodrigo Neves (2013-2020) se mostra como elemento facilitador da introdução de SbN já que em sua gestão, Niterói foi introduzida em circuitos internacionais alinhados com a agenda de desenvolvimento urbano sustentável. Diversas parcerias com organizações internacionais foram firmadas, resultando em projetos como o planejamento estratégico para a cidade nos moldes de cidades globais: “Niterói Que Queremos”; Ruas Completas (parceria com WRI); inserção no “Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e Energia” (ICLEI); workshop “Construindo Cidades Resilientes” (ONU), entre muitos outros (Grael, 2018; ICLEI, 2017; WRI Brasil, 2018). Essa predisposição para aproximar iniciativas locais de discussões globais condiz com um modelo de “nova gestão pública” (Porto de Oliveira, 2017) e se insere na “quarta onda de transferência” de políticas (Jacobson, 2007) em que é estimulada a unificação de agendas urbanas locais e globais em resposta aos crescentes desafios globalmente compartilhados.

Outro importante indivíduo da gestão pública é Axel Grael. Ele é o atual prefeito do município de Niterói e foi secretário da Secretaria Executiva e da Secretaria Municipal de Planejamento, Orçamento e Modernização da Gestão (2017-2020), quando teve importante papel na implementação do POP (Grael, 2021). Ele é um indivíduo que apresenta a “paixão pessoal” descrita por Stone et al. (2020) que indivíduos-chave na transferência de políticas possuem. Está envolvido com

o movimento ambientalista e várias outras organizações (Movimento Cidadania Ecológica, Instituto Baía de Guanabara, "Projeto Grael" do Instituto Rumo Náutico).

Pierre-André Martin é professor e coordenador da pós-graduação em Paisagismo Ecológico e colega de Cecilia Herzog na PUC-Rio. Ele colaborou com o paisagista Fernando Chacel (que conceituou Ecogênese) e possui autoridade acadêmica e técnica que lhe permitem uma função epistêmica importante no caso do POP.

Um grupo de indivíduos relevantes na elaboração e implementação do POP é a equipe que elaborou o projeto base na SMARHS. A líder da equipe, Raquel Cruz, pôde aproveitar sua formação pelas instituições de conhecimento mais importantes do arranjo de SbN, produzindo o próprio conhecimento que posteriormente foi utilizado para definir detalhes do projeto (Cruz, 2017).

## 4.2 Instituições de conhecimento

A partir dos anos 1990 no Brasil, começam a ganhar corpo novos paradigmas de paisagismo, o paradigma ecológico e o cultural. A paisagem ganha mais relevância no planejamento de infraestruturas urbanas. É explorada a conexão entre "urbano" e "natural", reconhecendo e valorizando particularidades biofísicas e socioculturais. É uma transição que fortalece e legitima a atuação profissional do paisagista e compõe a trajetória deste profissional em várias partes do mundo, com aportes de diferentes campos técnicos e científicos. Ela também reflete o crescimento dos movimentos ambientalistas e importantes marcos legais no Brasil (Farah et al., 2010; Herzog, 2013).

O Rio de Janeiro sediou vários eventos ambientais como a Rio-92 e Rio+20 e encontros de redes de profissionais, hoje ligados às SbN. Em 2009 ocorreu o 46º Congresso da Federação Internacional de Arquitetura Paisagística (IFLA), com o tema de "Infraestrutura Verde: Paisagens de Alto Desempenho". O evento foi promovido localmente pela Associação Brasileira de Arquitetos Paisagistas (ABAP), que é vinculada à IFLA (IFLA, 2009). No ano seguinte, a ABAP lançou a Carta da Paisagem Brasileira, como resposta ao apelo da IFLA em declarar princípios éticos para a paisagem, com destaque de paisagens culturais, enfatizando a ecologia e o caráter funcional das paisagens (ABAP, 2010). Em 2012 o Rio recebeu da Unesco o título de Patrimônio Cultural da Humanidade, em 2020 o título de Capital Mundial da Arquitetura e sediará o 27º Congresso Mundial de Arquitetos (RCMA, 2021). Em todos estes casos a visibilidade e o reconhecimento do Rio de Janeiro se estende a Niterói, cuja paisagem também é contemplada nos reconhecimentos - inclusive o POP é mencionado em publicação no site da "Rio Capital Mundial da Arquitetura" (Martin, 2020).

O entorno de Niterói também é um ambiente propício para sua formação. A pós-graduação em "Paisagismo Ecológico: Planejamento e Projeto da Paisagem" oferecida pela PUC-Rio, é promovida pelo Departamento de Arquitetura e Urbanismo desde 2015 e opera sob coordenação de Cecilia Herzog e Pierre Martin. A definição de paisagismo ecológico, a partir de sua própria descrição, é a promoção de regeneração multifuncional de paisagens em diversas escalas, mimetizando a natureza. Eles abordam SbN e os objetivos do curso giram em torno da capacitação para intervir em paisagens promovendo regeneração socioecológica multifuncional com alto desempenho, além de apresentar tecnologias ecológicas para melhorar a interação humana com qualidade ambiental (PUC-Rio, 2021).

O curso da PUC-Rio surge após a extinção do tecnólogo em Paisagismo da Escola de Design e Artes Visuais da Universidade Veiga de Almeida, da qual o arquiteto paisagista Fernando Chacel era coordenador e docente (Barbosa, 2004). De modo geral, a região do Rio de Janeiro é privilegiado pela existência de diversos cursos de graduação e pós-graduação em paisagismo e arquitetura e urbanismo tanto em instituições de ensino públicas<sup>3</sup> quanto privadas.

<sup>3</sup> Há cursos nas instituições UFRJ, UFF e, UFRRJ.

Outras instituições relevantes são empresas locais. A empresa que estava à frente do consórcio de elaboração do projeto era o braço brasileiro da francesa Phyto restore. A Phyto restore Brasil se apresenta, em seu perfil na mídia social LinkedIn, como uma "[e]mpresa de bioengenharia com foco em Soluções Baseadas na Natureza para tratamento de efluentes sanitários e industriais e restauração ecológica de corpos hídricos". A empresa é detentora da marca Jardins Filtrantes, da qual tem garantido o uso exclusivo (Phyto restore, 2021).

Outra envolvida é a Embyá - Paisagens e ecossistemas, empresa de paisagismo que se apresenta como criadora de "paisagens que promovem um contato íntimo e harmônico com os ciclos da natureza e os demais seres vivos" e inspirada pelo "convívio profissional com Roberto Burle-Marx, Fernando Chacel e Gilles Clément" (Embyá, 2021). Seu portfólio é especializado em projetos de restauro ambiental, com diversos exemplos de jardins verticais e telhados verdes, e enfatizam a integração com o ambiente, biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Destacam ainda os conceitos norteadores: agroecologia, permacultura, biofilia, ecologia urbana, infraestrutura verde e ecogênese. O sócio-fundador da Embyá, Pierre Martin, atualmente está vinculado com a Phyto restore Brasil.

Além das instituições locais, teve um papel importante de instituições transnacionais de conhecimento. Por exemplo, o WRI e a União Europeia, embora de forma indireta, validaram e reconheceram o uso de SbN e o pioneirismo de Niterói por meio dos seus relatórios. Além disso, os materiais, pesquisas e políticas produzidas ou apoiadas são

amplamente usadas como referência para outros casos nessa comunidade epistêmica. Isto corresponde com os achados na literatura sobre transferência de políticas, que apontam para órgãos como a UE, o Banco Mundial e outros como atores de validação de conhecimento (Stone et al., 2020). Além disso, o envolvimento de alguns indivíduos com a organização na tradução do conceito reforça a construção desigual de consenso apontada na seção 1.2 deste artigo.

### 4.3 Redes de conhecimento

Do mesmo modo que algumas instituições, as redes de conhecimento desempenham uma função mais indireta, porém fundamental à circulação global de modelos de política pública e de planejamento. Os encontros dessas redes podem ser entendidos como fóruns de atualização e alinhamento do conhecimento técnico às boas práticas internacionais. A participação do corpo técnico e indivíduos políticos em eventos destas redes, legitima ambos os indivíduos e as instituições. Redes e fóruns de especialistas, profissionais e prefeitos que estabelecem vínculos sobre temas específicos com outras cidades possuem um importante papel em preparar e avançar agendas (Barbi & Macedo, 2019).

Uma rede importante que atualmente colabora na agenda urbana sustentável no Brasil é a Frente Nacional de Prefeitos (FNP) que atua com foco em estratégias de fomento aos pequenos negócios locais e a melhoria do ambiente de negócios (FNP, 2021). Sustentabilidade nessa rede é entendida como oportunidade, destacando a “Melhoria do Ambiente de Negócios nos Municípios e Disseminação [...] em prol do desenvolvimento sustentável” como uma das principais metas (FNP, 2021, s.p.). Os encontros bienais da FNP contribuem para um intercâmbio regular entre prefeitos que definem as agendas locais. Em abril de 2017, no IV Encontro dos Municípios com o Desenvolvimento Sustentável se definiu “reinventar a governança e o financiamento das cidades” e a Declaração de São Paulo sobre sustentabilidade urbana da FNP em 2019 teve apoio do Banco Mundial, um importante difusor global de ideias (FNP, 2019, s.p.). A primeira mesa redonda sobre “Soluções Baseadas na Natureza Para Cidades Resilientes” aconteceu na 73ª Reunião Geral da rede em Niterói em 2018. Algumas análises na literatura sobre a rede afirmam que seu sistema é altamente dependente da vontade política com desenho institucional que privilegia uma organização da sociedade civil em redes hierárquicas, temática e territorialmente definidas (Geraldi, 2011; Rodrigues, 2011).

O Conselho Internacional para Iniciativas Ambientais Locais (ICLEI, 2021) se apresenta como uma rede global de mais de 2.500 governos locais e regionais comprometida com o desenvolvimento urbano sustentável. Foi fundado em 1990 no primeiro Congresso Mundial de Governos Locais por um Futuro Sustentável em Nova Iorque e atua em

125 países. A partir de 2011 começou a atuar na América Latina com o Secretariado América do Sul em São Paulo (ICLEI, 2020a). Na sua atuação já conseguiu uma inserção forte em agendas políticas a favor da descentralização e federalização, como no Pacto Federativo “Municípios para a Agenda 2030” (ICLEI, 2020b).

Para isso, trabalha “em conjunto com os governos locais e regionais para antecipar e responder a desafios complexos” e investe na “capacidade e no conhecimento necessários para projetar soluções para esses desafios e tomar decisões informadas por dados, evidências científicas e contextos locais”. Se destaca por pressionar por “políticas influentes que reflitam os interesses dos governos locais e regionais e apliquem políticas globais às estratégias de desenvolvimento urbano sustentável no nível subnacional” (ICLEI, 2021). Dentre essas, as SbN têm sido um item na agenda de eventos de *networking* divulgando casos de sucesso do mundo todo credenciados pelo ICLEI e apresentados pela ampla rede de experts colaboradores.

A UICN é composta por governos e organizações da sociedade civil filiada à UNESCO que atua em mais de 160 países com mais de 1.400 membros e mais de 18.000 experts (UICN, 2016b) com a missão de “influenciar, encorajar e ajudar [...] a conservar a integridade e diversidade da natureza” (UICN, 2016b, tradução nossa). Ela pode ser entendida como instituição de conhecimento, mas também possui características de rede, já que uma parte principal da sua missão é a unificação dos interesses das instituições de conservação. A UICN facilita o diálogo com partes interessadas, como acadêmicos, profissionais, governos, e organizações não governamentais, multilaterais, e o setor privado. Se pauta fortemente na agenda dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que são citados como guia na área 3 do programa de trabalho 2017-2020 (UICN, 2016a). Frequentemente descreve o uso de SbN para enfrentar desafios sociais e preservar capital natural de acordo com os ODS, as Metas de Aichi e o Marco de Sendai de Redução de Riscos de Desastres 2015-2030 (UNDRR, 2021). A organização trabalhava em direção a contar com “marcos favoráveis nos países, incluindo mecanismos legais, consuetudinários, institucionais e de financiamento para a implementação” (UICN, 2016a, p. 8).

Em anos recentes tem feito *lobbying* por uma “definição precisa e exaustiva” de SbN (UICN, 2016, p. 42), aproveitando sinergias para criar redes com o projeto “Horizon 2020” e “ReNature” da UE dentro dos quais especialistas da organização contribuíram com uma agenda de pesquisa e inovação europeia (UE, 2015). Promovendo a utilização de SbN para a adaptação às mudanças climáticas, sua ampla implementação virou a primeira de três metas climáticas da UICN no “marco de impacto” do programa para 2030. Para tal, é reconhecido nos seus documentos que é “necessário reorientar fluxos financeiros,

criar fluxos financeiros novos e inovadores destinados a inversões nas paisagens terrestres [...] nas quais a UICN aumenta seus esforços para melhorar sua gestão e restauração” (UICN, 2020, p. 20).

#### 4.4 Síntese

A disposição das lideranças de Niterói para se alinharem com agendas internacionais, torna a cidade ainda mais atrativa para a construção de diálogo com estas redes. SbN é uma dentre diversas pautas de desenvolvimento urbano sustentável promovidas e financiadas pelas redes e adotadas por Niterói (Gatti, 2020). A requalificação da Orla de Piratinin-ga forneceu uma excelente oportunidade para incorporar elementos (e vocabulário) da agenda dos ODS (11) como as SbN no POP. Isto aconteceu principalmente por meio do programa PRO-Sustentável da SMARHS que estabeleceu uma parceria com o ICLEI assim que surgiu o uso desse vocabulário. A gestão de Neves usou grande parte do seu capital político para pautar fortemente o financiamento internacional e a participação de redes internacionais para aproveitar chamadas de financiamento internacionais. A liderança do prefeito se baseava também na renovação de uma gestão pública mais jovem e mais técnica. Sugerimos aqui que o POP se “tornou” uma SbN muito por causa do envolvimento local com as comunidades epistêmicas das redes internacionais.

De acordo com a proposta, detalhamos os principais atores direta ou indiretamente envolvidos na implementação de SbN em Niterói. No quadro 1 são categorizados: indivíduos, instituições e redes.

**QUADRO 1.** Lista (não exaustiva) de atores na transferência da política de SbN. Baseado nas categorias de Stone et al. (2020).

Atores de conhecimento (indivíduos)	Instituições de conhecimento (organizações)	Redes de conhecimento
Axel Grael, Cecilia Herzog,  Pierre Martin, Raquel Cruz (outras autoras do projeto)	União Europeia, World Resources Institute (WRI), Associação Nacional de Paisagismo (ANP), Associação Brasileira de Arquitetos Paisagistas (ABAP), Embyá, Phytorestore, Prefeitura de Niterói; Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Sustentabilidade (SMARHS),  PUC-Rio (outras universidades)	Local Governments for Sustainability (ICLEI)  União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), Horizon2020 (União Europeia), Frente Nacional de Prefeitos (FNP), Federação Internacional de Arquitetos Paisagistas (IFLA)

## 5. DISCUSSÃO

A análise documental aqui apresentada permitiu identificar que atores globais interessados na difusão do conceito de SbN também exerce-

ram influência no projeto do POP. A partir da análise do papel das principais entidades envolvidas na promoção e implementação do projeto, fica evidente que o discurso sobre o projeto é influenciado por dinâmicas acopladas a ideias globais para ganhar força e legitimidade local.

É reconhecido na literatura que a implementação local de políticas de adaptação às mudanças climáticas das quais as SbN fazem parte, depende de fatores organizacionais como fluxos de financiamento, normas, redes (de cidades) e indivíduos tradutores, entre outros (Di Giulio et al., 2019). Além disso, destacamos que no caso analisado aqui, foi marcante o atravessamento de escalas por agentes que mediam entre a arena global de modelos de boas práticas e a esfera de implementação. As ideias viajaram não apenas do global para o local, mas foram validadas em respectivos fóruns de especialistas, antes de poderem se assentar na secretaria municipal que decidiu sobre sua execução.

Uma outra possível explicação para a ideia ter “criado raízes” em Niterói se deve ao fato da região do Rio de Janeiro já ser um ambiente propício para inovações de política urbana, com indivíduos, universidades e empresas interessadas e especializadas. Já existia em Niterói (e no Rio de Janeiro) interesse pela elaboração de projetos de desenvolvimento urbano sustentável, também em função da existência da tradição em desenho paisagístico e redes de profissionais e pesquisadores interessados em soluções como infraestrutura verde e paisagens de alto desempenho.

O projeto do POP era visto por diferentes atores de diversas formas na sua partida, mas os interesses se unificam em torno do termo SbN. O projeto atendia a demandas antigas da população local em relação à melhoria da qualidade do rio, às quais a prefeitura respondeu, em um momento que o município tinha interesse em executar projetos de caráter sustentável. A equipe que idealizou o projeto na secretaria tinha uma proposta que se apoiava nas paisagens de alto desempenho (Cruz, 2017), fazendo uso de drenagem com aplicação de funções ecossistêmicas (físico-químicas e biológicas) que enfoque nos aspectos sociais, sem mencionar SbN, a priori. Quando atores como Phytorestore e UE se conectam ao projeto, é quando a terminologia SbN surge, e o projeto se torna um caso de sucesso inédito em SbN no Brasil. Isso nos indica que a viagem foi muito mais da expressão do que da técnica de SbN em si.

Os discursos e as informações em volta de SbN possibilitaram associar a iniciativa local a uma discussão global e trazer força e legitimidade (boas práticas) no local aos indivíduos e às instituições envolvidas. A categorização do POP como SbN aproximou atores com interesses distintos em torno de um alinhamento de discursos. Fortaleceu e enrijeceu a rede desses agentes, tornando-a mais homogênea. Essa tendência de se fechar a novos participantes e ideias é conhecido na teoria política como dependência de trajetória (*path dependency*) (Kay, 2005).



A ideia acabou trazendo benefícios para a rede, fortalecendo e dando visibilidade política às autoridades locais, empresas e a academia, que legitimou a importância do tema para o debate público e se beneficiou do aumento da demanda por serviços. As empresas privadas como as consultorias de paisagismo também têm muito a ganhar com o sucesso de um projeto já que posteriormente só elas têm conhecimento técnico para executá-lo. Com isso há um interesse próprio das empresas de valorizar um tipo de serviço que oferecem frente à prefeitura. Dessa forma, também essas empresas se beneficiam do aumento da visibilidade pública. Isto se verifica no conjunto de empresas que assume o projeto executivo de SbN no caso do POP, que em consequência pode limitar a inclusão de necessidades locais e fortalecer uma ideia pronta de SbN.

Em relação ao papel das instituições transnacionais, verifica-se que não apenas favorecem o trânsito das ideias como têm grande interesse na uniformização da linguagem. No nível global, coalizões como a UICN, cuja missão explícita é promover o uso das SbN em nível global como principal forma de adaptação às mudanças climáticas também em resposta aos desafios sociais, fazem *lobbying* para o uso do termo em relatórios, políticas nacionais e locais. Além disso, o crescente uso da linguagem em convenções e projetos internacionais de organizações supranacionais como a UE (Comissão Europeia, 2015, 2020) reforça uma ideia universal de SbN. As redes de cidades, como novos atores no enfrentamento das mudanças climáticas no mundo todo, são receptores chave dessas recomendações técnicas (Barbi & Macedo, 2019).

No contexto de uma arena global de cidades como atores políticos, verificamos dinâmicas de competitividade e cooperação (Sánchez, 2003). Nesse desafio, muitas cidades compõem "comunidades cosmopolitas do risco", lidando com seus desafios de formas cada vez mais parecidas (Beck, 2016). O papel desempenhado por instituições locais não é meramente absorver ideias, mas modificá-las de acordo com necessidades e capacidades locais. Enquanto as redes ajudam a indicar soluções viáveis produzidas por órgãos técnicos, Nay (2012) afirma que elas próprias têm se convertido no próprio *locus* de transferência de políticas públicas. As redes de cooperação estimulam trocas de ideias entre prefeituras e técnicos, mas que disputam sobre recursos, não somente local, mas globalmente. Entendendo a discussão atual dentro de uma continuação e como parte da quarta onda de transferência de políticas de desenvolvimento descrita por Jacobson (2007), permite um olhar crítico à rápida difusão de SbN nas políticas urbanas em várias cidades do Sul Global nos últimos anos.

Nossa abordagem a partir das categorias de Stone et al. (2020) joga luz sobre como são usados os termos pelos diferentes atores, nas respectivas escalas, e como conseguem unificar uma suposta agenda técnica consensual. O papel de agentes individuais, instituições e redes

é fundamental para que se adote uma linguagem capaz de promover esse consenso. Eles agem dentro de e entre comunidades epistêmicas e escalas para poder apresentar SbN da forma que são presentes hoje.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo contribui para as reflexões críticas sobre a transferência de políticas e provoca um questionamento sobre a viagem das ideias em relação aos debates técnicos de paisagismo. O objetivo deste artigo foi mapear atores envolvidos direta ou indiretamente na implementação de SbN no Parque Orla Piratininga e analisar como seu posicionamento nos arranjos internacionais e locais favorece a entrada e disseminação do conceito. A implementação local de SbN depende de muitos fatores e varia entre locais. No esforço de compreender como e por quais caminhos a ideia de SbN se disseminou para chegar ao POP, chega-se às seguintes considerações:

1. O **momento da adoção** do termo não foi o mesmo momento da adoção das técnicas. O POP não foi idealizado a partir de SbN, mas se adequou sua linguagem para incluir o conceito em um ponto de inflexão em que redes internacionais aumentaram sua atuação no município. Quando atores como Phytorestore e a UE se conectaram ao projeto foi quando a terminologia SbN passou a ser empregada, e o POP se tornou um caso de sucesso. Isto indica que a viagem foi da expressão e não das ideias e da técnica de SbN em si.
2. Antes de haver **consenso sobre SbN**, outras ideias pares já circulavam global e localmente. Fatores importantes identificados aqui incluem a definição do problema a ser “solucionado” e como se encaixa nas soluções oferecidas dentro das SbN. Os conceitos e técnicas de vários campos e lugares (com destaque para o paisagismo ecológico e as políticas ambientais) confluíram em um amalgamento local cujo centro de gravitação é o conceito de SbN.
3. Um contexto local propício (“**solo fértil**”) para uma ideia “vingar” é chave. Enquanto as organizações transnacionais possuem um papel de referência para o reconhecimento de técnicas e casos bem-sucedidos, elas não são os principais vetores. Destaca-se a relevância de atores que circulam em diversos meios, atravessam escalas e mediam entre discussões globais e locais. O papel das universidades como instituições tradutoras importantes na transferência de políticas reconhecidas na literatura tem se mostrado também muito relevante no caso do POP. Outro fator importante é a resposta a linhas de financiamento, que demandam abertura e alinhamento das entidades municipais.

4. Destaca-se que o trânsito da ideia por uma rede serve para fortalecer a própria **comunidade epistêmica** que a fez circular. Por meio delas se fortalecem vocabulários, valores e agendas compartilhadas que aumentam a legitimidade da técnica e a autoridade dos indivíduos que encabeçam sua divulgação. Alertamos que há um risco de que, forçando um rápido consenso, essas comunidades se engessem e fechem para ideias divergentes, podendo inibir inovação no futuro.

Nossa abordagem partindo das “comunidades epistêmicas” de Haas (1991) possibilitou traçar caminhos que a ideia tomou. A ideia das “comunidades cosmopolitas do risco” (Beck, 2016) pela ameaça global das mudanças climáticas, amplia o entendimento da importância de diálogos globais e enfatiza a importância de atores sociais nos processos de adaptação mais inclusivos. Se isto não for o caso, e essas comunidades apresentarem somente interesses mais limitados, elas acabam contribuindo para a homogeneização dos discursos sobre as relações humano-natureza sob o guarda-chuva das SbN. Uma gama muito estreita de organizações e definições pode levar a um entendimento limitado das complexas funções que a natureza provê para as pessoas. Neste sentido, pode-se questionar, em estudos futuros até que ponto atores locais, tais como moradores, influenciaram a implementação do parque e a construção da ideia de SbN.

O caso aqui explorado tem implicações interessantes para outros casos de implementação de políticas inovadoras, mas as limitações metodológicas no mapeamento têm que ser reconhecidas, principalmente no que tange o eixo temporal. Para a discussão de SbN ainda precisam ser exploradas mais opções de metodologias qualitativa e quantitativa para melhor mensurar a influência que os atores, redes e suas respectivas ideias têm. Em pesquisas futuras recomendamos olhar para as redes de cidades e relações de competição e cooperação.

## REFERÊNCIAS

ABAP. (2010). *Carta Brasileira da Paisagem*. [https://www.caubr.gov.br/anexos/noticias/CARTA\\_BRASILEIRA\\_DA\\_PAISAGEM.pdf](https://www.caubr.gov.br/anexos/noticias/CARTA_BRASILEIRA_DA_PAISAGEM.pdf)

Barbi, F., & Macedo, L. V. (2019). Transnational Municipal Networks and Cities in Climate Governance: Experiments in Brazil. In J. van der Heijden, H. Bulkeley, & C. Certomà (Orgs.), *Urban Climate Politics: Agency and Empowerment*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108632157>

Barbosa, A. A. (2004). Fernando Chacel. Entrevista. *Portal Vitruvius*, 5(017.01). <https://vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/05.017/3333>

Beck, U. (2016). *The Metamorphosis of the World: How Climate Change is Transforming Our Concept of the World*. John Wiley & Sons, Ltd. <https://www.wiley.com/en-gb/The+Metamorphosis+of+the+World%3A+How+Climate+Change+is+Transforming+Our+Concept+of+the+World-p-9780745690216>

Beck, U., Blok, A., Tyfield, D., & Zhang, J. Y. (2013). Cosmopolitan communities of climate risk: Conceptual and empirical suggestions for a new research agenda. *Global Networks*, 13(1), 1-21. <https://doi.org/10.1111/glob.12001>

Bryant, R. L. (1998). Power, knowledge and political ecology in the third world: A review. *Progress in Physical Geography*, 22(1), 79-94.

Bulkeley, H. (2006). Urban Sustainability: Learning from Best Practice? *Environment and Planning A: Economy and Space*, 38(6), 1029-1044. <https://doi.org/10.1068/a37300>

Campbell, J. L., & Pedersen, O. K. (2011). Knowledge Regimes and Comparative Political Economy. In *Ideas and Politics in Social Science Research* (p. 167-190). Oxford University Press. <http://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199736430.001.0001>

Colls, A., Ash, N., & Ikkala, N. (2009). *Ecosystem-based Adaptation: a natural response to climate change* (Vol. 21). Gland: IUCN. [https://www.cakex.org/sites/default/files/documents/iucn\\_eba\\_brochure\\_0.pdf](https://www.cakex.org/sites/default/files/documents/iucn_eba_brochure_0.pdf)

Comissão Europeia. (2015). *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities: Final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature based solutions and re-naturing cities' : (full version)*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/765301>

Comissão Europeia. (2020). *Nature-based solutions: Transforming cities, enhancing well-being*. <https://cordis.europa.eu/article/id/421853-nature-based-solutions>

Court, J., & Maxwell, S. (2005). Policy entrepreneurship for poverty reduction: Bridging research and policy in international development. *Journal of International Development*, 17(6), 713-725. <https://doi.org/10.1002/jid.1234>

Cruz, R. Paisagens de Alto Desempenho na Laguna de Piratininga? Niterói, Rio de Janeiro: Uma Estratégia de Indução à Resiliência Por Meio do Paisagismo Ecológico. Trabalho de conclusão de curso, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2017.

Di Giulio, G. M., Torres, R. R., Lapola, D. M., Bedran-Martins, A. M., da Penha Vasconcellos, M., Braga, D. R., Fuck, M. P., Juk, Y., Nogueira, V., Penna, A. C., Jacaúna, T., Fetz, M., Pessoa, Z., Pontes, R., Schons, M., & Premebida, A. (2019). Bridging the gap between will and action on climate change adaptation in large cities in Brazil. *Regional Environmental Change*, 19(8), 2491-2502. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01570-z>

Embyá. (2021). *Parque Orla Piratininga*. <https://www.embya.com.br/case/parque-orka-piratininga>

Escobedo, F. J., Giannico, V., Jim, C. Y., Sanesi, G., & Laforteza, R. (2019). Urban forests, ecosystem services, green infrastructure and nature-based solutions: Nexus or evolving metaphors? *Urban Forestry and Urban Greening*, 37, 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.02.011>

Farah, I., Schlee, M. B., Tardin, R., & Tardin, R. (Orgs.). (2010). Arquitetura Paisagística no Período entre 1996 e 2006. In *Arquitetura paisagística contemporânea no Brasil* (p. 169-211). Editora Senac São Paulo: Associação Brasileira de Arquitetos Paisagistas.

Feenberg, A. (2010). *Between Reason and Experience: Essays in Technology and Modernity*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/8221.001.0001>

Ferreira, L. da C. (2006). *Ideias para uma sociologia da questão ambiental no Brasil*. Annablume.

FNP. (2019, setembro 20). Declaração de São Paulo sobre sustentabilidade urbana marca compromisso das cidades para o enfrentamento das mudanças climáticas. *Frente Nacional de Prefeitos*. <https://fnp.org.br/noticias/item/2120-declaracao-de-sao-paulo-sobre-sustentabilidade-urbana-marca-compromisso-das-cidades-para-o-enfrentamento-das-mudancas-climaticas>

FNP. (2021). *Histórico e Visão*. <https://fnp.org.br/fnp/historico>

Folha de Niterói. (2018, junho 20). *Ordem de início para projeto do Parque Orla é assinada*. <https://www.folhanit.com.br/2018/07/20/ordem-de-inicio-para-projeto-do-parque-orka-e-assinada/>

Folha de Niterói. (2020, agosto 22). *Prefeitura assina ordem de início das obras do Parque Orla Piratininga*. <https://www.folhanit.com.br/2020/08/22/prefeitura-assina-ordem-de-inicio-das-obras-do-parque-orka-piratininga/>

Gatti, S. (2020). *Relatório Local Voluntário: Objetivos do desenvolvimento sustentável, município de Niterói* (p. 69). Prefeitura de Niterói; ONU Habitat. [https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/12/vlr\\_niteroi\\_portuguese.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/12/vlr_niteroi_portuguese.pdf)

Geneletti, D., Zardo, L., & Cortinovis, C. (2016). Promoting nature-based solutions for climate adaptation in cities through impact assessment. In *Handbook on Biodiversity and Ecosystem Services in Impact Assessment*. Edward Elgar Publishing Ltd. <https://doi.org/10.4337/9781783478996.00025>

Geraldi, J. (2011). O Papel do Conselho Nacional das Cidades e da Conferência Nacional das Cidades na Deliberação Pública no Brasil. *Teoria e Sociedade*, 19(1), 30.

Grael, A. (2021). Axel Grael: Trajetória Política, Profissional e de Militância Socioambiental [Blog]. *Blog do AXEL GRAEL*. <http://axelgrael.blogspot.com/p/axel-grael-trajetoria-profissional-e.html>

Grael, A. S. (2016, maio 15). Pro-Sustentável: Região Oceânica terá investimentos em infraestrutura e sustentabilidade. *Blog do AXEL GRAEL*. <http://axelgrael.blogspot.com/2016/05/pro-sustentavel-regiao-oceanica-tera.html>

Grael, A. S. (2017, novembro 26). Parques em Niterói: Parque Orla de Piratininga vai ter licitação lançada até fim do ano. *Blog do AXEL GRAEL*. <http://axelgrael.blogspot.com/2017/11/parques-em-niteroi-parque-orka-de.html>

Grael, A. S. (2018, julho 24). Defesa Civil de Niterói concorre a certificação da ONU. *Blog do AXEL GRAEL*. <http://axelgrael.blogspot.com/2018/07/defesa-civil-de-niteroi-concorre.html>

Grael, A. S. (2019, novembro 26). Parque Orla de Piratininga (POP) será licitado. *Blog do AXEL GRAEL*. <http://axelgrael.blogspot.com/2019/11/projeto-do-parque-orka-de-piratininga.html>

Grael, A. S. (2020a, fevereiro 16). Parque Orla de Piratininga (POP) citado como exemplo de drenagem sustentável em publicação da Comunidade Europeia. *Blog do AXEL GRAEL*. <http://axelgrael.blogspot.com/2020/02/parque-orka-de-piratininga-pop-citado.html>

- Grael, A. S. (2020b, agosto 28). Parque Orla de Piratininga: Uma história pioneira de recuperação ambiental. *Blog do AXEL GRAEL*. <http://axelgrael.blogspot.com/2020/08/parque-orla-de-piratininga-uma-historia.html>
- Haas, P. M. (1992). Introduction: Epistemic communities and international policy coordination. *International Organization*, 46(1), 1-35. <https://doi.org/10.1017/S0020818300001442>
- Hanson, H. I., Wickenberg, B., & Alkan Olsson, J. (2020). Working on the boundaries — How do science use and interpret the nature-based solution concept? *Land Use Policy*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104302>
- Healey, P. (2012). The universal and the contingent: Some reflections on the transnational flow of planning ideas and practices. *Planning Theory*, 11(2), 188-207. <https://doi.org/10.1177/1473095211419333>
- Herzog, C. P. (2013). *Cidades para todos: (Re)aprendendo a conviver com a natureza*. Mauad X : Inverde.
- Herzog, C. P., Antuña Rozado, C., Freitas, T., Enfedaque, J., & Wiedman, G. (2019). *Diálogo Setorial UE-Brasil sobre soluções baseadas na natureza: Contribuição para um roteiro brasileiro de soluções baseadas na natureza para cidades resilientes*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/172968>
- Herzog, C. P., & Rosa, L. Z. (2010). Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. *Revista LABVERDE*, 1, 92-115. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p92-115>
- Herzog, C., Rizzi, D., & Ferraz, V. (2021, maio 12). *SbN: por cidades mais verdes, resilientes e inclusivas*. Nexo Jornal. <https://www.nexojornal.com.br/ensaio/2021/SbN-por-cidades-mais-verdes-resilientes-e-inclusivas>
- ICLEI. (2017, dezembro 13). *Mais 30 cidades brasileiras assumem compromisso*. <https://americadosul.iclei.org/mais-de-30-cidades-brasileiras-assuem-o-compromisso-com-o-pacto-global-de-prefeitos-pelo-clima-e-energia-em-recife/>
- ICLEI. (2020a). *Relatório de Atividades 2020*. <https://americadosul.iclei.org/wp-content/uploads/sites/78/2021/07/ra-2020.pdf>
- ICLEI. (2020b, agosto 25). *Existem saídas econômicas que garantam sustentabilidade?* <https://americadosul.iclei.org/existem-saidas-economicas-para-os-municipios-que-garantam-a-sustentabilidade-do-meio-ambiente/>
- ICLEI. (2021). *ICLEI América do Sul*. ICLEI. <https://americadosul.iclei.org>
- ICLEI América do Sul. (2021, março 30). *Água: Como o ICLEI vem atuando nesta temática*. ICLEI. <https://americadosul.iclei.org/agua-como-o-iclei-vem-atuando-nesta-tematica/>
- IFLA. (2009). *Newsletter*. 82.
- Jacobson, N. (2007). Social Epistemology: Theory for the “Fourth Wave” of Knowledge Transfer and Exchange Research. *Science Communication*, 29(1), 116-127. <https://doi.org/10.1177/1075547007305166>
- Kay, A. (2005). A Critique of the Use of Path Dependency in Policy Studies. *Public Administration*, 83(3), 553-571. <https://doi.org/10.1111/j.0033-3298.2005.00462.x>

Maes, J., & Jacobs, S. (2017). Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development. *Conservation Letters*, 10(1), 121-124. <https://doi.org/10.1111/conl.12216>

Markkula, M., & Kune, H. (2015). Making Smart Regions Smarter: Smart Specialization and the Role of Universities in Regional Innovation Ecosystems. *Technology Innovation Management Review*, 5(10), 7-15.

Martin, P.-A. (2020, julho 5). A importância de se recriar funções ecológicas para a sobrevivência do planeta e do próprio homem. *Rio Capital Mundial da Arquitetura*. <https://capitalmundialdaarquitetura.rio/rio-capital-mundial-da-arquitetura/a-importancia-de-se-recriar-funcoes-ecologicas-para-a-sobrevivencia-do-planeta-e-do-proprio-homem/>

Nay, O. (2012). How do policy ideas spread among international administrations? Policy entrepreneurs and bureaucratic influence in the UN response to AIDS. *Journal of Public Policy*, 32(1), 53-76. <https://doi.org/10.1017/S0143814X11000183>

Niterói. (2017). *PRO-Sustentável Programa Região Oceânica Sustentável*. Niterói. <http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/pdf/pro-sustentavel-maio2017.pdf>

Noy, C. (2008). Sampling Knowledge: The Hermeneutics of Snowball Sampling in Qualitative Research. *International Journal of Social Research Methodology*, 11(4), 327-344. <https://doi.org/10.1080/13645570701401305>

Phytorestore. (2021). <http://www.phytorestore.com/fr/>

PMN. (2021). Prefeito vistoria obras do Parque Orla Piratininga Alfredo Sirkis. *Prefeitura Municipal de Niterói*. <http://www.niteroi.rj.gov.br/2021/06/10/prefeito-vistoria-obras-do-parque-orka-piratininga-alfredo-sirkis/>

Porto de Oliveira, O. (2017). *International Policy Diffusion and Participatory Budgeting: Ambassadors of Participation, International Institutions and Transnational Networks*. Palgrave Macmillan.

Porto de Oliveira, O., Gonnet, C. O., Montero, S., & Leite, C. K. da S. (Orgs.). (2019). *Latin America and Policy Diffusion: From Import to Export*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429446139>

Prefeitura Municipal de Niterói & Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Sustentabilidade. (2017). *Projeto Conceitual Parque Orla de Piratininga*. 1, 75.

PUC-Rio. (2021). *Paisagismo Ecológico: Planejamento e Projeto da Paisagem*. <https://cce.puc-rio.br/sitecce/website/website.dll/folder?nCurso=paisagismo-ecologico:-planejamento-e-projeto-da-paisagem&nInst=ccpg>

RCMA. (2021). *Rio Capital Mundial da Arquitetura*. Rio Capital Mundial da Arquitetura. <https://capitalmundialdaarquitetura.rio/>

Rodrigues, G. (2011). *Marco Jurídico para a Cooperação Internacional Descentralizada. Um estudo sobre o caso brasileiro*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30046.48966>

Sánchez, F. (2003). *A reinvenção das cidades para um mercado mundial*.

Stone, D., Porto de Oliveira, O., & Pal, L. A. (2020). Transnational policy transfer: The circulation of ideas, power and development models. *Policy and Society*, 39(1), 1-18. <https://doi.org/10.1080/14494035.2019.1619325>

Torres, P. H. C., Jacobi, P. R., & Leonel, A. L. (2020). Nem leigos nem peritos: o semeador e as mudanças climáticas no Brasil. *Política & Sociedade*, 19(44), 17-38. <https://doi.org/10.5007/2175-7984.2020v19n44p17>

IUCN. (2016a). *Programa de la UICN 2017-2020*. IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/46367>

IUCN. (2016b, março 8). *About us*. IUCN. <https://www.iucn.org/regions/south-america/about-us>

IUCN. (2020). *Global Standard for Nature-based Solutions: A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS* (1º ed). IUCN.

UNDRR. (2021). *Words into Action: Nature-based solution for disaster risk reduction*. [https://www.preventionweb.net/files/74082\\_naturebasedsolutionsfordrr20210624c.pdf](https://www.preventionweb.net/files/74082_naturebasedsolutionsfordrr20210624c.pdf)

Valencia, S. C., Simon, D., Croese, S., Diprose, K., Nordqvist, J., Oloko, M., Sharma, T., & Versace, I. (2020). Internationally initiated projects with local co-production: Urban Sustainable Development Goal project. In D. SIMON, H. PALMER, & J. RIISE (Orgs.), *Comparative Urban Research From Theory To Practice* (1º ed, p. 113-132). Bristol University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv10tq4cj.12>

WRI Brasil. (2018, maio 17). *Niterói quer uma nova orla dedicada às pessoas e começará por uma Rua Completa*. WRI Brasil. <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2018/05/niteroi-quer-uma-nova-orla-dedicada-as-pessoas-e-comecara-por-uma-rua-completa>

Yanow, D. (2009). Dear author, dear reader: The third hermeneutic in writing and reviewing ethnography. *Political Ethnography: What Immersion Brings to the Study of Power*, 275-302. <https://doi.org/10.7208/9780226736785-016>

Yearley, S. (2007). Nature and the Environment in Science and Technology Studies. In E. J. Hackett (Org.), *The Handbook of Science and Technology Studies* (3º ed, p. 27). MIT Press.

Zwierzchowska, I., Fagiewicz, K., Poniży, L., Lupa, P., & Mizgajski, A. (2019). Introducing nature-based solutions into urban policy - facts and gaps. Case study of Poznań. *Land Use Policy*, 85, 161-175. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.025>



**Leticia Domingos Vellozo**

Professora Substituta na Universidade Federal do Paraná, Mestre em Arquitetura e Urbanismo (Universidade Federal Fluminense, 2019).

E-mail: leticiadvellozo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6814-8966>.

**Leticia Costa de Oliveira Santos**

Doutoranda em Planejamento e Gestão do Território, Universidade Federal do ABC.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7406-3384>

**Niklas Werner Weins**

Doutorando em Ambiente e Sociedade, Universidade Estadual de Campinas.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1345-6720>

**Recebido em:** 09/08/2021.

**Aceito em:** 28/02/2022.

# PROPOSIÇÃO DE WETLANDS COMO SOLUÇÃO BASEADA NA NATUREZA PARA SITUAÇÕES EMERGENCIAIS: O CASO DA VILA GÊNESIS, CAMPINAS

Karen Murakava  
Vera Santana Luz

## RESUMO

Perante a contradição entre o direito à habitação e o direito ao meio ambiente, são priorizadas formas de provimento imediato e emergencial de populações, como suprimento da demanda não atendida pelo estado quanto ao déficit de moradia e de saneamento, inclusive para proteção do sistema hídrico. Mediante a precariedade da infraestrutura sanitária em áreas periféricas urbanas, caracterizadas por fragilidades socioespaciais e ambientais, elegeu-se o estudo de caso de setor da Vila Gênese, Campinas, onde há uma comunidade ocupando área definida como de proteção ambiental, lindeira ao Ribeirão Anhumas. O artigo apresenta a investigação de tratamento de esgotos através de processo de fitorremediação por wetlands ou jardins filtrantes como Solução baseada na Natureza (SbN), buscando evitar a contaminação, com técnicas de fácil instalação e manutenção, com potencial de qualidade paisagística, no recorte territorial estabelecido, que padece pela precariedade das habitações e ausência de infraestruturas, vertendo o esgoto diretamente no córrego. A metodologia consiste na investigação de referências bibliográficas e documentais sobre o saneamento no Brasil e em São Paulo e de técnicas de fitorremediação por sistemas wetlands ou jardins filtrantes, para proceder a ensaios de instalação no estudo de caso, mediante levantamento cartográfico e aerofotogramétrico. Os estudos teóricos e os dados urbano-territoriais e marcos legais levantados apontaram para o déficit de saneamento de esgotos, cujo desdobramento corrobora na importância desses sistemas para atender a carência em comunidades caracterizadas por fragilidades socioespaciais e ambientais. Os resultados alcançados apresentam um ensaio de implantação de wetlands de sistema francês como processo de tratamento de efluentes descentralizado para o estudo de caso, cujo alcance aponta para a possibilidade de replicabilidade em situações semelhantes.

**Palavras-chave:** Soluções baseadas na Natureza (SbN); mitigação; fitorremediação de esgotos; fragilidade socioespacial e ambiental; Vila Gênese, Campinas.



# PROPUESTA DE HUMEDALES COMO SOLUCIÓN BASADA EN LA NATURALEZA PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA: EL CASO DE VILA GÊNESIS, CAMPINAS

Karen Murakava  
Vera Santana Luz

## RESUMEN

*Ante la contradicción entre el derecho a la vivienda y el derecho al medio ambiente, se priorizan formas de provisión inmediata y de emergencia de las poblaciones, tales como suplir la demanda no atendida por el Estado en cuanto al déficit de vivienda y saneamiento, incluso para la protección del sistema fluvial. Debido a la precariedad de la infraestructura sanitaria en áreas urbanas periféricas, caracterizadas por debilidades socioespaciales y ambientales, se eligió el estudio de caso del sector de Vila Génesis, Campinas, donde existe una comunidad que ocupa un área definida como de protección ambiental, bordeando el Arroyo Anhumas. El artículo presenta la investigación del tratamiento de aguas servidas mediante proceso de fitorremediación por humedales o jardines filtrantes como Solución basada en la Naturaleza (SbN), buscando evitar la contaminación, con técnicas de fácil instalación y mantenimiento, con potencial de calidad paisajística, en el corte territorial establecido, que sufre por la precariedad de las viviendas y la falta de infraestructura, vertiendo las aguas servidas directamente al arroyo. La metodología consiste en la investigación de referencias bibliográficas y documentales sobre saneamiento en Brasil y São Paulo y de técnicas de fitorremediación por humedales o jardines filtrantes, para realizar pruebas de instalación en el caso de estudio, a través de levantamiento cartográfico y fotogramétrico aéreo. Los estudios teóricos y los marcos jurídicos y datos urbano-territoriales relevados señalaron para el déficit de alcantarillado sanitario, cuyo despliegue corrobora la importancia de estos sistemas para atender la necesidad en comunidades caracterizadas por fragilidades socioespaciales y ambientales. Los resultados obtenidos presentan un ensayo de implementación del sistema de humedales francés como un proceso de tratamiento de efluentes descentralizado para el caso de estudio, cuyo alcance apunta a la posibilidad de replicabilidad en situaciones similares.*

**Palabras clave:** Soluciones basadas en la naturaleza (SbN); mitigación; fitorremediación de aguas residuales; fragilidad socioespacial y ambiental; Vila Génesis, Campinas.

# PROPOSAL OF WETLANDS AS A NATURE-BASED SOLUTION FOR EMERGENCY SITUATIONS: THE CASE OF VILA GÊNESIS, CAMPINAS

Karen Murakava  
Vera Santana Luz

## ABSTRACT

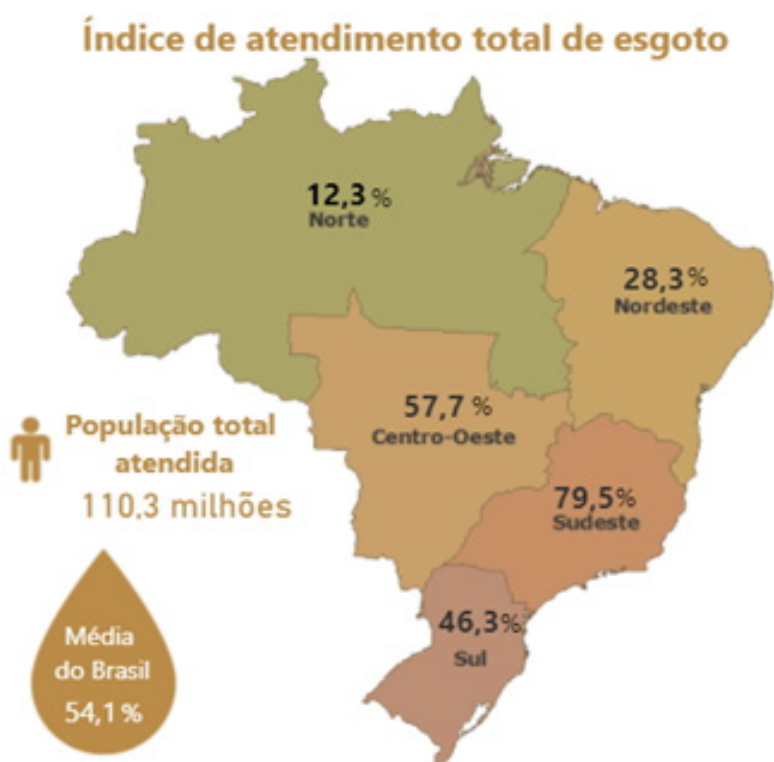
*Faced with the contradiction between the right to housing and the right to the environment, forms of immediate and emergency provision of populations are prioritized, such as supplying the demand not met by the state regarding the housing and sanitation deficit, including the protection of the river system. Due to the precariousness of the sanitary infrastructure in urban peripheral areas, characterized by socio-spatial and environmental weaknesses, the case study of the Vila Genesis sector, Campinas, was chosen, where there is a community occupying an area defined as environmental protection, bordering the Anhumas Stream. The article presents the investigation of sewage treatment through the phytoremediation process by wetlands or filter gardens as a Nature-Based Solution (NbS), seeking to avoid contamination, with easy installation and maintenance techniques, with potential for landscape quality, in the territorial cut established, which suffers from the precariousness of housing and lack of infrastructure, pouring sewage directly into the stream. The methodology consists of the investigation of bibliographical and documentary references on sanitation in Brazil and São Paulo and of phytoremediation techniques by wetlands or filter gardens, to carry out installation tests in the case study, through cartographic and aerial photogrammetric survey. The theoretical studies and urban-territorial data and legal frameworks surveyed pointed to the deficit in sewage sanitation, whose unfolding corroborates the importance of these systems to meet the need in communities characterized by socio-spatial and environmental weaknesses. The results achieved present an implementation trial of French wetlands system as a decentralized effluent treatment process for the case study, whose scope points to the possibility of replicability in similar situations.*

**Keywords:** *Nature-Based Solutions (NbS); mitigation; sewage phytoremediation; socio-spatial and environmental fragility; Vila Genesis, Campinas.*



## INTRODUÇÃO

O presente estudo partiu da premissa da insuficiência de serviços de esgotamento sanitário no Brasil. Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento referentes a 2019 (MDR, s. n.), apresentam o índice de atendimento total de esgotos no Brasil como de 54,1%, sendo somente 49,1% do esgoto gerado efetivamente tratado.. Mesmo com o estatuto legal consolidado predicando a universalização do saneamento de esgotos, os indicadores evidenciam que o atendimento da população está longe do atendimento legalmente estabelecido. Ressalta-se que há consideráveis diferenças regionais no país e, em situações urbanas, entre áreas da cidade, o que revela a urgência de suprimento para esta necessidade básica, sendo o sudeste a região com maior atendimento, correspondendo a 79,5% (MDR, 2020, p. 58).

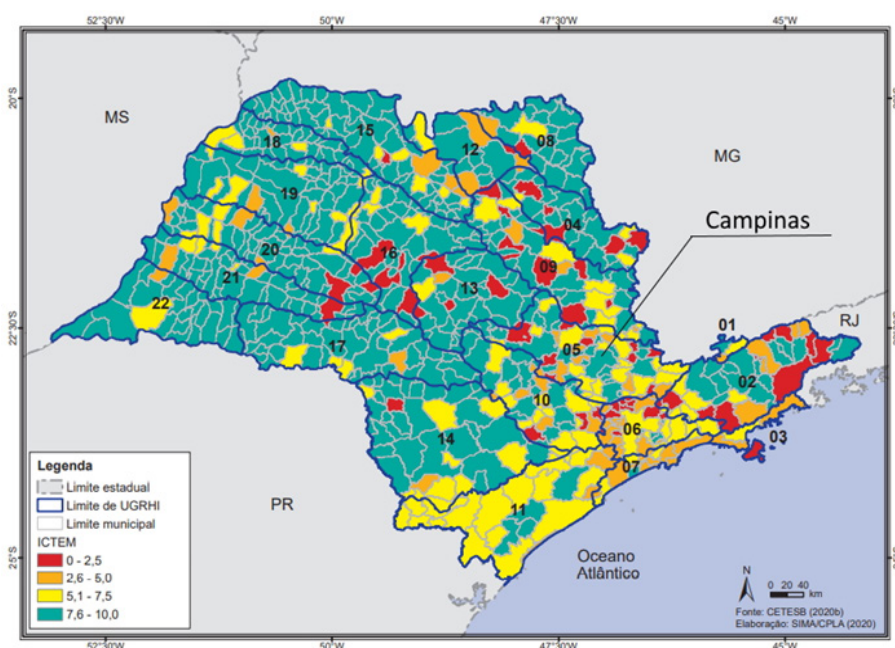


**FIGURA 1.** Mapa da distribuição regional de atendimento de saneamento de esgotos no Brasil em 2019. Fonte: MDR, s. n.

Em um recorte territorial referente ao Estado de São Paulo, este apresenta índices médios de coleta de esgotos acima de 70% (MDR, 2020, p. 68-69). Nota-se, no entanto, a grande desigualdade no atendimento a seus municípios. A Figura 2, abaixo, apresenta o mapa do estado especializando dados do ICTEM, relativos ao atendimento de serviços de coleta e tratamento de esgotos sanitários, onde é observável maior intensidade do déficit em manchas esparsas, concentrações nas áreas litorâneas e penetração em um eixo a norte para o interior, onde se inserem a Região Metropolitana de São Paulo e a Região Metropolitana de Campinas. ICTEM ou Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município é um indicador de avaliação da

qualidade de serviços de saneamento sanitário, por município, desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). O indicador tem como base 5 elementos: população urbana atendida por rede de coleta de esgoto por rede ou sistemas isolados; tratamento e eficiência de remoção (% da população urbana com esgoto tratado); eficiência global de remoção (considera a remoção efetiva da carga orgânica gerada, considerando a legislação que preconiza a eficiência de 80%); a destinação adequada de lodos e resíduos do tratamento; se o efluente receptor da estação não se desenquadra à classe (conforme padrões de qualidade do corpo receptor). As ponderações resultam em 4 grupos, respectivamente crescentes quanto a indicadores favoráveis: de 0-2,5 (vermelho); de 2,6-5,0 (laranja); de 5,1-7,5 (amarelo) e de 7,6-10 (verde) (SIMA, 2020, p. 158-159).

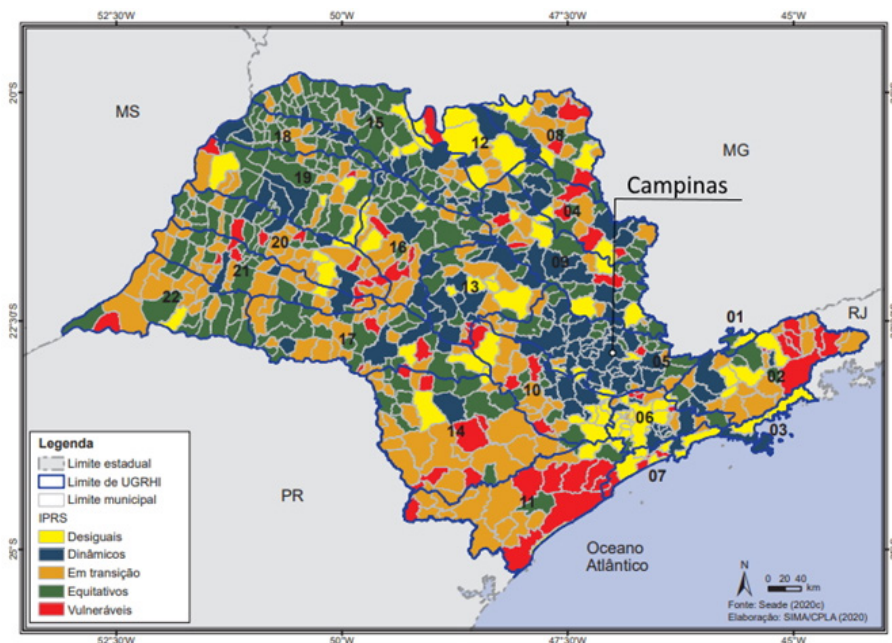
**FIGURA 2.** Distribuição do Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município (ICTEM) por município do Estado de São Paulo, com perímetro das UGRHI, referente a 2019. Destaca-se o município de Campinas. Fonte: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), 2020, p. 161, trabalhada pelas autoras.



A Figura 3, abaixo, apresenta o Índice Paulista de Responsabilidade Social, a partir de indicadores socioeconômicos. É possível verificar que esta apresenta uma predominância de indicadores favoráveis em um eixo noroeste-sudeste polarizado por municípios que se articulam por redes de transporte e demais sistemas técnicos, onde se inserem os municípios de Santos, São Paulo e Campinas, e em que ocorrem algumas manchas em setores do interior do estado. Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS) é um indicador socioeconômico complexo formado por dados, cruzando informações sobre riqueza, longevidade e escolaridade, por município. A composição relativa à riqueza envolve a ponderação do PIB per capita (25%), da remuneração dos empregados formais e benefícios previdenciários (25%), do consumo residencial de energia elétrica (25%) e do consumo de energia elétrica na agricultura, comércio e serviços (25%). Os elementos relativos à longevidade são compostos por: mortalidade perinatal (30%), mortalidade infantil (30%), mortalidade de pessoas de 15 a 39 anos (20%)

e mortalidade de pessoas de 60 a 69 anos (20%). Os componentes de escolaridade são: proporção de alunos da rede pública com nível adequado nas provas de Língua Portuguesa e Matemática - no 5º ano do ensino fundamental (31%), no 9º ano do ensino fundamental (31%), a taxa de atendimento escolar na faixa de 0 a 3 anos (19%) e a taxa de distorção idade-série no ensino médio (19%). Os municípios são classificados em 5 grupos: dinâmicos (riqueza alta/ longevidade e escolaridades média ou alta); desiguais (riqueza alta/ baixa longevidade e média/alta escolaridade ou baixa escolaridade e média/alta longevidade); equitativos (riqueza baixa e longevidade/escolaridade média ou baixa); em transição (riqueza baixa e baixa longevidade e média/alta escolaridade ou baixa escolaridade e média/alta longevidade) e vulneráveis (riqueza baixa e longevidade e escolaridade baixas); onde, portanto os indicadores são decrescentes (SÃO PAULO, SEADE, 2019, p. 2).

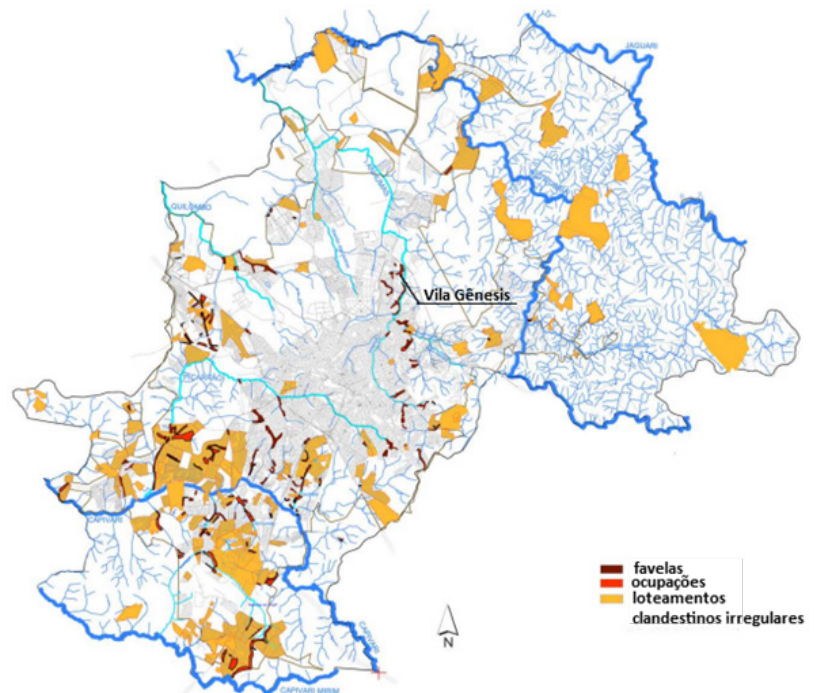
**FIGURA 3.** Mapa do Índice Paulista de Responsabilidade Social, por municípios, no Estado de São Paulo, relativo a 2018, com município de Campinas assinalado. Fonte: SIMA - Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2020, p. 95 a partir de dados da Fundação SEADE, trabalhada pelas autoras.



A partir da representação das Figuras 2 e 3, nota-se uma certa correspondência territorial evidenciando comparativamente que, em alguns casos, os indicadores socioeconômicos favoráveis estariam paradoxalmente associados, por inversão, aos desfavoráveis de saneamento de esgotos.

Campinas, como município do recorte de estudo, possui determinados indicadores contrastantes. De acordo com dados disponibilizados pela SIMA (2020), a cidade possui o melhor indicadores de saneamento, com ICTEM alto (7,6-10) o que é identificável na Figura 2, porém a maioria dos municípios da Região Metropolitana de Campinas apresenta ICTEM médio-alto (5,1-7,5). Segundo o Instituto Trata Brasil (s. n.), Campinas contemplava, em dados de 2018, 94,39% de esgotos coletados e 70,32% desses efluentes efetivamente tratados. Possui o indicador mais favorável de IPRS (Figura 3), inserida no grupo dinâmico, Desdobrando-se o IPRS, Campinas apresenta a dimensão riqueza alta, longevidade alta e escolaridade baixa (SIMA, 2020).

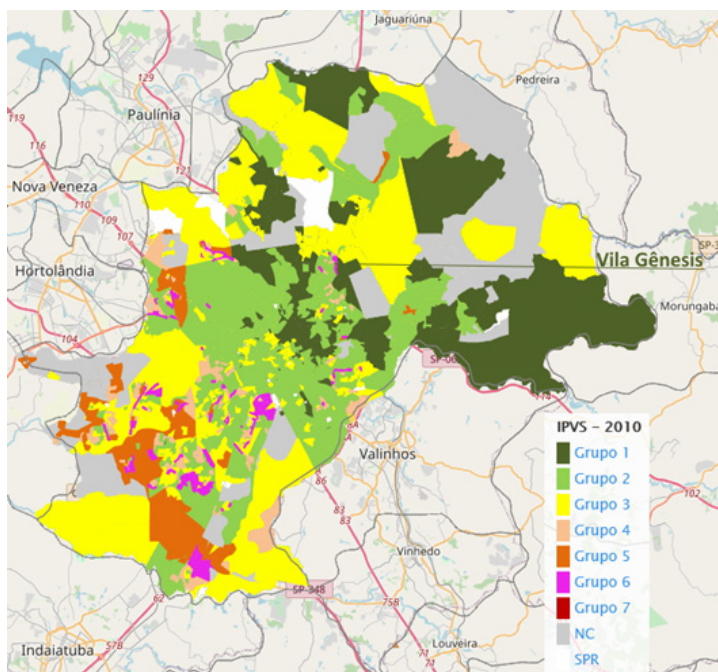
Gianoni (2020, p. 353) aponta o déficit habitacional em Campinas, em 2020, da ordem de 42 mil pessoas e 360 ocupações. O Plano Municipal de Habitação de Campinas (PMC, 2011) estimava o déficit habitacional em 2010 em 30.871 domicílios sendo 17.828 em assentamentos precários. A Figura 4 expõe setores de habitação precária no município de Campinas, a partir de dados de 2008, onde é possível notar o padrão predominante de precariedade periférica. A Figura 5 ilustra áreas com os respectivos Índices Paulista de Responsabilidade Social do município (SÃO PAULO, SEADE, s. n.). Ao analisarmos comparativamente os dois mapas é possível apreender uma convergência entre lotes não regularizados e localidades de vulnerabilidade alta e muito alta, especialmente na região sudeste. O setor do estudo de caso corresponde ao Grupo 6 - vulnerabilidade muito alta, aglomerados subnormais - envolvido por manchas dos Grupos 1, 2 e 3. O Índice de Vulnerabilidade Social se organiza em 7 Grupos sendo: Grupo 1 (baixíssima vulnerabilidade); Grupo 2 (vulnerabilidade muito baixa); Grupo 3 (vulnerabilidade baixa); Grupo 4 (vulnerabilidade média - setores urbanos); Grupo 5 (Vulnerabilidade alta - setores urbanos); Grupo 6 (vulnerabilidade muito alta - aglomerados subnormais) e Grupo 7 (vulnerabilidade alta - setores rurais) (SEADE, s. n.).



**FIGURA 4.** Favelas, ocupações e loteamentos irregulares no município de Campinas. Fonte: PMC, 2011, p. 34, a partir de dados de Campinas, 2008, trabalhada pelas autoras.



**FIGURA 5.** Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS). Município de Campinas, 2010.  
Fonte: SÃO PAULO, SEADE, s. n., trabalhado pelas autoras.



Contrastando com o estatuto legal desenvolvido para o saneamento de esgotos, é constatada a sofrível realidade. O quadro legal apresenta diretrizes nacionais de saneamento, pela Lei no. 11.445 (BRASIL, 2007), que estabelece a universalização, o acesso e a integridade dos serviços, o tratamento em conformidade com as necessidades da população, a utilização de técnicas buscando a efetividade ou peculiaridades locais e regionais, a análise de serviços em correspondência ao planejamento urbano e regional, a promoção de saúde pública e ambiental, a eficiência e sustentabilidade econômica, a utilização de técnicas de acordo com as tecnologias e com o orçamento dos usuários, a adaptação de técnicas efetivas e progressivas, e “a transparência das ações, o controle social; a segurança, qualidade e regularidade; a adoção de medidas de fomento à moderação do consumo de água, através da eficácia, segurança, qualidade, sustentabilidade ambiental e regularidade” (BRASIL, 2007). As diretrizes da Lei no. 11.445 (BRASIL, 2007), preveem a titularidade dos municípios para o planejamento e implantação do saneamento conforme as necessidades e preexistências para sua universalização. No entanto, não se especificam prazos para que os governos municipais cobrem de prestadoras de serviços para o atendimento: permite-se, portanto, que metas, regulação e qualidade de serviços sejam estipuladas pelas próprias empresas, contribuindo para a indeterminação do atendimento e universalização do saneamento. (FURIGO, 2020).

A atualização do marco legal de saneamento básico, pela Lei no. 14.026 (BRASIL, 2020), prevê a implementação de serviços de esgotamento para, pelo menos, 90% da população até 2033, bem como a redução de custos e a eficiência de tratamento. As novas diretrizes preveem a inserção de empresas privadas no mercado de prestação de serviços,

o aumento de concorrência e a quebra de contratos de preferência por empresas públicas. A definição será feita pelo governo municipal através da abertura de contrato e concessão por solicitação obrigatória de licitações. Essas medidas presumem maior participação da Agência Nacional de Águas (ANA), como agência reguladora para padrões na qualidade, eficiência e fiscalização de valores tarifários com intuito de evitar ônus excessivos. Segundo a Lei no. 14.026, BRASIL, 2020), prevê-se que as normas de regulação dos serviços públicos de saneamento instituídas pela ANA deverão:

[...] I - promover a prestação adequada dos serviços, com atendimento pleno aos usuários, observados os princípios de regularidade, da continuidade, da eficiência, da segurança, da atualidade, da generalidade, da cortesia, da modicidade tarifária, da utilização racional dos recursos hídricos e da universalização dos serviços;

II - estimular a livre concorrência, a competitividade, a eficiência e a sustentabilidade econômica na prestação dos serviços;

III - estimular a cooperação entre os entes federativos com vistas à prestação, à contratação e à regulação dos serviços de forma adequada e eficiente, a fim de buscar a universalização dos serviços e a modicidade tarifária;

IV - possibilitar a adoção de métodos, técnicas e processos adequados às peculiaridades locais e regionais;

V - incentivar a regionalização da prestação dos serviços, de modo a contribuir para a viabilidade técnica e econômico-financeira, a criação de ganhos de escala e de eficiência e a universalização dos serviços;

VI - estabelecer parâmetros e periodicidade mínimos para medição do cumprimento das metas de cobertura dos serviços e do atendimento aos indicadores de qualidade e aos padrões de potabilidade, observadas as peculiaridades contratuais e regionais;

VII - estabelecer critérios limitadores da sobreposição de custos administrativos ou gerenciais a serem pagos pelo usuário final, independentemente da configuração de subcontratações ou de subdelegações;

VIII - assegurar a prestação concomitante dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. (BRASIL, 2020, art. 4-A, § 3)

Teoricamente, o ingresso de empresas privadas possibilitaria a concorrência perante a precificação e qualidade dos serviços. Questiona-se, contudo, se o saneamento, como direito fundamental e não como mercadoria, seria promovido pelo setor privado com a mesma eficiência

e qualidade para localidades em que não representem lucro, ou seja, prioritariamente as regiões com precariedades ou fragilidades socio-espaciais e ambientais. Iniciativas privadas supõem lucro e, portanto, o pagamento de encargos pelos serviços prestados aos usuários, estipulados pelas próprias empresas, mediante o estabelecimento de cláusulas e regulamentações de funcionamento.

Comparativamente às regiões urbanas centrais, no sistema centralizado hoje vigente, levar infraestruturas para regiões periféricas, compostas por vazios urbanos e ocupações habitacionais informais seria muito custoso para empresas e, em correspondência, para os usuários arcar com os valores dos serviços fornecidos. Este regime atualmente proposto tende a potencializar os serviços de saneamento como mercadoria: redução de custos, padronização de serviços e visando lucro. Desse modo tenderia a agravar problemas de desigualdade, vulnerabilidade social e ambiental, bem como gastos e queda no quadro de saúde da população (FURIGO et al. 2018).

De acordo com Furigo et al. (2018), o modelo capitalista perante o atual sistema centralizado tenderia à ampliação de infraestruturas, através da expansão de serviços para áreas regularizadas e que pudessem arcar com os custos de construção/prestação. Segundo os autores, somados a esse fator, a falta de destinação de verbas, o desinteresse do poder público em financiar obras de infraestrutura e regularização urbana, bem como a má elaboração de projetos técnicos e generalistas que não levam em conta as particularidades da malha urbana e a fisiologia territorial inviabilizam a universalização a curto/médio prazo mediante o paradoxo entre o avançado arcabouço legal e a gestão real.

Segundo diversos autores, na cidade informal as características de formação (sociais e físicas) são distintas do tecido urbano convencional, evidenciando a necessidade de medidas que possam prever a disposição heterogênea, abrangendo questões de urbanidade e função social, que devem ser consideradas na gestão de saneamento, caso contrário potencializam problemas de fragilidade socioespacial e ambiental, vulnerabilidade e desigualdade (FURIGO et al., 2018; COLOSSO; PAULA, 2020; LUZ, 2018; PENARIOL, 2020; ROCHA et al., 2020).

Segundo Furigo (2020), portanto, o enfrentamento do planejamento urbano necessita ser multisetorial, abrangendo conjuntamente a necessidade de superação do déficit habitacional, a reforma fundiária e urbana e o esgotamento sanitário, para o alcance da universalização, uma vez que na cidade informal a população sofre com problemas de ocupação de áreas de risco, ocupando áreas de proteção permanente ou de alta taxa de declividade, sem provimento adequado de infraestruturas e transporte público. Visto a exclusão do acesso à cidade, esta população recorre a formas precárias de vida, gerando riscos à saúde e contaminação ambiental (FURIGO, 2020).

No Brasil os serviços de saneamento de esgotos são realizados majoritariamente por sistemas centralizados, que exigem complexas construções auxiliares de coleta, transporte, estações elevatórias, coletores troncos e estações centrais de tratamento (ETEs) e emissários que dispõem os efluentes tratados em corpos hídricos. No processo convencional, o rápido tratamento é atingido devido ao uso de processos químicos. No entanto, essas grandes infraestruturas, apresentam alto custo de implantação e manutenção, dada sua escala e a necessidade de malhas de coleta, transporte e da demanda energética para seu funcionamento (TEIXEIRA, 2020). Conforme Teixeira (2020), estes sistemas são adequados em cidades centralizadas, onde o contingente populacional se concentra necessitando, portanto, de uma malha hidráulica também adensada. Segundo a autora, em cidades como Campinas, de constituição urbana espraiada, com regiões periférica e vazios urbanos, a estratificação socioterritorial reitera a fragilidade socioespacial de forma a excluir a população que não consegue pagar por essas custosas infraestruturas.

Em ocupações não regularizadas, a ausência de infraestrutura de esgotos é responsável pela queda no quadro de saúde da população e acarretando a contaminação hídrica e de solos. Tendo em vista esta realidade, a disposição de sistemas convencionais tem contraditoriamente inviabilizado a universalização do saneamento. Este estudo, portanto, prevê a utilização de técnicas de fitorremediação, como Soluções baseadas na Natureza, como infraestruturas alternativas de tratamento, para comunidades em situação emergencial, sem provimento de esgotamento sanitário.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada mediante seleção, investigação e análise crítica de referências bibliográficas, documentais, de trabalhos acadêmicos, de veículos midiáticos, bem como de empresas especializadas, para construção de um panorama sobre sistemas de fitorremediação em técnicas de jardins filtrantes ou wetlands, como solução alternativa ao modelo convencional, visando a eleição de uma técnica aplicável em situações emergenciais ou de carência de infraestrutura de esgotamento sanitário. Como estudo de caso elegeu-se um recorte territorial na Vila Gênese, em Campinas, São Paulo, dada sua condição de ocupação informal em área de proteção permanente, lindeira ao Ribeirão Anhumas. Predica-se que esta metodologia possa ser aplicável em circunstâncias semelhantes. Desse modo, o arcabouço teórico foi fundamental para eleição de um sistema adequado de fitorremediação, conforme as necessidades do recorte da área de estudo.

Para os ensaios de implantação, foram realizados levantamento e análise de dados cartográficos e aerofotográficos, investigação da situa-

ção territorial concernente ao estudo de caso, e seleção da área mais vulnerável para estabelecer a população atendida. A partir desta eleição foi definido o local de instalação apropriado e realizados cálculos para dimensionamento do sistema de tratamento. Para tanto, estabeleceu-se uma referência específica mediante a qual foram adotadas informações técnicas e construtivas que resultaram em desenhos de representação da solução proposta. Considera-se que esta metodologia, em situações reais, contemple a participação da comunidade envolvida bem como a realização de interfaces institucionais, o que está fora do âmbito do presente trabalho.

Para a reflexão teórica da pesquisa, foram investigados aspectos gerais sobre o panorama da universalização dos serviços de saneamento de esgotos no Brasil e no município de Campinas, buscando estabelecer relações comparativas com marcos legais existentes, em escala federal, estadual, municipal.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

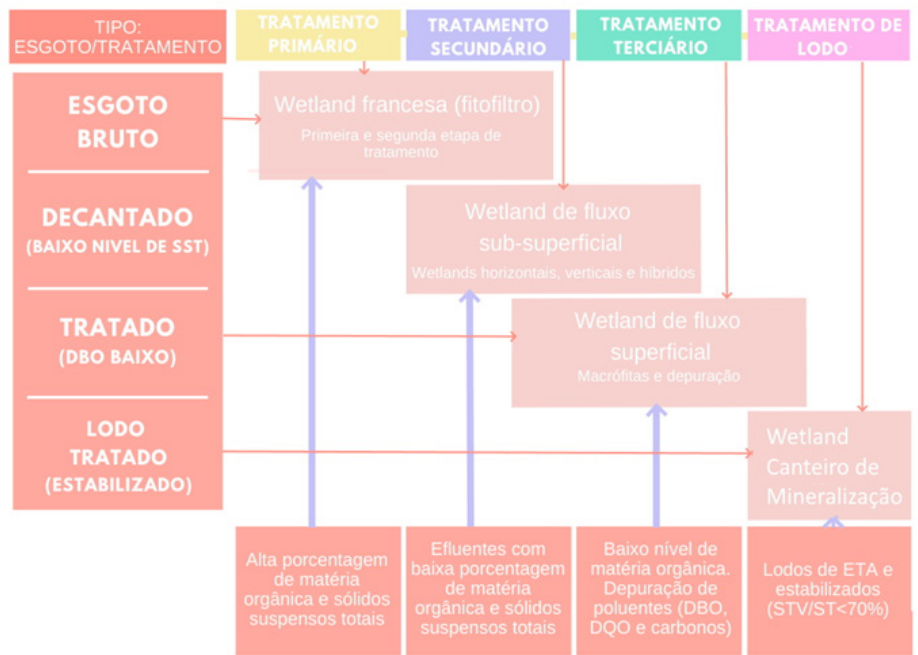
Wetlands construídas são sistemas artificiais simulando os que existem na natureza, compostos por solos hidromórficos (parcialmente alagados) e plantas aquáticas. Nos sistemas construídos há o controle hidráulico de vazão de efluentes, de sua saturação, a determinação dos tipos de processos - aeróbico, anaeróbico ou anóxico - e a condutividade hidráulica (RUBIM, 2016). São utilizados meios suportes - brita e areia - onde ocorrem processos de filtração e processos bioquímicos. As plantas são importantes para a remoção de moléculas responsáveis por contaminação hídrica, como as nitrogenadas (N), fosforadas (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) metais pesados (hipermaculadoras) e para a queda de Demandas Química/Biológica de Oxigênio (DBO/DQO), incorporadas para desenvolvimento vegetativo (SILVA, n. d.; SALATI et al., 2009; VALENTE et al., 1997). Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e Demanda química de oxigênio (DQO) são indicadores para analisar a quantidade de poluentes orgânicos biodegradáveis, através do cálculo da quantidade de oxigênio dissolvido (OD) utilizada para oxidar e estabilizar a matéria orgânica. O DQO é realizado por via química e por isso possui em resultado mais rápido que a DBO, por oxidação por meio de agentes decompositores (POÇAS, 2015; VALENTE et al., 1997).

Wetlands tem sido soluções alternativas que vêm sendo implantadas como tecnologias de baixo impacto para soluções de problemas urbanos, pois apresentam diversas vantagens. A princípio, são empregados por questões econômicas e estruturais, pois apresentam pouca complexidade operacional, aplicabilidade imediata, baixo custo tanto de implantação quanto de manutenção e adaptabilidade aos locais de implantação. Estes sistemas podem receber tanto efluentes domésticos quanto industriais, com contaminantes de metais pesados, sem

quaisquer tratamentos químicos ou mecânicos, requerendo baixo custo energético. Podem ter aplicações que resultam em qualificação ambiental e recuperação ambiental. Os jardins filtrantes podem ter benefícios sociais, como pela participação de comunidades locais na construção e manutenção do sistema, gerando empregos e desfrute. Os sistemas de fitorremediação por wetlands apresentam reduzida produção de lodo que podem ser utilizados como fertilizantes, energia por biomassa e rações (SALATI et al., 2009, SILVA, 2018; PIO et al., 2013; PHYTORESTORE, 2018).

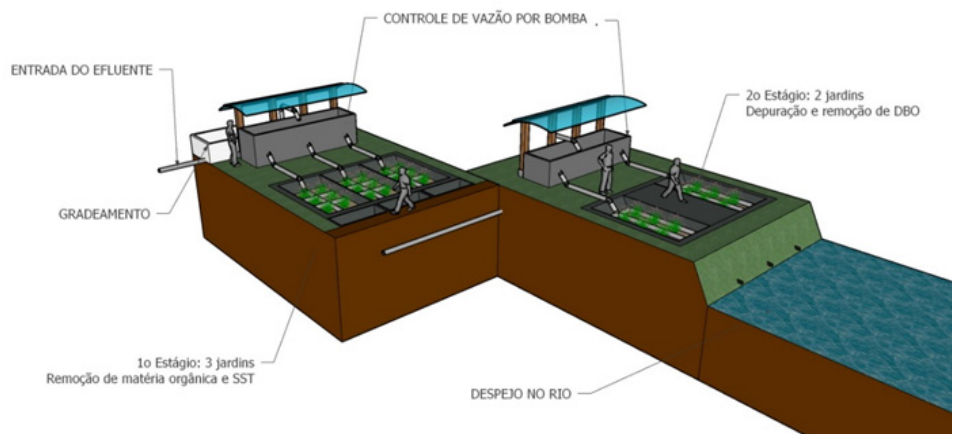
Em contrapartida, por serem soluções que envolvem processos naturais, necessitam tempo maior para a efetiva depuração, necessita manutenção da vegetação e monitoramento do sistema. Dependendo do tipo adotado, pode ocorrer proliferação de insetos ou problemas de colmatação, para o que é necessário o controle hídrico para evitar entupimentos e demandam uma maior área de construção se comparados aos sistemas convencionais (POÇAS, 2015; PHYTORESTORE, 2018). Colmatação é um processo que interfere na infiltração e drenagem ocasionado o entupimento do sistema, ao longo do processo de depuração de efluentes contaminados. Ocorre pelo acúmulo de matéria orgânica e afeta a condutividade hidráulica do sistema. Nas wetlands esse processo é atenuado pelo uso de macrófitas onde as raízes permitem a escavação de substratos e substratos com maior granulometria. (PHYTORESTORE, 2018; SILVA, 2018).

Existem diversos tipos de wetlands, conforme as necessidades de eficiência de tratamento, tipo de efluente de entrada, e área disponível para implantação. Sperling, e Sezerino (2018) os classificam como: de escoamento horizontal subsuperficial, de escoamento vertical e de escoamento vertical sistema francês. A empresa Rotatória do Brasil apresenta as possibilidades de wetlands de escoamento vertical (WTV) para tratamento após redução de sólidos; wetlands com aeração forçada (WTAr) para tratamento intensificado de efluentes pré-tratados; wetlands tipo Fito Filtro Francês (WTFF) para tratamento de esgoto bruto (efluentes e seus sólidos), wetlands de escoamento horizontal (WTH) para polimento de efluentes tratados e canteiros de mineralização de lodo (CML). A Figura 6, a seguir, apresenta um esquema destas tipologias:



**FIGURA 6.** Diagrama de wetlands equivalentes ao tipo efluente a ser tratado. Fonte: As autoras, adaptado de Rotária do Brasil, s. n.

O método adotado para o estudo de caso foi o Sistema Fito Filtro ou Francês. (Pragmifiltro), por se tratar de wetlands de fluxo subsuperficial vertical descendente que recebem esgoto bruto, sem tratamento prévio em tanque séptico. Este sistema permite a emissão direta em corpos hídricos, devido a sua segunda etapa de tratamento (SEZERINO; PELISSARI, 2021; SPERLING, 2020a). Constitui-se em duas etapas. Na primeira etapa, o esgoto de entrada passa por um gradeamento onde os sólidos mais grosseiros são retirados e encaminhado para reservatórios, cujos efluentes são lançados em intervalos por bateladas - por sifão ou bombeamento com baixo consumo energético, onde o controle de vazão é realizado. (SPERLING et al., 2018).



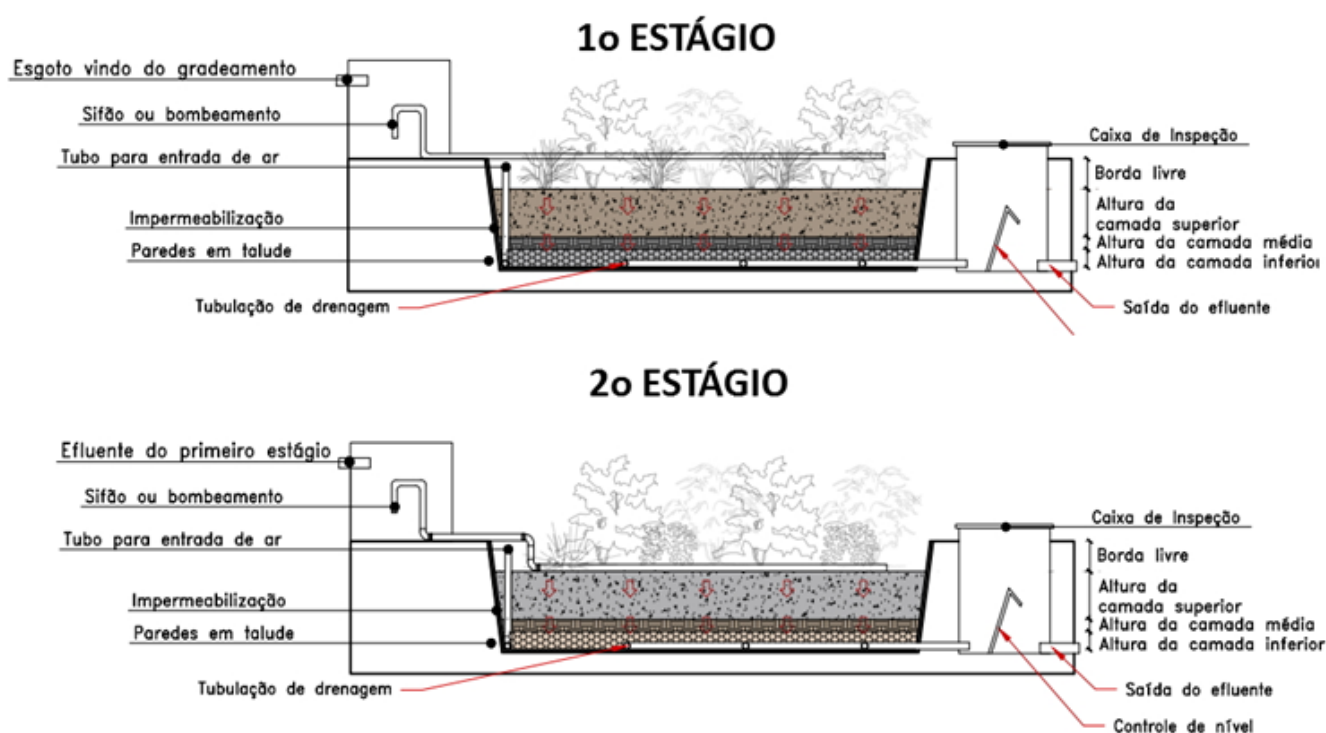
**FIGURA 7.** Esquema de wetland de Sistema Francês. Fonte: As autoras, com base em Arm Reed Beds, s. n

Através de condutores o efluente é vertido nos jardins compostos por camadas de brita e areia, responsáveis por filtrar e reter os Sólidos em Suspensão Totais (SST). Nesta fase são utilizados 3 meios: filtrante, transição e drenante (SEZERINO et al., 2021; SILVA, 2018). Os meios

filtrantes são escolhidos com granulometrias de acordo com as necessidades de tratamento. Os reservatórios devem conter uma altura de borda livre, para evitar transbordamento do sistema (SPERLING, 2020a). Em sistemas onde a granulometria é menor, os processos de filtração são mais eficientes, no entanto, necessitam de uma maior área construída ou maior tempo entre bateladas, bem como podem gerar maior colmatagem (SILVA, 2018).

Nesta etapa as wetlands são formadas por sistemas não saturados, em condições predominantemente aeróbicas, onde o efluente cobre parcialmente o jardim, evitando a proliferação de mosquitos. O meio é formado por oxigênio e água permitindo reações aeróbicas de oxirredução e nitrificação parcial da amônia (remoção de NTK= 60%), bem como a alta queda de DQO, cujo objetivo principal é a remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão bem como a nitrificação do nitrogênio amoniacal (SPERLING et al., 2018, p. 35). Nesse sentido as macrófitas são importantes pois não só permitem trocas gasosas e inserção do oxigênio no sistema, como também evitam a colmatagem, permitindo o acúmulo de SST em suas raízes e propiciando a formação de biofilme superficial que se mineraliza auxiliando na filtração. São responsáveis por agregar os poluentes (nitrogênio e fósforo) para o seu desenvolvimento vegetal. O efluente após o tratamento é recolhido canalizações e destinados aos reservatórios da segunda etapa de depuração.

**FIGURA 8.** Esquemas representativos em cortes das 2 etapas de wetland de Sistema Francês.  
Fonte: As autoras com base em Sperling et al., 2018.





A primeira etapa consiste em 3 unidades em paralelo, cujo dimensionamento padrão consiste em 1,2 m<sup>2</sup> por habitante (SILVA, 2018). Nesta etapa, os jardins possuem alternância de 3,5 dias de alimentação e 7 dias de descanso, para evitar colmatação e permitir a mineralização adequada dos lodos. São previstos pelo menos 40% a mais de área construída visando programas voltados ao ingresso, de suporte (gradeamento e reservatório) apoio e manutenção (SPERLING et al., 2018).

Ainda na primeira etapa o lodo acumulado na superfície passa por secagem e mineralização, formando uma camada importante para o meio filtrante do sistema. A matéria orgânica acumula cerca de 1,5 a 3 cm por ano, sendo necessária a remoção do lodo já mineralizado a cada 10-20 anos, para manter a condutividade hidráulica do sistema, desempenho de tratamento e trocas gasosas com o meio (SPERLING et al., 2018). A manutenção para evitar entupimentos da bomba, da grade, e dos encanamentos, se dá duas vezes por semana e há necessidade de operador para manejar a alternância de alimentação e repouso das células e controle da vegetação (SPERLING, 2020a).

A segunda etapa do Sistema Francês é necessária para adequação à norma de lançamento em efluentes mediante polimento e remoção complementar de matéria orgânica e sólidos e suspensão. Os tanques podem ser parcialmente saturados ou saturados pelo efluente, permitindo que ocorram tanto reações aeróbicas quanto anóxicas. Permite principalmente a remoção de nitrogênio total (NT) por processo de nitrificação da amônia. Nesta etapa são requeridos dois jardins em paralelo, demandando 0,8 m<sup>2</sup> por habitante, com alternância entre alimentação e repouso intercaladas a cada 3,5 dias (SPERLING, 2020b; SILVA, 2018).

Sperling et al. (2018) se referem a estudos e implantação de protótipos que, em países de clima tropical ou subtropical, apresentam maior eficiência de tratamento devido ao desempenho bioquímico. As pesquisas desenvolvidas apontam para uma diminuição da área construída para a primeira etapa, sem necessidade de um segundo estágio, sem redução da efetividade de depuração, bem como a diminuição da quantidade de lodo acumulado (menos de 1cm por ano) através do aumento da quantidade de bateladas por dia e, portanto, com maior volume de dejetos tratados (SEZERINO et al., 2021). A Tabela 1, abaixo, apresenta dados construtivos, com base em estudos realizados (SPERLING et al., 2018, p. 40-52), comparativamente a dados realizados por um sistema adaptado ao clima tropical.

ITEM	SISTEMA FRANCÊS TRADICIONAL		SISTEMA ADAPTADO
	1º Estágio:	2º Estágio:	1º Estágio:
(1) Área (m <sup>2</sup> )	1,2	0,8	0,8 - 0,6
(2) Unidades em paralelo	3	2	2
(3) Altura mín. da borda livre (m)	0,3	0,25	0,3
(4) Altura da camada superior do meio filtrante(m)	0,30 a 0,80	0,30 a 0,80	0,4
(5) Altura da camada média do meio filtrante(m)	0,10 a 0,20	0,10 a 0,20	0,15
(6) Altura da camada inferior de drenagem do meio filtrante(m)	0,20 a 0,30	0,20 a 0,30	0,15
(7) Leito Filtrante Superior (mm)	Brita 0: 4,8 a 9,5	Areia média ou grossa: 0,3 a 4,8	Brita #0 2,4-12,5 mm
(8) Leito Filtrante Intermediário (mm)	Brita 2: 19 a 25	Brita 0: 4,8 a 9,5	Brita #1 4,8-25 mm
(9) Leito Drenante Inferior (mm)	Brita 3: 25 a 50	Brita 2: 19 a 25	Brita #3 19-50 mm
(10) Vegetação	4 mudas/m <sup>2</sup>	4 mudas/m <sup>2</sup>	4 mudas/m <sup>2</sup>
(11) Altura da camada de líquido sobre o leito durante o pulso de dosagem da batelada (cm)	2 a 5	2 a 5	2,5 a 5
(12) Número de bateladas por dia	6 e 24 (1 a 4h)	6 e 24 (entre 3-4h)	12 a 24 (1 a 2h)
(13) Alternância entre leitões (Irrigação/Descanso) (dias)	3,5/7 (Ciclo total 10,5 dias)	3,5/3,5 (Ciclo total 7 dias)	3,5/3,5 ou 7/7
(14) Taxa de aplicação hidráulica superficial (máx.no leito de operação) m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	0,40	0,40	0,45 a 0,75
(15) Taxa de aplicação hidráulica instantânea (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h)	0,6	0,36	0,14 a 0,36
(16) Taxa de aplicação orgânica na unidade em operação	300 gDQO/m <sup>2</sup> .d	70 gDQO/m <sup>2</sup> .d	350 gDQO/m <sup>2</sup> .d
	150 g DBO/m <sup>2</sup> .d	20g DBO/m <sup>2</sup> .d	150 g DBO.m <sup>2</sup> .d
	30 g NTK/.m <sup>2</sup> .d	15 g NTK/m <sup>2</sup> .d	30 g NTK/m <sup>2</sup> .d
(17) Vazão instantânea de alimentação	8 L/m <sup>2</sup> .min (0,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h)	-	8 L/m <sup>2</sup> .min (0,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h)

**TABELA 1.** Dados para construção de uma wetland, comparando o sistema francês e o sistema adaptado ao clima tropical. Fontes: As autoras com base em: (1) (12) (14) (15) Sezerino et al., 2021; (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (13) (16) Sperling et al., 2018; Sezerino et al., 2021; (10) (11) Phytorestore, 2018; (17) (18) Sezerino et al., 2021; Sperling, 2020b.

A Tabela 2, a seguir, demonstra potenciais de remoção pelo sistema francês comparativamente ao sistema adaptado por Sperling et al. (2018, p. 51). As wetlands de Fito Filtro, diferentemente de outros jardins verticais, possuem potenciais de remoção de NTK ou nitrogênio Kjeldahl (nitrogênio amoniacal), evitando a proliferação de algas e diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido nos ambientes aquáticos. Além do NTK, nota-se a alta remoção de DBO, DQO, Nitrogênio amoniacal e SST.

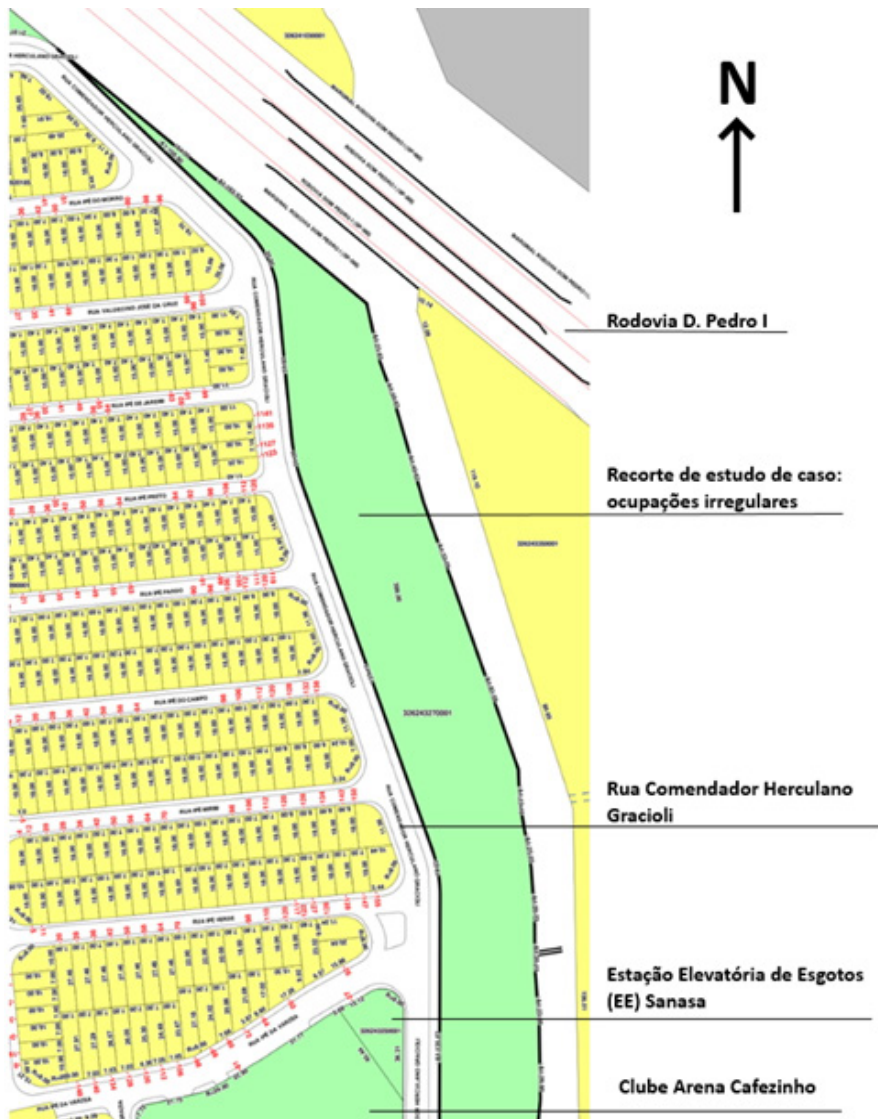
ITEM	SISTEMA FRANCÊS TRADICIONAL		SISTEMA ADAPTADO
	1° Estágio:	1°+2° Estágio:	1° Estágio:
DBO (1)	> 80 %	> 90 %	78%
DQO (2)	> 75 %	> 85 %	79%
NTK (3)	59%	84%	71%
SST (4)	> 80 %	> 90 %	81%
N amoniacal (5)	> 50 %	> 80 %	Sem dados
N total (6)	< 40 %	< 50 %	Sem dados
Fósforo total (7)	< 20 %	< 30 %	7%
Coliformes termotolerantes (8)	1 a 2 unidades log	1 a 2 unidades log	Sem dados
Ovos de Helmintos (9)	Sem dados	Sem dados	97%

**TABELA 2.** Dados de remoção, comparando o sistema francês (primeiro e segundo estágio) e o sistema adaptado ao clima tropical. Fonte: (1) (2) (3) (4) Sperling et al., 2018; Sezerino et al., 2021; (5) (6) (7) (8) Sperling et al., 2018; (9) Sperling, 2020b.

O local do estudo de caso localiza-se no bairro Vila Residencial Gênese, na zona leste de Campinas, que apresenta desigualdades contrastantes em seu entorno. A norte e leste do bairro, há um conjunto de condomínios de alta renda - Alphaville, Mont Blanc e Chácara São Rafael. Comparativamente, o entorno a sul é constituído por bairros recentemente regularizados ou em processo de regularização, de baixa renda e alta vulnerabilidade: Jardim Sapucaí, Vila Nogueira e Jardim São Quirino (COMPROMISSO CAMPINAS PELA EDUCAÇÃO, 2015).

Vila Gênese teve início em meados de 1989, com conformação de barracos ao sul da Estação de Tratamento de Esgoto Anhumas, situada nas margens do Ribeirão Anhumas. Foi considerado por muitos anos uma das principais áreas de risco de Campinas (CRISTIANE et al., 2019). Com o passar dos anos, devido a diversos problemas de salubridade e enchentes, essa população foi realocada para abrigos e habitações de interesse social, mas, por não se adaptarem aos novos locais, voltaram a ocupar as margens do Ribeirão Anhumas. O bairro, após diversas lutas, foi obtendo aos poucos regularização, certas infraestruturas e combate aos problemas de enchentes (SERRA et al., 2005).

**FIGURA 9.** Vila Gênese, Campinas: entorno imediato à área do estudo de caso. Fonte: Prefeitura Municipal de Campinas, s. n., trabalhado pelas autoras.



Atualmente o bairro ainda detém localidades não regularizadas e extensões de favelas, entre elas o recorte territorial de estudo de caso. A área relativa às ocupações informais é nomeada como Vila Moscou, uma extensão de aglomerados de 13km, que inicia próxima ao Núcleo Residencial Gênese e segue até área próxima à rua Dona Luiza de Gusmão, delimitada pelo Ribeirão Anhumas, a leste e pelo Bosque Chico Mendes a oeste. O recorte territorial objeto do estudo de caso se localiza na porção norte, limitado pela Rodovia D. Pedro I e, contraditoriamente, ao lado da Estação Elevatória de Esgotos Anhumas, sem possibilidade de regularização por se localizar em área de proteção permanente (APP). Pressupõe-se, portanto que, até ser remanejada, esta população não tenha acesso aos serviços de esgotamento sanitário.

Pauta-se pelo marco legal constitucional, da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988 (BRASIL, [1988], 2016) regulamentado pelo Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001) e o fato de que, embora ocupando ilegalmente a APP, os moradores encontram-se em situação emergencial, sem previsão realocação. Este trabalho considera que se

apresentaria um conflito entre dois direitos – o de habitação e o do meio ambiente. Tendo em vista essa realidade, como o provimento de habitação de interesse social é de responsabilidade pública, este trabalho propõe a infraestrutura de esgotamento sanitário por meio de técnicas de fitorremediação para suprimento imediato de forma a atender as necessidades urgentes da população e a proteção do Ribeirão.

## DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA PARA O ESTUDO DE CASO

Para ensaio de implantação de wetlands de Sistema Francês no local de estudo de caso, foi primeiramente realizada a delimitação da área de atendimento e o cálculo da população atendida. Foi verificada, para o recorte territorial, a média de moradores por residência, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, n. d.), como entre 3,89 e 5,62 e entre 3,51 e 3,88, nas áreas lindeiras (Figura 10). Foi adotado o valor de 5,62 habitantes por domicílio ocupado, considerando o mais desfavorável.

**FIGURA 10.** Média de moradores por domicílio ocupado na envoltória da área do estudo de caso, em dados de 2010. Fonte: IBGE, n. d. trabalhada pelas autoras.



A partir de dados de Gonçalves et al. (2020) foi adotado o valor de 11.000 m<sup>2</sup> como correspondentes à área de ocupação da população e 200 habitações para o estudo de caso. Portanto temos:

Área ocupada: 11.000 m<sup>2</sup> 200 habitações

5,62 moradores por residência

Total: 1.124 moradores a serem atendidos

Segundo Sperling et al. (2018) considerou-se a área superficial para o Sistema Francês como de 2m<sup>2</sup> por equivalente populacional atendido, somados mais 40% para área de manutenção, acesso e apoios.

Têm-se portanto o seguinte cálculo:

1.124 habitantes

2m<sup>2</sup> de área de wetlands por pessoa

Área útil wetlands: 2.248m<sup>2</sup>

40% de área para infraestrutura: 899,20,00m<sup>2</sup>

Área superficial total do sistema (opção 1): **3.147,20 m<sup>2</sup>**

Para conferir este cálculo preliminar, verificou-se o dimensionamento de eliminação de acordo com a Taxa de Aplicação Orgânica Superficial (gDBO/m<sup>2</sup>. d) e com a Taxa de Aplicação Hidráulica Superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d), como preconizado por Sperling et al. (2018, p. 56-60). Estes parâmetros consideram a efetividade de remoção de poluentes pelo sistema. Observa-se que, no 1º Estágio há a remoção expressiva dos mesmos e no 2º Estágio procede-se ao polimento dos efluentes e remoção complementar. Assim temos:

A carga de DBO do esgoto bruto é calculada como:

Carga de DBO do esgoto bruto (g/d) = carga per capita (g/hab.d) x população total (hab.)

Considerando a carga per capita típica de esgotos domésticos brutos como 60 g/hab.dia (SILVA, s. n.), temos:

Carga de DBO do esgoto bruto= 60 x 1.124 pessoas

Carga de DBO do esgoto bruto= 67.440g/d

Considera-se:

Carga de DBO afluente aos wetlands (g/d) = carga de DBO do esgoto bruto (g/d) x

[1 - (eficiência de remoção do tratamento prévio (%) /100)]

Portanto, tem-se:

1º Estágio:

Carga de DBO afluente aos wetlands = 67.440 x [1-(0/100)]

Carga de DBO afluente aos wetlands = 67.440g/d

E, para o 2º Estágio, a partir da Tabela 2, item (1), considerando a eficiência do 1º Estágio como 80%, tem-se:

Carga de DBO afluente aos wetlands = 67.440 x [1-(80/100)]

Carga de DBO afluente aos wetlands = 67.440 x 0,2

Carga de DBO afluente aos wetlands = 13.448g/d

Considera-se a área superficial requerida como:

Área superficial requerida (m<sup>2</sup>) = carga de DBO afluente ao wetlands (gDBO/d) ÷ taxa de aplicação orgânica superficial (gDBO/m<sup>2</sup>. d)

Considerando o item (16) da Tabela 1, tem-se:

1º Estágio:

$$\text{Área superficial requerida} = 67.440 \div 150$$

$$\text{Área superficial requerida} = 449,60\text{m}^2$$

Considerando 1 unidade em operação e 2 em descanso, soma-se como área total:

$$449,60 \times 3 = 1.348,8\text{m}^2$$

2º Estágio:

$$\text{Área superficial requerida} = 13.448 \div 20$$

$$\text{Área superficial requerida} = 672,4\text{m}^2$$

Considerando 1 unidade em operação e 1 em descanso, soma-se como área total:

$$672,40\text{m}^2 \times 2 = 1.344,80\text{m}^2$$

Área superficial total do sistema (opção 2):

$$1.348,8 + 1.344,8 + [0,4 \times (1.348,8 + 1.344,8)] = 2.693,60 + 1.077,44 = \mathbf{3.771,04\text{m}^2}$$

Para verificação pela Taxa de Aplicação Hidráulica Superficial, considera-se:

Área superficial requerida (m<sup>2</sup>) = vazão média afluente ao wetlands (m<sup>3</sup>/d) ÷ Taxa de aplicação hidráulica superficial resultante (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. d). Assim, tem-se:

Considerando o item (14) da Tabela 2, e o valor médio de contribuição de esgotos por pessoa/residência padrão baixo, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, pela NBR 7229 (ABNT, 1993), como 101l/dia, tem-se:

$$\text{Vazão média afluente ao wetland} = 101 \text{ litros/dia/pessoa} = 0,101\text{m}^3/\text{d} \times 1.124 \text{ pessoas} = 113,52\text{m}^3/\text{d}$$

1º e 2º Estágio:

$$\text{Área superficial requerida} = 113,52\text{m}^3/\text{d} \div 0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2. \text{ d}$$

$$\text{Área superficial requerida} = 283,8\text{m}^2$$

Considerando 1 unidade em operação e as demais em descanso, tem-se:

$$\text{Área superficial requerida 1º Estágio (total)} = 283,8 \times 3 = 851,4\text{m}^2$$

$$\text{Área superficial requerida 2º Estágio (total)} = 283,8 \times 2 = 567,6\text{m}^2$$

Área superficial total do sistema (opção 3):

$$851,4 + 567,6 + [(0,4 \times (851,4 + 567,6))] = \mathbf{1.986,6\text{m}^2}$$



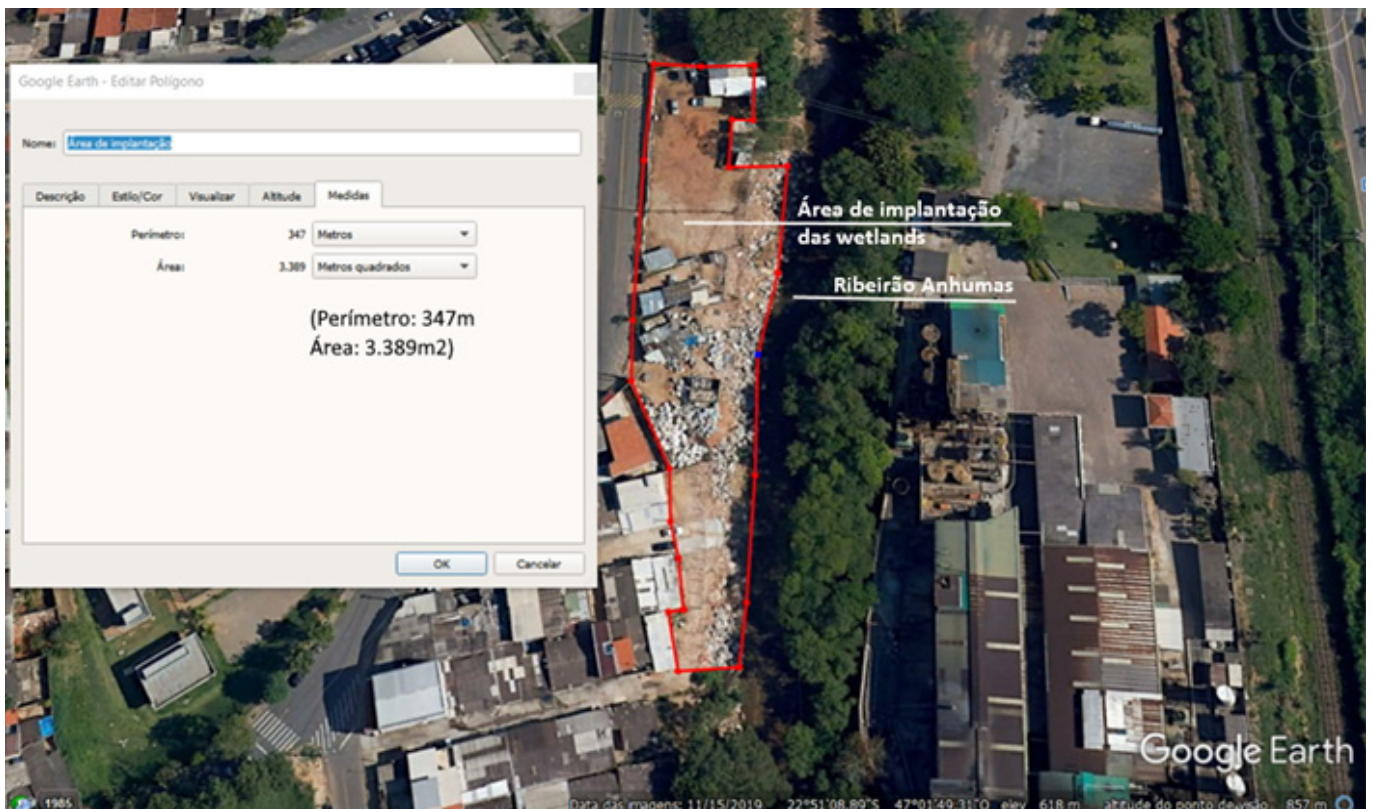


A Figura 12, abaixo, apresenta a situação atual do local de implantação com os atuais barracos de trabalho improvisados de modo precário, a serem reconstruídos convenientemente.



**FIGURA 12.** Situação atual da área de implantação das wetlands à Rua Comendador Herculano Gracioli, cuja função de separação de resíduos sólidos foi remanejada. Fonte: Google Earth, s. n.

O sistema contempla 3.389 m<sup>2</sup> de área superficial, considerada adequada mediante ajuste de área de apoio, que passa a ter 695,40m<sup>2</sup>, dado o fácil acesso à rua, conforme ampliada à Figura 13, delimitada em vermelho.



**FIGURA 13** Imagem de satélite com a delimitação da área destinada à implantação das wetlands demonstrando área disponível. Fonte: Google Earth, trabalhada pelas autoras.



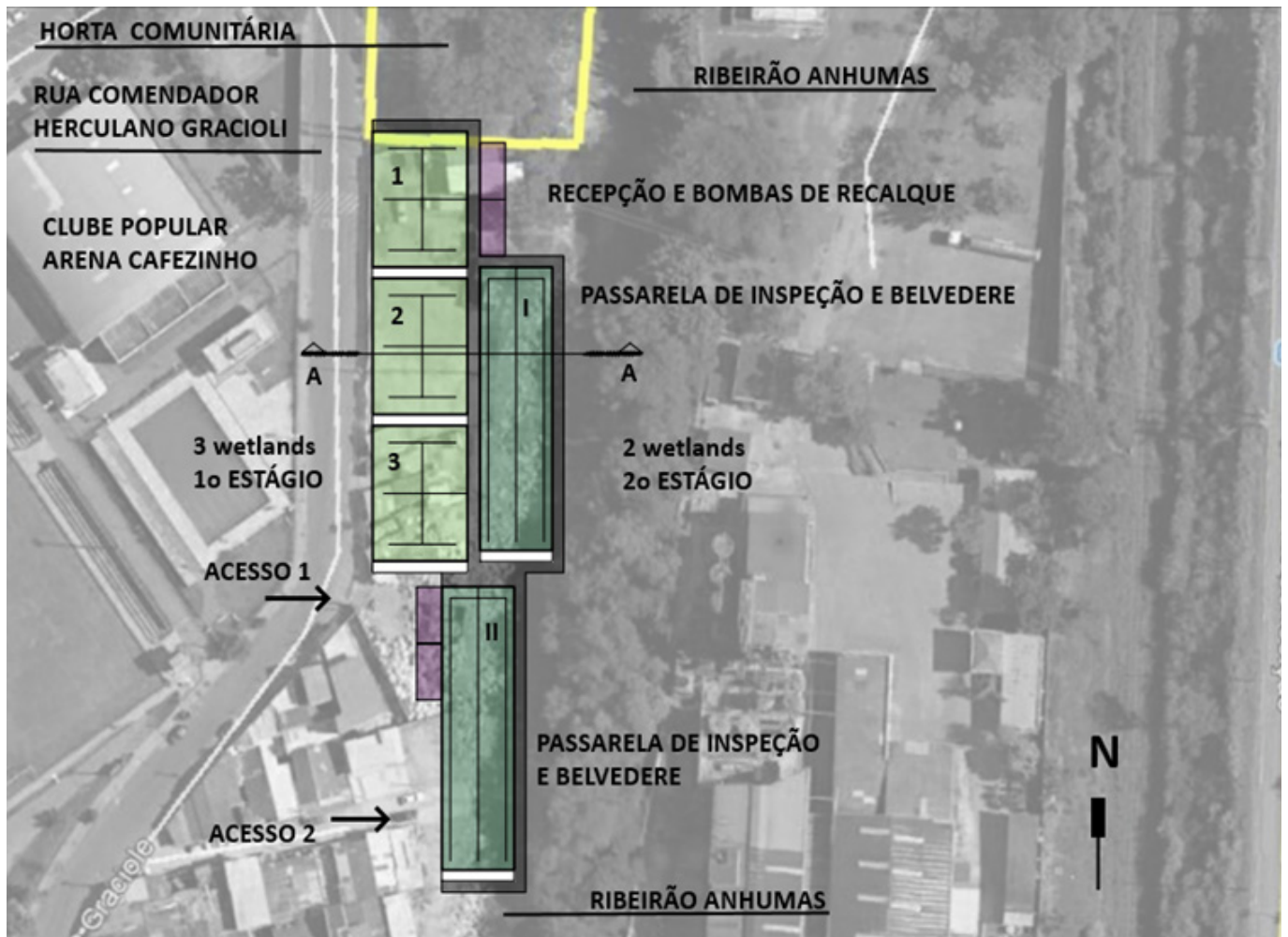


FIGURA 15. Implantação esquemática do Sistema Francês de wetlands sobre base de imagem de satélite. Fonte: Google Earth, trabalhada pelas autoras.

A Figura 16, abaixo, apresenta corte esquemático com descrição de alguns pormenores e medidas para a compreensão da construção do sistema de wetlands no local. Os reservatórios predispõem impermeabilização, estrutura conveniente, inspeções para cada estágio e bombas de recalque para bateladas. Situam-se à rua Comendador Herculano Gracioli, defronte ao clube popular Arena Cafezinho e a sul da horta comunitária completando o complexo de espaços coletivos urbanos.

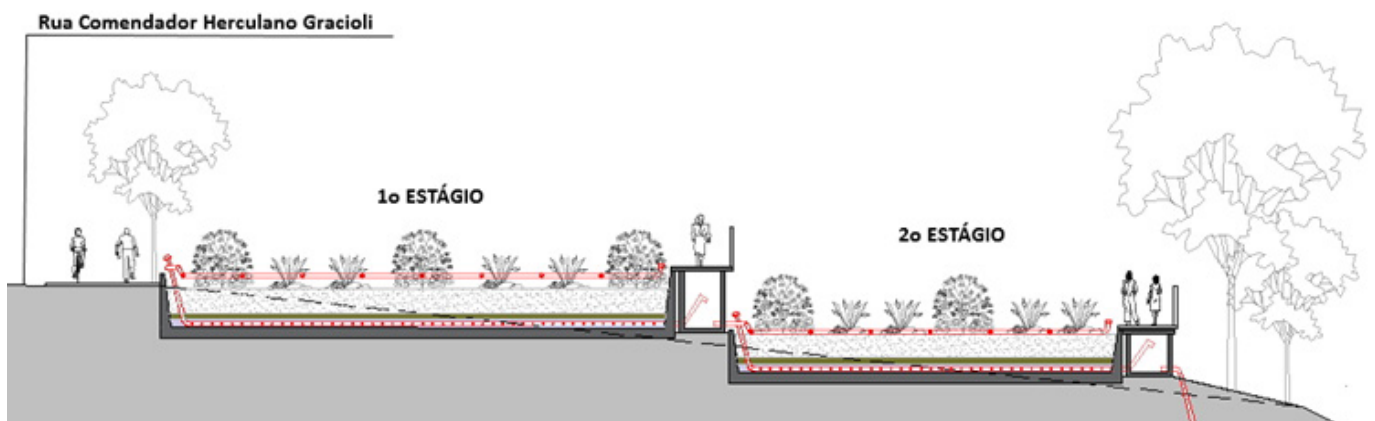


FIGURA 16 Corte esquemático das wetlands. Fonte: As autoras

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi proposto um sistema descentralizado de tratamento de esgotos domésticos por fitorremediação, mediante wetland de Sistema Francês, como Solução baseada na Natureza. O estudo de caso contempla uma ocupação irregular de habitações precárias em área de proteção permanente lindeira ao Ribeirão Anhumas, Campinas. Perante o conflito entre o direito à habitação e o direito ao meio ambiente e na falta de provimento do Estado, preconizou-se que seja possível, em situações de emergência, a instalação destes equipamentos, para salvaguarda das populações em situação de fragilidade socioespacial e ambiental e para a proteção do sistema hídrico, considerando-se o déficit habitacional e de esgotamento sanitário, distante do atendimento universal.

A metodologia compreendeu a eleição do sistema proposto devido à eficiência de tratamento, construção ágil, baixo custo e manutenção, operação simples e possibilidade de qualificação paisagística e apropriação social pela comunidade. Os cálculos confirmaram a possibilidade da instalação deste sistema no estudo de caso, como solução adequada perante o problema urgente de saneamento, com benefícios à preservação e qualificação da paisagem local que pode, em acréscimo, gerar processos participativos de educação socioambiental.

O estudo buscou, portanto, constituir um projeto piloto na Vila Gênese, Campinas que possibilite replicabilidade em situações semelhantes, extremamente reiteradas em metrópoles e cidades brasileiras, dada a insuficiência do provimento de infraestruturas de saneamento, cujo estatuto legal preconiza, contraditoriamente, sua universalização.

## REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ARM REED BEDS. Phragmifiltre. Arm Technology. Disponível em: <<https://armreedbeds.co.uk/projects/phragmifiltre/>>. s. n. Acesso em: 15 fev. 2021.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos. 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos. 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no. 186/2008. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, [1988], 2016. Disponível em: <[https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88\\_Livro\\_EC91\\_2016.pdf](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2021.

BRASIL. [Estatuto da Cidade]. Estatuto da Cidade. 3 ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008. Disponível em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70317/000070317.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2021.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. CASA CIVIL. SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. Lei no. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as

Leis nos. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei no. 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm)>. Acesso em: 20 abr. 2021.

BRASIL. Lei no. 14.026, de 15 de julho de 2002. Atualiza o marco legal de saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>>. Acesso em: 20 maio 2021.

COLOSSO, P.; PAULA, T. (Dir). Isabela Soares e Ricardo Moretti. Programa Meia Hora com o BrCidades, 37min56s., 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=duQ8Bl0OLac&t=18s>>. Acesso em: 24 out. 2020.

COMPROMISSO CAMPINAS PELA EDUCAÇÃO. Atlas revela abismo social entre bairros de Campinas, 2015. Disponível em: <<https://compromissocampinas.org.br/atlas-revela-abismo-social-entre-bairros-de-campinas/>>. Acesso em: 27 nov. 2020.

CRISTIANE, C.; LEMOS, I.; GUERRA, J. Ocupação irregular no Núcleo Residencial Gênese. 4m47s., 18 set. 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=4qL8kJhgjeo>>. Acesso em: 04 maio 2022.

FURIGO, R. F. R. Universalização do saneamento básico no contexto dos assentamentos precários urbanos brasileiros. 2020. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2020.

FURIGO, R. F.; FERRARA, L. N.; R.; SAMORA, P. R.; MORETTI, R. S. Universalização do saneamento: possibilidades para superar o déficit dos assentamentos precários urbanos. In: III SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE URBANIZAÇÃO DE FAVELAS (URB-FAVELAS). Salvador, BH, 2018. Disponível em: <<http://lepur.com.br/wp-content/uploads/2018/11/FURIGO-ET-AL-URB-Favelas-2018.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

GIANONI, R. Déficit de moradias atinge 42 mil pessoas em Campinas. Digitais PUC Campinas, 2020. Disponível em: <<https://digitais.net.br/2020/10/deficit-de-moradias-atinge-42-mil-pessoas-em-campinas/>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

GONÇALVES, B. B.; PAINELLI, G. A.; NASSIF, J. O.; ALMEIDA, J. G. R.; SILVA, L. A., Souza, R.; IRALA, S. Vila Moscou. Etapa 1 - Levantamentos. 2020. Monografia (Especialização) — Curso de Especialização em Habitação de Interesse Social e ATHIS, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2020.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/>>. Acesso em: 03 maio 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse por Setores. Sinopse do Censo 2010. Média de moradores por domicílio ocupado. Campinas, SP. s. n. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/>>. Acesso em: 14 jan. 2021.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Campinas. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/campinas>>. s. n. Acesso em: 10 jul. 2021.

LUZ, V. S. Por uma autonomia concretizável: Proposição de técnicas de arquitetura e infraestrutura de pequeno e médio porte para comunidades em regiões de fragilidade socioespacial e ambiental. In: V ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO. ARQUITETURA E URBANISMO NO BRASIL ATUAL: CRISES, IMPASSES E DESAFIOS (V ENANPARQ), Salvador. Anais [...]. v.1, p. 1082-1104. Salvador: UFBA, 2018. Disponível em: <<https://www.enanparq2018.com/copia-resultados>>. Acesso em: 12 set. 2020.

MDR. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. SNS. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SANITÁRIAS. Esgotamento Sanitário - 2019. 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitario>>. Acesso em: 08 jul. 2021.

MDR. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. SNS. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SANITÁRIAS. 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. Disponível em: <[http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico\\_SNIS\\_AE\\_2019\\_Republicacao\\_31032021.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf)>. Acesso em: 12 nov. 2020.

PENARIOL, J. (Ed.). Especialistas avaliam metas ambiciosas do novo marco legal do saneamento. TV Unesp, UNESP Notícias, Boletim. 45min21s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=vaC28DnGGV0>>. Acesso em: 24 out. 2020.

PHYTORESTORE. Jardins filtrantes: as plantas como agentes de poluição. São Paulo, SP, 2018. Disponível em: [https://issuu.com/meribeiriomendes/docs/jardins\\_filtantes\\_phytorestorebr\\_2](https://issuu.com/meribeiriomendes/docs/jardins_filtantes_phytorestorebr_2)>. Acesso em: 14 abr. 2021.

PIO, M. C. S.; ANTONY, L. P.; SANTANA, G. P. Wetlands construídas (terras alagadas): conceitos, tipos e perspectivas de remoção de metais tóxicos de água contaminada: uma revisão. Scientia Amazonia, v. 2, n. 1, p. 28-40, 2013. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/301543348\\_Wetlands\\_Construidas\\_Terras\\_Alagadas\\_Conceitos\\_Tipos\\_e\\_perspectivas\\_para\\_remocao\\_de\\_metais\\_potencialmente\\_toxicos\\_de\\_agua\\_contaminada\\_Uma\\_revisao](https://www.researchgate.net/publication/301543348_Wetlands_Construidas_Terras_Alagadas_Conceitos_Tipos_e_perspectivas_para_remocao_de_metais_potencialmente_toxicos_de_agua_contaminada_Uma_revisao)>. Acesso em: 14 maio 2021.

POÇAS, C. D. Utilização da tecnologia de wetlands para tratamento terciário: controle de nutrientes. 2015. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) — Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2015. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6139/tde-23112015-122556/publico/CristianeDiasPocas.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2021.

PMC. PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. COHAB. COMPANHIA DE HABITAÇÃO POPULAR DE CAMPINAS. Vila Parque Anhumas. Campinas: COHAB, 2007.

PMC. PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. SEHAB. SECRETARIA MUNICIPAL DE HABITAÇÃO. Plano Municipal de Habitação de Campinas. 2011. Disponível em: <<https://www.campinas.sp.gov.br/governo/habitacao/plano-habitacao.php>>. Acesso em: 11 dez. 2020.

PMC. PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. SEPLURB. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E URBANISMO. DUOS. DEPARTAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO. Nova lei de parcelamento, ocupação e uso do solo (LPOUS). s. n. Disponível em: <<https://zoneamento.campinas.sp.gov.br/>>. Acesso em: 14 out. 2021.

PROJETO ANHUMAS. Recuperação ambiental, participação e poder público: uma experiência em Campinas. s. n. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/projetoanhumas/destaca.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2021.

ROCHA, R.; SÁ, J.; DUARTE, R. (Produtores). Marco regulatório de saneamento e a privatização da água. Programa Contrafluxo. 83min40s, 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IJc8XgPL6ME>>. Acesso em: 24 out. 2020.

ROTATÓRIA DO BRASIL. Wetland para o tratamento de efluentes: filtro plantado ou wetland construído. Wetlands. s. n. Disponível em: <<http://brasil.rotaria.net/produtos/wetland/>>. Acesso em: 29 dez. 2020.

RUBIM, C. Tratamento de efluentes com wetlands e jardins filtrantes construídos artificialmente. Revista TAE, v. 6, n. 34, p. 10-19, 2017. Disponível em: <<https://www.revistatae.com.br/Artigo/36/tratamento-de-efluentes-com-wetlands-e-jardins-filtrantes-construidos-artificialmente>>. Acesso em: 09 jul. 2021.

SÃO PAULO [Estado]. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. SEADE. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Índice Paulista de Vulnerabilidade Social - IPVS versão 2010, 2010. Disponível em: <<http://ipvs.seade.gov.br/view/index.php>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

SÃO PAULO [Estado]. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. SEADE. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS 2014-2018. Versão 2019, 2019. Disponível em: [http://www.iprs.seade.gov.br/downloads/pdf/iprs\\_release\\_site.pdf](http://www.iprs.seade.gov.br/downloads/pdf/iprs_release_site.pdf)>. Acesso em: 09 jul. 2021.

SÃO PAULO [Estado]. SIMA. SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE. CPA. COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL. WATANABE, S. K.,; FERREIRA, T. C. M. (Orgs.). Meio ambiente paulista: relatório de qualidade ambiental 2020. São Paulo: SIMA, 2020. Disponível em: <[https://smastr20.blob.core.windows.net/publicacoes/RQA\\_2020\\_ONLINE\\_.pdf](https://smastr20.blob.core.windows.net/publicacoes/RQA_2020_ONLINE_.pdf)>. Acesso em: 14 out. 2020.

SALATI, E.; SALATI FILHO, E.; & SALATI, E. Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas. Piracicaba, SP: Instituto Terramax Consultoria e Projetos Ambientais, 2009. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/2011/12/sistema-wetlands.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2021.

SERRA, A. L. R., C.; SCARASSATTI, D. F.; PEDRO, F. G.; KATZ, J. P. Políticas de intervenção em áreas de risco no município de Campinas. Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidade de Barcelona, IX, v. 94, n. 75, 2005. Disponível em: <<http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-194-75.htm>>. Acesso em: 07 maio 2021.

SEZERINO, P. H.; PELISSARI, C. (Orgs.) (2021). Wetlands construídos como ecotecnologia para tratamento de águas residuárias: experiências brasileiras. 1ed. Curitiba, PN: Brasil Publishing, 2021. Disponível em: <https://gesad.paginas.ufsc.br/files/2021/02/E-book-WETLANDS-BRASIL-Experi%C3%Aancias-Brasileiras.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2021.

SILVA, R. G. Dimensionamento e construção de um wetland construído tipo francês para tratamento do efluente de um restaurante universitário. 2018. Trabalho de Conclusão

de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) — Departamento de Engenharia Ambiental, Curso Superior de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PN, 2018. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12129/1/LD\\_COEAM\\_2018\\_2\\_18.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12129/1/LD_COEAM_2018_2_18.pdf)>. Acesso em: 14 ago. 2021.

SILVA, C. E. Sistemas de tratamento de esgotos sanitários. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Centro de Tecnologia (CT), Santa Maria, RGS. n. d. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A1.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2021.

SPERLING, M.; SEZERINO, P. H. Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil. Documento de consenso entre pesquisadores e praticantes. Grupo de Estudos em Sistemas Wetlands Construídos Aplicados ao Tratamento de Águas Residuárias, Boletim Wetlands Brasil, Edição Especial. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado (GESAD), 2018. Disponível em: <<https://gesad.paginas.ufsc.br/files/2019/05/Boletim-Wetlands-Brasil-Edição-Especial-Dimensionamento-de-Wetlands-Construídos-no-Brasil-von-Sperling-Sezerino-2018-3.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2021.

SPERLING, M. Wetlands verticais (Sistema Francês) para o tratamento de esgotos brutos. In: SEMANA DA ENGENHARIA AMBIENTAL, ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (EESC-USP). 88m36s, 2020a. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=p65XbrO2ZXA&t=1056s&ab\\_channel=SemanadaEngenhariaAmbiental-EESC-USP](https://www.youtube.com/watch?v=p65XbrO2ZXA&t=1056s&ab_channel=SemanadaEngenhariaAmbiental-EESC-USP)>. Acesso em: 22 maio 2021.

SPERLING, M. Wetlands com Marcos von Sperling. Trabalho apresentado em Alternativas tecnológicas no saneamento: wetlands verticais e fossa verde, Associação Cearense de Engenheiros Ambientais e Sanitaristas (ACEAS). 21m12s, 20 jun. 2020b. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=vVBhJlGwC0c&t=1026s&ab\\_channel=ConversassobreSaneamentoetc](https://www.youtube.com/watch?v=vVBhJlGwC0c&t=1026s&ab_channel=ConversassobreSaneamentoetc)>. Acesso em: 17 maio 2021.

TEIXEIRA, C. M. Alternativas de saneamento descentralizado para assentamentos precários urbanos (APU). Estudo de caso: Loteamento Parque das Laranjeiras- Mogi Mirim/SP. 2020. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2020.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no Ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. Eclética Química Journal, v. 22, n. 1, p. 49-66, 1997. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-46701997000100005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46701997000100005&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 14 jun. 2021.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho se realizou a partir de Pesquisa financiada com Bolsa de Iniciação Científica concedida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PIBIC/CNPq).



### **Karen Murakava**

Estudante na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Campinas e bolsista no Programa: PIBIC/CNPq - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

E-mail: karenmurakava@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0670-766X>.

### **Vera Santana Luz**

Graduada pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Mackenzie (1978). Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2004). Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo desde 1986 e professora e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

E-mail: veraluz@puc-campinas.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6931-0574>.

**Recebido em:** 14/07/2021.

**Aceito em:** 28/06/2022.

# COMODIFICACIÓN DE LOS PARQUES: LAS SbN EN LA PRODUCCIÓN DEL ESPACIO VERDE EN LIMA

Victor Peña Guillen

## RESUMEN

Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), proponen alternativas para incrementar el acceso a los servicios ecosistémicos en la ciudad, a través de la instalación de infraestructura natural. Sin embargo, debido a su carácter técnico, estas propuestas no cuestionan el mecanismo productor del espacio; su rol se orienta principalmente a proveer el procedimiento de planificación y diseño empleando las funciones ecosistémicas, disponibles en el lugar, para crear un valor que sea aceptado por la sociedad. En este sentido las SbN intervienen mejorando las funciones ecosistémicas. Sin embargo, la estructura territorial subyacente ya viene siendo creada por la circulación de bienes y servicios en este espacio físico, cuya configuración se acomoda a la reproducción del capital que opera en los espacios urbanos. El presente documento cuestiona las estrategias de implementación de las SbN en las dimensiones sociales y políticas que tienen que ver con la producción y distribución del espacio urbano en un sistema de libre mercado. El método elegido consiste en identificar y analizar estas estrategias empleando el marco teórico la Ecología Política Urbana (EPU). El análisis tiene como objetivo identificar puntos de abordaje y aportes de las SbN a la solución estructural de la desigualdad en la distribución y acceso a los espacios verdes en la ciudad. Se sugiere una dirección para explorar la implementación de las SbN, que vaya más allá de su contribución en el incremento en calidad y cantidad de los espacios verdes, hacia su empleo como herramienta promotora de la acción social, por medio de la búsqueda e identificación de elementos que permitirían plantear estrategias espaciales que remarquen el rol fundamental del espacio en la experiencia y práctica de la vida social.

**Palabras clave:** SbN, Ciudad, Producción del Espacio, Comodificación, Servicios Ecosistémicos, Áreas Verdes Urbanas, Ecología Política Urbana (EPU).

# MERCANTILIZAÇÃO DE PARQUES: O SbN NA PRODUÇÃO DE ESPAÇOS VERDES EM LIMA

Victor Peña Guillen

## RESUMO

*Soluções baseadas na natureza (SbN), propor alternativas para aumentar o acesso aos serviços ecossistêmicos da cidade, por meio a instalação de infraestrutura natural. No entanto, devido ao seu caráter tecnicamente, essas propostas não questionam o mecanismo que produz o espaço; seu papel é principalmente orientado para fornecer o procedimento de planejamento e projetar usando as funções do ecossistema, disponíveis no local, para criar um valor que seja aceito pela sociedade. Nesse sentido, o SbN eles intervêm melhorando as funções do ecossistema. Ainda assim, a configuração territorial subjacente permanece funcional para a dinâmica capitalista de circulação de bens e distribuição desigual e acumulação de riqueza no espaço. O estudo atual aborda as estratégias de SbN e as questiona em relação à estrutura descrita de distribuição de espaço no mercado livre. O método selecionado é empregado para identificar e analisar essas estratégias utilizando o referencial teórico da Ecologia Política Urbana. Esta análise busca identificar as contribuições do NbS que buscam uma solução estrutural para a distribuição e acesso desigual dos espaços verdes urbanos. Sugere-se um direcionamento para garantir ao SbN um papel na promoção da ação social junto com a valorização dos espaços verdes. A chave para esse esforço é abraçar o caráter espacial do SbN e o grande papel que ele tem na prática e na experiência da vida social.*

**Palavras-chave:** *Soluções baseadas na natureza, Produção de Espaço, Commodification, Serviços de Ecossistemas, Espaços Verdes Urbanos, Ecologia Política Urbana.*

# **PARK COMMODIFICATION: NbS IN THE GREEN SPACE PRODUCTION IN LIMA**

Victor Peña Guillen

## **ABSTRACT**

*Nature based Solutions (NbS) is a toolbox that handles alternatives of ecosystem services provision in the cities through the installation of natural infrastructure. However, due to its technical nature, these proposals do not question capitalist space production system; it focuses on developing design and planning procedures that enhance the available ecosystem functions, while creating a society accepted value from it. Still, underlying territorial configuration remains functional to capitalist dynamics of circulation of goods and uneven distribution and accumulation of wealth. Current study address NbS strategies and questions it against the described framework of free market distribution of space. The selected method is employed to identify and analyze these strategies using the theoretical framework of Urban Political Ecology. This analysis looks to identify the NbS contributions that seek a structural solution to uneven distribution and access of urban green spaces. It is suggested a direction to ensure NbS a role on promoting social action along to the enhancement of green spaces. Key on these endeavor is to embrace the spatial character of NbS and the big role it has in the practice and experience of social life.*

**Keywords:** *NbS, space production, commodification, ecosystem services, urban green spaces, Urban Political Ecology*

*"En las ciudades capitalistas, 'la naturaleza' toma en principio la forma social de las mercancías" (Heynen et al. 2005)*

## 1. INTRODUCCIÓN

En las ciudades, la naturaleza es un componente del espacio que se interrelaciona con el elemento construido, y juntos conforman una nueva naturaleza, creada por el proceso de urbanización. La dimensión social opera dentro de esta segunda naturaleza urbana la cual, según Lefebvre (1974), ha sido transformada a partir de su estado original. Los atributos físicos presentes, tanto naturales como artificiales, corresponden a espacios producidos a partir de procesos sociales y ecológicos (Heynen et al. 2005). Los espacios urbanos emergentes aparecen desiguales en términos de acceso a los bienes y servicios. En las ciudades de Latinoamérica el heterogéneo patrón espacial urbano, también es el resultado de la forma en el cual el capitalismo ha transformado el territorio (Fix y Arantes 2021). Este proceso se presenta y observa particularmente a través de la desigual y heterogénea distribución espacial de las áreas verdes urbanas de Lima, cuyo proceso de urbanización servirá para proveer ejemplos en la secuencia del análisis.

El presente documento explora el modo en que las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), se constituyen como agentes creadores de espacio dentro del sistema socio-ecológico capitalista, que según la EPU es el sistema que construye el espacio urbano. En tal sentido, el presente ensayo adopta la tesis que sugiere que el proceso de transformación capitalista, influye en aquella producción del espacio, la que a su vez genera las desigualdades espaciales que mantienen el proceso de acumulación y circulación de capital en la ciudad de Lima.

El método empleado, en el presente documento, procura establecer un diálogo entre los principios que las SbN contienen, y la interpretación de la EPU, en relación la creación de espacios verdes de la ciudad capitalista. Específicamente se ha escogido al Criterio 7 del Estandar Global para las SbN (IUCN 2020), debido a su carácter adaptativo y a su alcance político y espacial, en cuanto a que permite adoptar aportes en función a la experiencia práctica, teniendo en cuenta la dinámica ecosistémica y como objetivo la resiliencia. A decir del mencionado criterio, "la gestión de la mayoría de los ecosistemas conlleva un grado inherente de incertidumbre, debido a su naturaleza compleja, dinámica y autoorganizada". Justamente, el mencionado Criterio sugiere que remarcando la acción social, los objetivos de resiliencia pueden ser abordados y alcanzados. A partir de esta comparación se identifican elementos que permitirían plantear estrategias espaciales que subrayen el aporte de las SbN en el rol fundamental del espacio para la experiencia y práctica de la vida social.

La presente iniciativa se inspira y justifica en lo que Davies et al. (2021), indican acerca de la necesidad de una mayor investigación que permita añadir, primeramente, elementos empíricos que incluyan un adecuado conocimiento en las SbN. Estos autores resaltan que, complementariamente a lo anterior, es urgente implementar un cambio radical o transición en la iniciativa política hacia las SbN. Esta urgencia en la acción es requerida para abordar efectivamente los desafíos presentes relacionados a la degradación ambiental y al cambio climático que esta impactando severamente a las sociedades, el ambiente natural y la economía.

Pietta y Tononi (2021), comparan las SbN con la solución para incorporar la naturaleza en el medio urbano, propuesta por Ebenezer Howard. La alternativa de Howard fue el modelo de la ciudad jardín, el cual se fundamentaba en la distribución ordenada de espacios urbanos y áreas naturales o rurales, siguiendo una configuración de anillos concéntricos para ir localizando alternativamente ambos tipos de uso del suelo. Los autores señalan que aquella propuesta fue funcional al capitalismo y no removi6 las causas de la degradación ambiental. Esta propuesta adecu6 los espacios a la lógica de localización y acumulación de la riqueza. En vista de lo expuesto, estos autores se formulan la siguiente pregunta: ¿serán las SbN otro intento, similar al de Ebenezer Howard?

Teniendo en cuenta el anterior cuestionamiento, la crítica neo-marxista se pregunta lo siguiente: ¿no será necesario un cambio en la estructura del sistema socio-ecológico que genera la desigualdad en la distribución de espacios verdes? ¿no serán necesarias herramientas que colaboren en esa transformación socio-ecológica? ¿cómo puede las SbN incorporarse a un proyecto emancipador del capitalismo? ¿es a través de la acción social? El presente artículo provee el contexto para dicha discusión, y busca un punto de encuentro entre las propuestas de cambio sostenidas por la EPU y la implementación de los estándares SbN.

Tomando como referencia el marco de estudio mencionado líneas arriba, se asume que el diseño y el planeamiento de áreas verdes deberán tener en cuenta el funcionamiento metabólico, que caracteriza la operación del sistema capitalista en la dimensión socio-ecológica de la ciudad, para así poder influir en la trayectoria futura desde dentro del sistema socio-ecológico actuante. El presente análisis observa el caso de la ciudad de Lima, el cual provee ejemplos de funcionamiento del metabolismo señalado líneas arriba, que se refleja a través de la desigual configuración espacial de las áreas verdes observada en la escala del distrito de La Molina (Peña 2009). La segunda naturaleza urbana que así se presenta, está compuesta no solo por la infraestructura natural, sino también por la institucionalidad formal e informal que la sostiene.

## 2. MÉTODO DE ANÁLISIS

El método de estudio consiste en comparar los estándares SbN frente a los principios de la EPU, que se alimenta del marco teórico de la Teoría Crítica urbana. Estas teorías se emplean en la identificación y descripción de la operación del sistema de producción social del espacio en la ciudad de Lima.

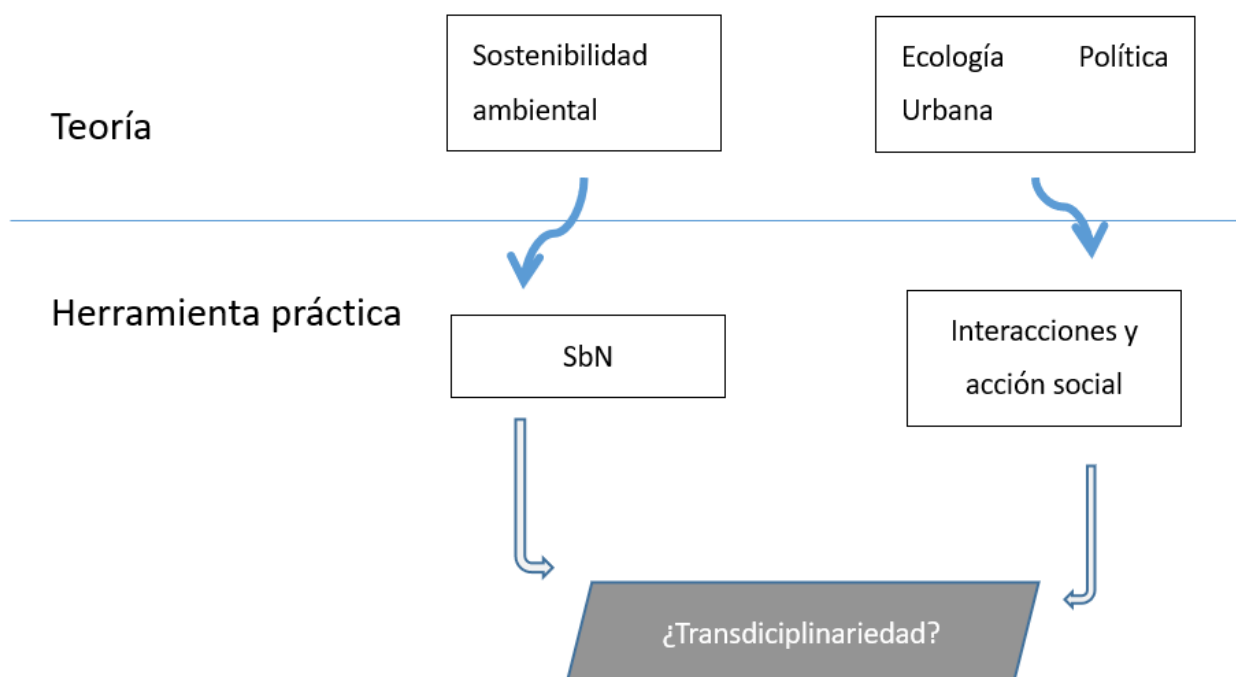
La secuencia metodológica tiene dos etapas, la primera se inicia con la revisión de la posición crítica neo-marxista, sostenida por la EPU, acerca de los mecanismos de generación del espacio. En este primer paso, se procede a reconocer el lugar y a la oportunidad que presenta la implementación de las SbN en este contexto teórico. El objetivo es identificar los atributos de las SbN que permitan la disminución de las desigualdades en el acceso a las áreas verdes y a sus servicios en la escala de vecindario. El eje orientador sigue la propuesta de Pedrolí et al. (2007), en cuanto a que el desarrollo de nuevos paisajes vivos debe descansar en un proceso participativo teniendo respeto por sus valores inherentes.

La segunda etapa del análisis, encuadra los mensajes teóricos de la EPU, y su mensaje de acción social, con las premisas que sostienen la herramienta SbN. El punto de encuentro se establece en un término común que es la práctica transdisciplinaria. Esta práctica integra a los investigadores académicos con los socios no académicos, tales como gerentes, administradores y el público local, para realizar objetivos comunes (Sevenant y Antrop 2010). El rol de las instituciones es destacado en esta dimensión común, pues a través de aquellas se trasladan los principios guía, en los que se fundamentan generalmente las recomendaciones de sostenibilidad ambiental, los cuales según la EPU siguen manteniendo los procesos de transformación metabólica del espacio urbano. De este modo la teoría ambiental que fundamenta la herramienta SbN, se encuentra con la teoría de la EPU, que a su vez se expresa en la herramienta de principios y que se encuentra alineada con las SbN en el mismo nivel de proposición y contraste a escala vecinal donde los usuarios interactúan.

La identificación y descripción de los puntos de encuentro entre ambas corrientes de interpretación y acción, permite proponer la siguiente pregunta: ¿de qué modo las estrategias SbN y el mecanismo de producción social del espacio interpretado a través de la EPU permiten plantear un parámetro común para estudiar los factores que influyen el uso y acceso de los parques en Lima? La hipótesis sostiene que esta influencia se desarrolla en torno al valor de cambio y es implementado a través de estrategias transdisciplinarias.

Los conceptos referidos a la formación de los valores de uso y de cambio de los parques, se emplean para identificar y describir, el mecanismo metabólico que origino su particular localización. El conocimiento del mecanismo de evolución a través del uso y mercantilización de los parques permite nivelar ambas herramientas practicas (estrategias de las SbN y propuestas de acción social) en un solo estrato de comparación y análisis (ver Figura 1).

**FIGURA 1.** Esquema de comparación metodológica.



### 3. EL MECANISMO DE PRODUCCIÓN SOCIAL DEL ESPACIO

El presente estudio asume la espacialidad de las relaciones sociales, donde las escalas reflejan diferencias reales en la organización espacial de la sociedad; estas diferencias a su vez son socialmente producidas. El análisis usando las escalas, opera a través del ensamblaje de una serie de categorías espaciales que se emplean para investigar el cambio social (Collinge 2005).

Las áreas verdes son objetos cuyos atributos físicos no son permanentes, su cambio es influenciado por la interacción con la sociedad que conjuntamente evoluciona culturalmente. De este modo, un parque puede interpretarse, primero, como parte de un proceso, donde el espacio físico emerge en su interacción con el ser humano, cuya participación permite que sus beneficios se realicen (Micheletti 2003).



El valor de uso de las áreas verdes en la ciudad es un elemento conceptual presente en el análisis. Este depende de sus atributos, tanto ecológicos como sociales; estos atributos condicionan el nivel de satisfacción de las necesidades de las personas que visitan estas áreas. Esta transformación de las funciones ecosistémicas en valor de uso, o comodificación, representan los eventuales servicios que aquellas áreas proveen (por ejemplo recreación, calidad del aire, etc). La comodificación lleva a desagregar el complejo total de los ecosistemas en componentes o mercancías comercializables. Los mencionados atributos de los parques se transforman en mercancías a través del uso, y se convierten en un área verde que es sujeta a transacción por medio del precio de venta de los terrenos y luego en el pago de tributos o arbitrios municipales para su mantenimiento. El uso de los parques, en la escala de vecindario, permite a su vez la aparición de redes de personas que acceden y usan espacio público. El valor de uso se emplea incluso, para identificar las estrategias espaciales de resistencia a la influencia del capitalismo en el desarrollo espacios desiguales.

### **3.1 Interpretación de la producción del espacio según la EPU**

Según la Ecología Política Urbana (EPU), las ciudades capitalistas constituyen densas redes de procesos socio-espaciales que permiten la circulación y acumulación del capital, y que a su vez generan las desigualdades espaciales que mantienen el ciclo indicado. El espacio urbano posee así, un metabolismo socio-económico que hace más visible la transformación de la naturaleza que la aprovisiona y la mantiene (Heynen et al. 2005). La EPU es una disciplina que se alimenta de la Teoría Crítica marxista y de la Geografía radical; su mensaje urge una recomposición del sistema capitalista de producción del espacio y de los procesos socio-ecológicos que los sostienen. Cabe señalar que esta corriente forma parte de una de las tres tareas a las que, según Latour (2005), se han abocado las ciencias sociales; en este caso corresponde a aquella orientada a resolver la cuestión social planteada por Castells (1974), y que de esta manera ofrecen elementos para la acción política.

La producción de espacios urbanos, que contienen naturaleza, continúan respondiendo a las lógicas de circulación y acumulación del capital en el espacio de la ciudad (Swyngedouw 2000). El discurso y narrativa de la EPU señala que se debe incluir la acción política la gestión del medio ambiente a fin de reemplazar las condiciones socio-ecológicas presentes a través de una transición hacia un modelo de gestión diferente al paradigma metabólico de consumo de recursos establecido por el sistema capitalista.

El desarrollo económico de un país, en términos de su producción y exportación de mercancías, está interrelacionado con el proceso de ur-

banización durante las primeras etapas de su desarrollo y crecimiento económico (Di Clemente et al. 2021). Los espacios urbanos contribuyen al proceso de transformación de la naturaleza al requerir bienes y servicios para el mantenimiento del sistema socio-económico e institucional vigente. En las ciudades peruanas el sistema económico adoptado, permite la libre circulación y propiedad de bienes y servicios; como resultado de su funcionamiento, los procesos socio-ecológicos vienen generando espacios verdes heterogéneos distribuidos desigualmente. El acceso por tanto depende de la configuración espacial de las áreas verdes en la ciudad. Esta configuración esta relacionada a los procesos socio-ecológicos de distribución y acumulación de capital, que han influido en la localización de los habitantes según sus niveles socio-económicos (Swyngedouw 2000).

El parque es un espacio de uso, que es reflejo de la acción y voluntad de los seres humanos. Este libre albedrío genera a escala de ciudad un espacio autoorganizado que además es heterogéneo y dinámico (Batten 2001). Las actividades realizadas en la ciudad, responden a relaciones sociales, políticas y culturales específicas, desarrolladas a lo largo de su historia. De este modo, el paisaje urbano puede entenderse como materialización del tiempo y como resultado de la percepción subjetiva del ser humano. Por tanto, se puede abordar a la ciudad en conjunto con el tiempo, lo que permite identificar características históricas específicas en cada lugar, que están entrelazadas a relaciones sociales de un carácter profundamente político (Bender 2002).

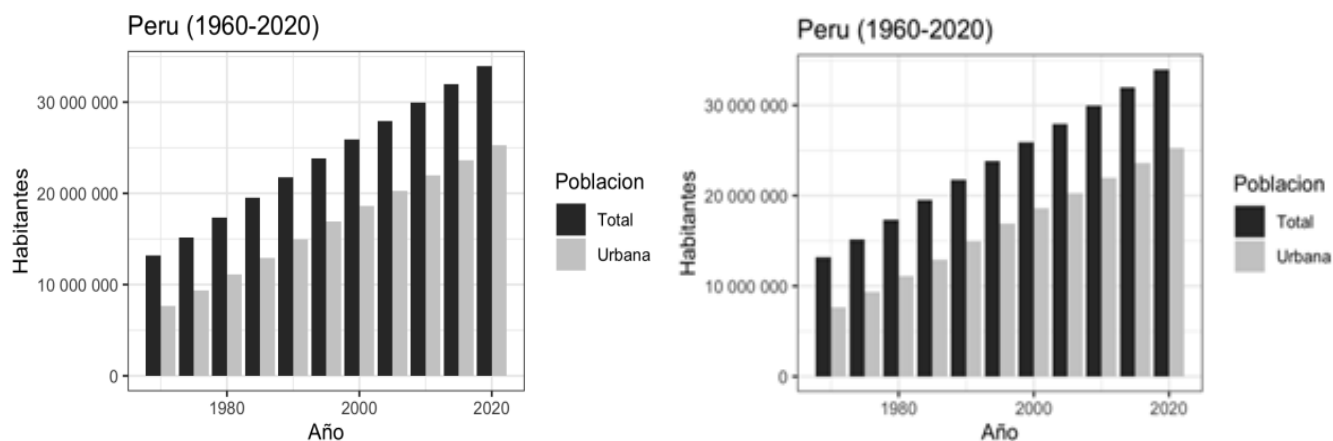
En su estudio sobre las mercancías, Marx (2008/1975) propone una lógica para la formación del valor de uso y del valor de cambio. En estos términos, se puede proponer que el valor de los espacios y sus funciones, como bienes o mercancías, adquieren primeramente valor en su uso. El valor de uso sirve a las necesidades sociales, y por tanto, se enmarca dentro de una estructura social. Así, el valor de uso de un parque, que fue generado dentro del proceso capitalista de urbanización, se transforma a través del proceso de consumo, y en la siguiente fase, aparece valor de cambio que se refleja, entre otros, en el precio que habilita su presencia, y determina la accesibilidad de los habitantes consumidores. Bockarjova et al. (2020), en un estudio sobre la mejora de espacios verdes urbanos, señalan que la naturaleza incrementa los precios de las propiedades, dependiendo de su tipo, distancia y densidad poblacional.

De este modo, el proceso de evolución de las áreas verdes, a través de su mantenimiento y mejora, y el proceso de consumo se relacionan e integran en la escala del uso humano, y el acceso a este uso se genera en el mercado a través del valor de cambio. Lefebvre (1972), sostiene que debe devolverse el valor de uso de la ciudad y de esta manera evitar la mercantilización de su espacio.

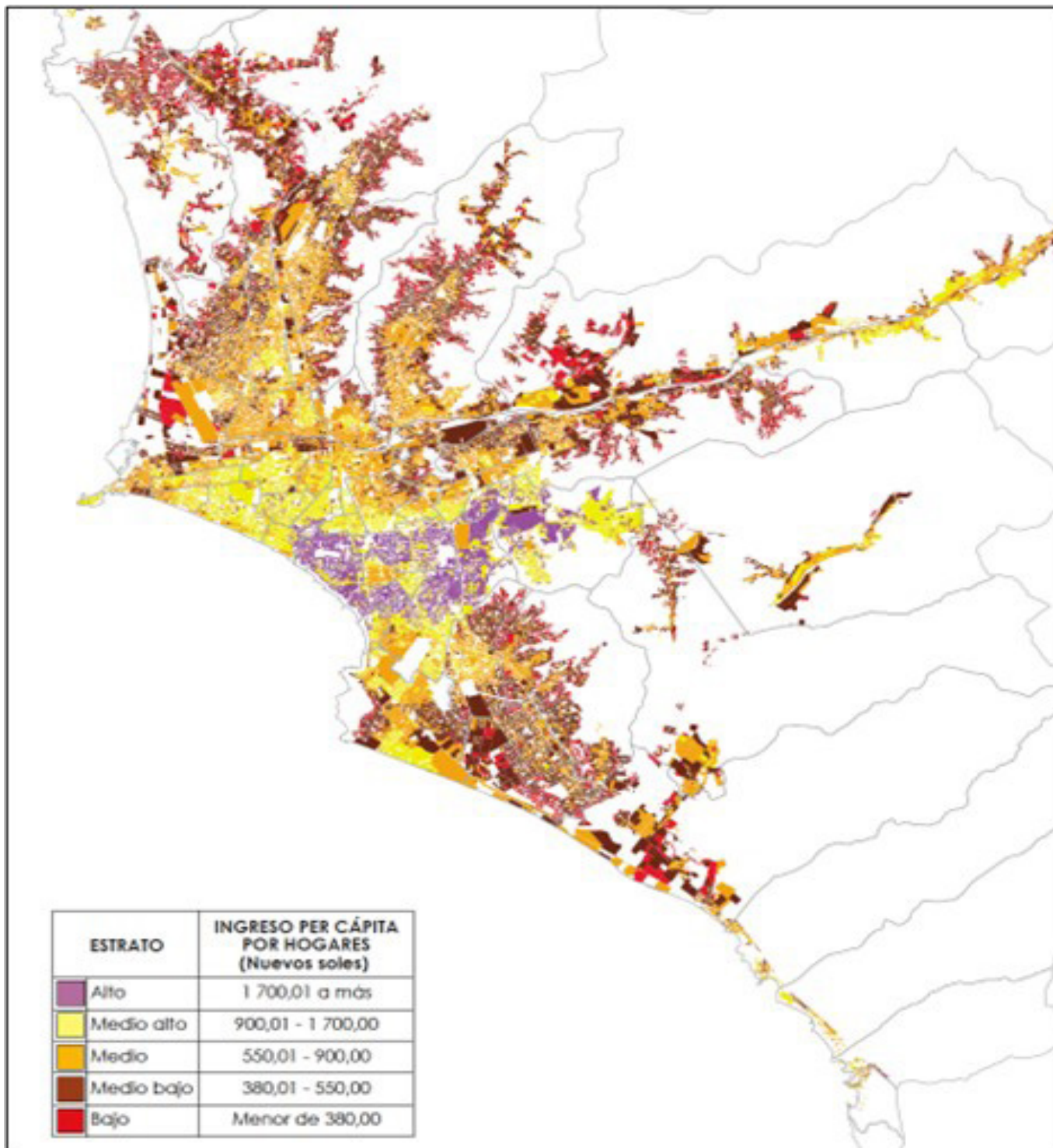
### 3.2 La producción del espacio en Lima

Durante las últimas décadas, se han venido realizando radicales transformaciones urbanas en el territorio perteneciente a la ciudad de Lima (Figura 2). Dos de los eventos más notorios han sido tanto la lotización de áreas agrícolas, como el desarrollo de espacios eriazos localizados en la periferia del área construida formalmente. Estas ocupaciones han provisto a los espacios tanto de un valor de uso, como de un valor de cambio, creando una segunda naturaleza urbana enmarcada dentro del sistema de libre mercado.

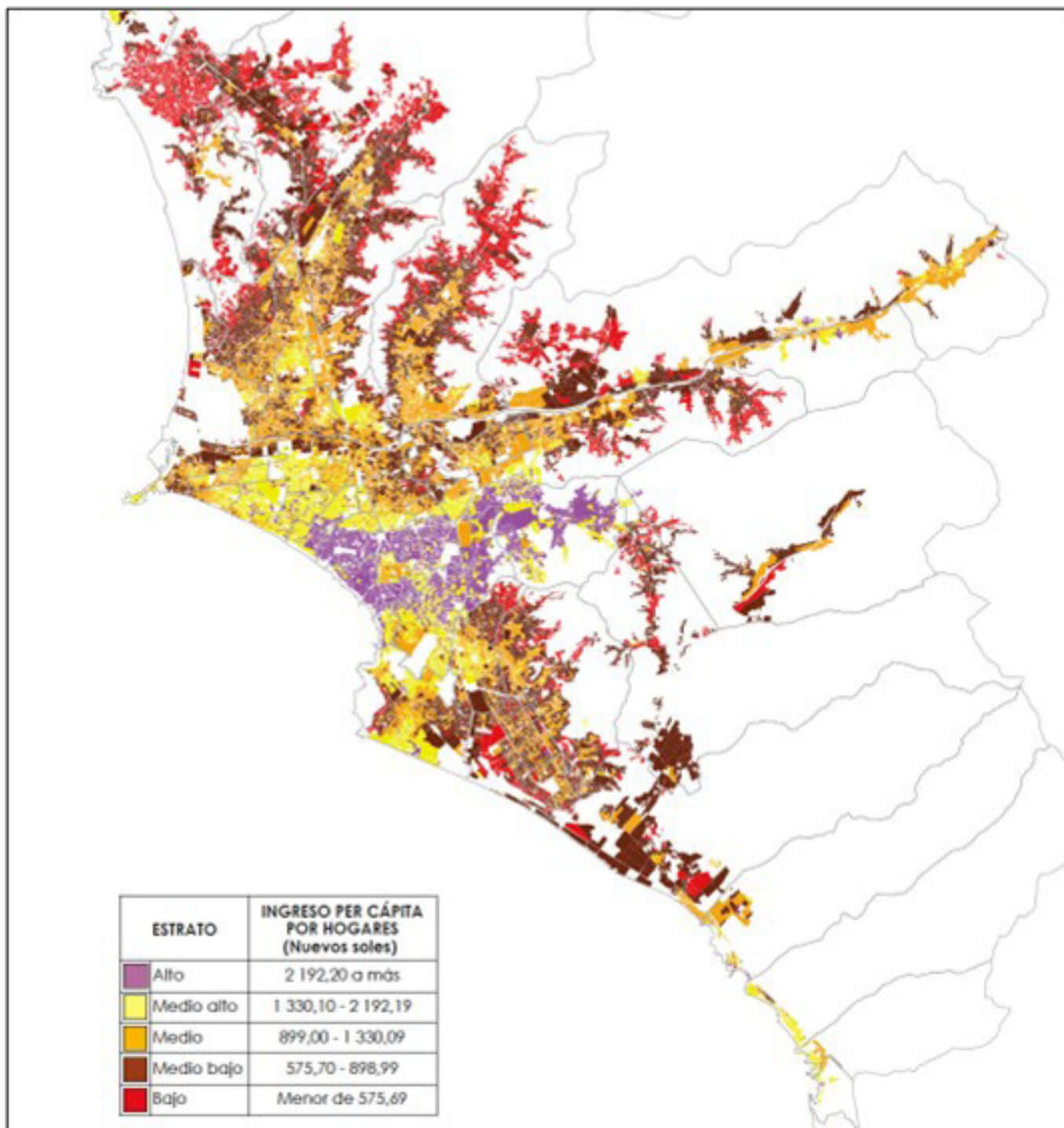
**FIGURA 2.** Crecimiento poblacional en el Perú y Lima (Fuente: INEI (2001, 2017))



El proceso de urbanización descrito ha generado espacios heterogéneos y desiguales, lo cual puede observarse en la distribución de ingresos, que muestra una clara segregación espacial entre los diferentes estratos, que además se mantiene en el tiempo (Figuras 3 y 4). Este proceso está institucionalizado a través de las normas que regulan el crecimiento urbano, y la operación de agentes y desarrolladores inmobiliarios tanto formales como informales. El mercado de tierras para vivienda actúa basado en la Teoría de Precios, con regulaciones principalmente enfocadas al cumplimiento de condiciones de habitabilidad y servicios, que se cumplen en la dimensión formal.



**FIGURA 3.** Ingreso per-cápita del hogar a escala de manzana, 2007  
(Fuente: INEI, 2016)

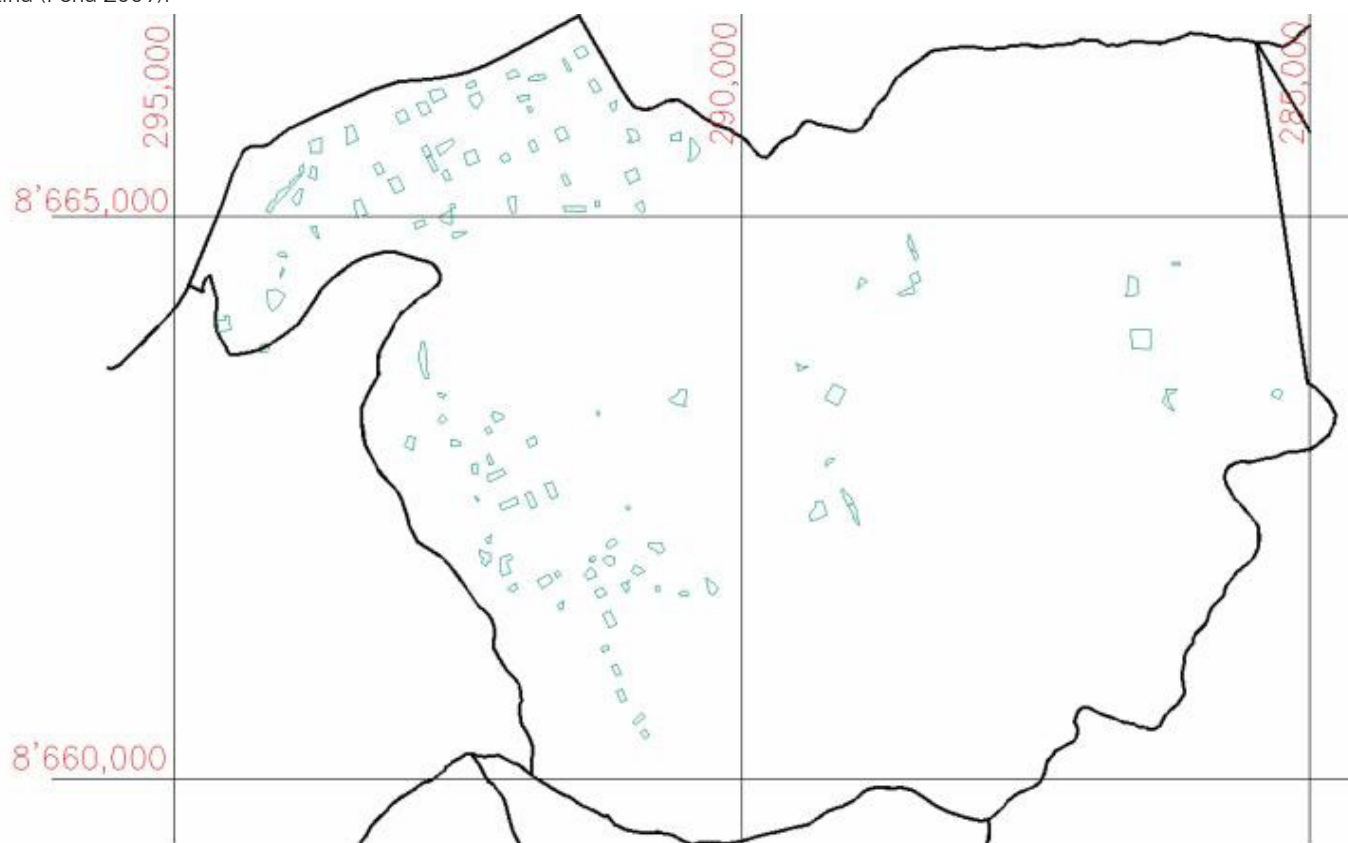


**FIGURA 4.** Ingreso per-cápita del hogar a escala de manzana, 2013  
(Fuente: INEI, 2016)

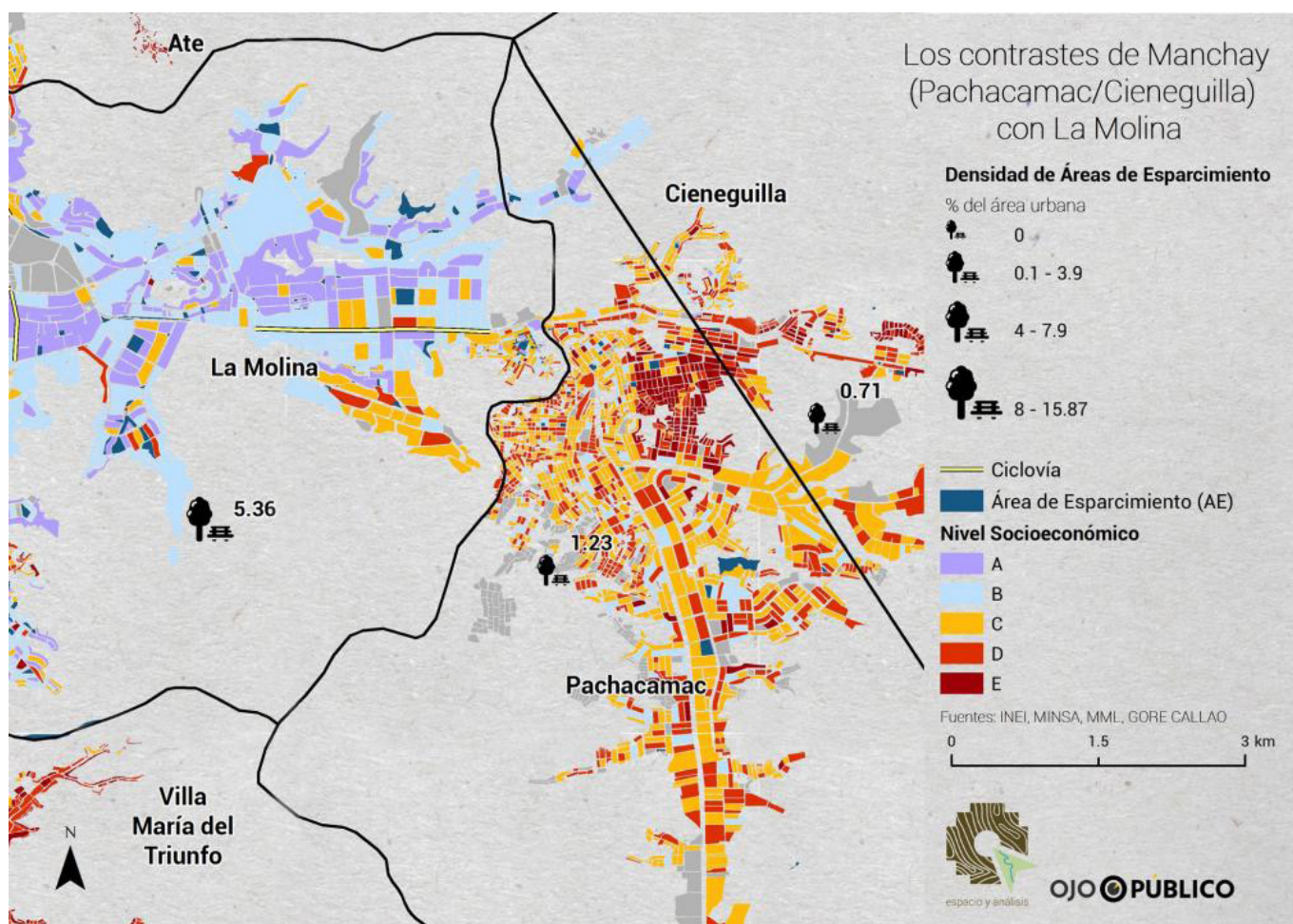
El mercado informal de tierras que opera en terrenos periféricos y marginales, donde la provisión de espacios verdes es inexistente, al menos en un primer momento. La incorporación de espacios verdes queda a discreción de los propios pobladores auto-organizados o los municipios, a través de los programas de mejora de servicios y equipamiento urbano, como los planteados en el Plan de Espacios Abiertos e Infraestructura Ecológica de Lima (2012).

En el Perú, la Constitución del año 1993, establece el régimen económico de libre mercado. El sistema adoptado, se refleja a su vez en otras normas, como la Ley de Municipalidades (2003). En el Capítulo 2 de esta Ley se señalan las competencias y funciones específicas de los municipios locales; entre ellas se encuentran la administración de los servicios públicos. Respecto a la organización espacial, estas funciones municipales consideran el establecimiento, conservación y administración de parques zonales, parques zoológicos, jardines botánicos, bosques naturales, directamente o a través de concesiones. La resultante configuración espacial de los espacios en la ciudad de Lima, se puede observar en la distribución y acceso desigual de sus parques públicos. Las normas mencionadas mantienen el proceso de producción del espacio y permiten la presencia de esas desigualdades de acceso a las áreas verdes.

**FIGURA 5.** Distribución de las áreas verdes de uso público en La Molina (Peña 2009).

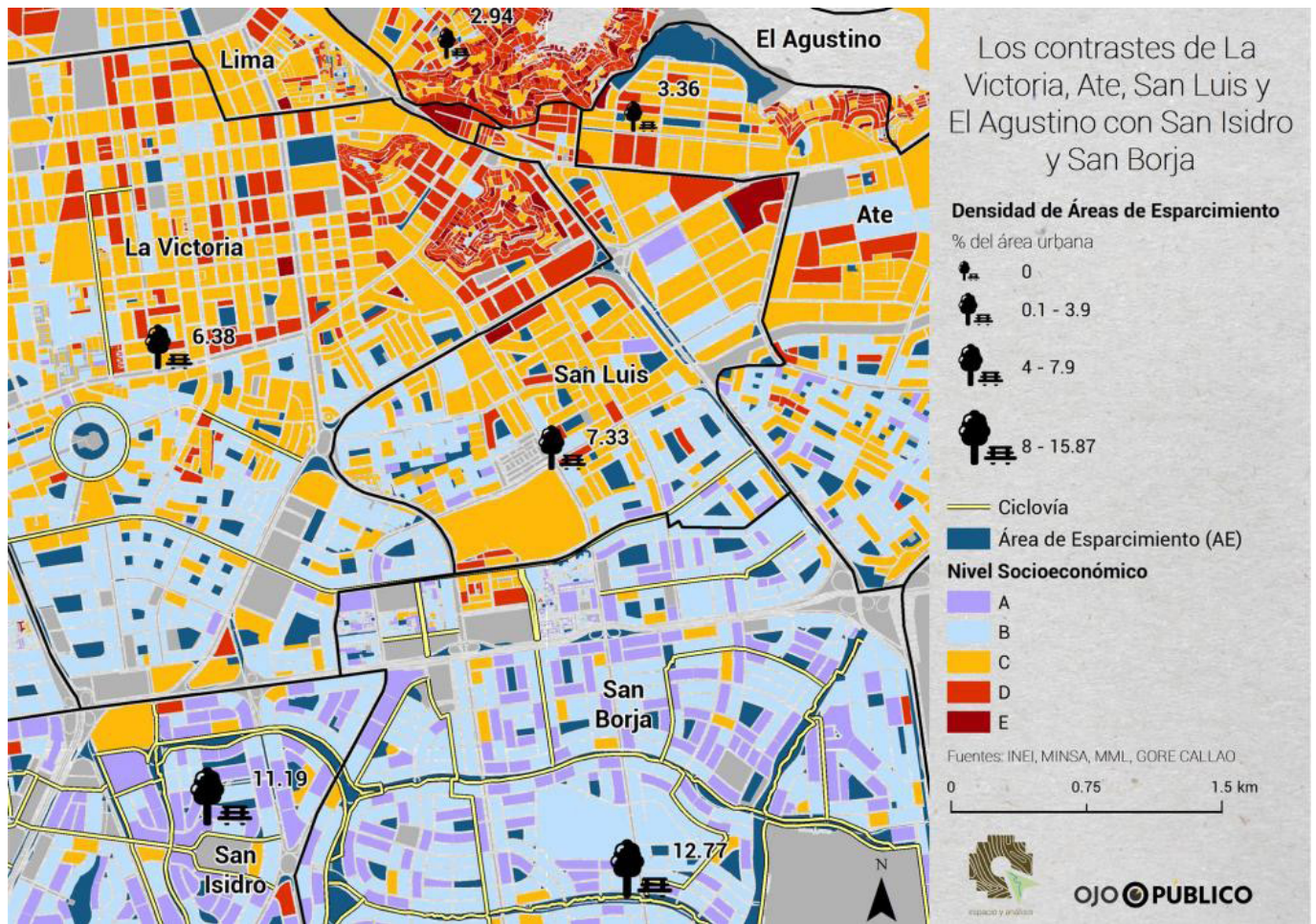


Como se mencionó, uno de los elementos espaciales observados es la desigual distribución espacial de las áreas verdes en el distrito de La Molina (Figura 5). La Molina es uno de los pocos distritos de Lima que no presenta urbanización informal, la desigual distribución de áreas verdes muestra una gran proporción de lotes residenciales, de acceso restringido, que contienen áreas verdes privadas y que por tanto no necesitan de espacios públicos que cumplan con esta función. De este modo el espacio verde publico se distribuye en zonas con lotes mas pequeños.



**FIGURA 6.** Densidad de área de esparcimiento (recreación) en relación al nivel socio-económico, sector adyacente entre los distritos de La Molina y Pachacamac (Fuente: Espacio y Análisis y Ojo Público 2021)

Adyacente a La Molina se encuentra el distrito de Pachacamac, el cual presenta urbanización informal ocupada por pobladores cuyo nivel socio-económico es inferior. Asimismo la disponibilidad de áreas de recreación es menor (Figura 6). A través de la comparación entre nivel socio-económico y la presencia de áreas de recreación, se identifica un patrón que se repite en otros lugares de Lima, como por ejemplo en el sector de los límites entre los distritos de La Victoria, San Luis, San Borja y San Isidro (Figura 7).



**FIGURA 7.** Densidad de área de esparcimiento (recreación) en relación al nivel socio-económico, sector adyacente entre los distritos de La Victoria, San Luis, San Borja y San Isidro (Fuente: Espacio y Análisis y Ojo Público 2021)

#### 4. LA PARTICIPACIÓN DE LAS SBN EN LA PRODUCCIÓN DEL ESPACIO

En paralelo a la construcción del espacio urbano en Lima, durante la segunda mitad del siglo 20, el país recibe influencias que modificaron su estructura institucional, no solo en la dimensión económica sino también en la ambiental. Las sugerencias y recomendaciones provenientes de la corriente internacional de sostenibilidad ambiental, e implementados por élites tecnocráticas tanto públicas como privadas, se enfocan en incluir los asuntos ambientales en el sistema socio-económico y político. Los lineamientos de sostenibilidad ambiental, se plantean, generalmente desde instituciones internacionales (ONU, BM, FMI, BID); estos proponen cambios e iniciativas de inclusión espacial, pero no pretenden transformar la estructura que mantiene el modo de distribución de las áreas verdes y los procesos socio-ecológicos de generación de desigualdad espacial. Este tipo de iniciativas son consideradas, desde el punto de vista de la EPU, una evolución del proceso de urbanización capitalista.

Siguiendo el camino planteado, se estudian las Sbn, buscando la presencia de principios que harían posible influir, a través del diseño y



planeamiento (la tecnología), en la organización social y ecológica del espacio. Este segundo supuesto implica la identificación de elementos que se alejen de la evolución natural del proceso capitalista de producción del espacio. Cabe señalar que las propuestas ambientales de carácter técnico generalmente se incorporan en la estructura del sistema de producción existente. Estas sugieren unos lineamientos técnicos estandarizados a través de normas e instituciones integradas en el sistema político. En el caso peruano hay muchos ejemplos entre los que se puede mencionar a la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE), los Planes de Desarrollo Concertado (PDC), y últimamente las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN). En todo caso, estas propuestas no cuestionan ni la estructura, ni el mecanismo del sistema que mantiene el proceso capitalista de transformación socio-ecológica del espacio en las ciudades en general y en Lima en particular.

#### **4.1 Interpretación EPU de la perspectiva SbN**

Las propuestas de sostenibilidad ambiental que se incorporan a la institucionalidad vigente en el Perú, forman parte de una familia de estándares internacionales tales como la emisión cero, la economía verde, la responsabilidad social corporativa, la economía circular (Toth 2019). En los últimos años aparece una crítica a este tipo de herramientas por su ineficacia para atender los problemas de degradación ambiental. En tal sentido, Melathopoulos y Stoner (2015), en su estudio sobre las herramientas e iniciativas para valoración de servicios ecosistémicos, como la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), señalan que estas iniciativas, a las que se les denomina "ambientalismo de mercado", han sido incapaces de abordar la intrincada relación entre la estructura social y la ecología. Al respecto los autores advierten que no se podrá salir de esta situación pensando que se resuelve solamente incorporando más investigación y técnica, e ignorando el contexto socio-histórico que influye en la ecología. Esta deficiencia quizá se deba a que los principios para el diseño y planeamiento de áreas verdes expresados en estas propuestas, de sostenibilidad ambiental, no consideran la segunda naturaleza que el ser humano ha creado y que es análoga a la naturaleza original. En su lugar mantienen el paradigma de separación, indicando que la necesidad incorporar la naturaleza a la ciudad, a través de la comodificación de sus funciones ecosistémicas. De este modo la implementación de las estrategias SbN, se asimila sobre la plataforma espacial de la acumulación y distribución desigual del espacio, pero no modifica los procesos de transformación metabólica que sostiene a la ciudad capitalista. En un estudio sobre los efectos sociales de las iniciativas para mejorar las áreas verdes urbanas (incluyendo a las SbN), Bockarjova et al. (2020), identifican la ocurrencia de la identificación, causada por el incremento de los precios inmobiliarios.

Por estos motivos se considera relevante entender tanto la multifuncionalidad de los servicios que proveen la áreas verdes, e reforzar la dimensión de social en las actividades que proponen la implementación de las SbN. En tal sentido el criterio 7 del Estándar Global para las SbN (IUCN 2020), sugiere que los efectos positivos sean estudiados de modo que se tenga un claro entendimiento de su realización aunque solo en la dimensión ambiental. Aunque la información requerida considera las condiciones económicas y sociales, el enfoque se orienta en la realización de las funciones ecosistemicas y su aprovechamiento, considerando los atributos naturales de auto-organización y resiliencia asumiendo que la apropiada gestión ambiental garantiza su funcionamiento. En todo caso tal como sugieren Melathopoulos y Stoner (2015) e requiere la integración de esfuerzos colectivos que juntamente con la investigación y la técnica aborden el problema generado por el metabolismo socio-ecológico capitalista evitando su regeneración.

## **4.2 Aportes de las SbN en la construcción del espacio verde inclusivo**

Lefebvre, al considerar al espacio como la materialización de las relaciones de poder, propone tres procesos de producción del espacio que están localizados en las escalas micro, meso y macro. Estos procesos son respectivamente, las practicas físicas, el planeamiento y el imaginario. El presente análisis se enfoca en la escala micro para coincidir el nivel de comparación a escala de las interacciones individuales donde la practica se traduce en actividades sociales e institucionales que se observan y tienen efecto en los parques.

El Criterio 7 de los Estándares Globales para las SbN (IUCN 2020), que promueve la gestión adaptativa de las SbN basadas en evidencia, involucra el trabajo transdisciplinario. La incorporación del enfoque transdisciplinario, en el presente analisis, se justifica por su fácil adaptación a las políticas y gestión nacionales y locales, por ejemplo la experiencia que viene siendo acumulada durante el proceso de descentralización en el Perú, desde el año 2002. Esta política de Estado viene incrementando las competencias de las municipalidades y los ciudadanos en la planificación del desarrollo territorial local. La adopción del mencionado estándar permite acotar los componentes del sistema, y alinear la dinámica de gestión del sistema propuesto, dentro de un marco general de conocimiento que sea entendido por personas no expertas en el tema.

La gestión basada en los servicios que los ecosistemas proveen, se ha convertido en un asunto importante en las políticas que abordan tanto el cambio climático como la urbanización; este enfoque ha contribuido a la reciente aparición de las SbN; dentro del alcance de las SbN se incluyen los asuntos de desarrollo urbano y gobernanza (Li et al. 2021).

En la Unión Europea, se vienen trabajando iniciativas dirigidas a la implementación acelerada de las SbN por medio de un proceso, que se inicia en la definición de estrategias para terminar en la incorporación de ellas en las estructuras institucionales. Esta inclusión ocurre en los contextos socio-culturales, ecológicos y de gobernanza, a través de un proyecto transdisciplinario, en lo que se llaman métodos de co-producción, que provean innovaciones de SbN, que sean globalmente relevantes y a la vez localmente adaptativas (CONEXUS 2019).

De este modo, las SbN permiten la acción social a escala de vecindario, en el marco de un trabajo transdisciplinario. El ambiente social así creado faculta la actuación política dentro de los grupos organizados. Este contexto coincide con el llamado de Beveridge y Koch (2019), acerca de las posibilidades de politizar el día a día urbano. Mas específicamente estos autores proponen una estrategia para la transformación política en donde el estado sale fuera de la vista, dando trascendencia a la acción micro-política, donde las posibilidades democráticas descansan en la transformación de lo urbano aquí y ahora.

## 5. CONCLUSIONES

El objetivo del presente artículo fue identificar los atributos de las SbN que permitan la disminución de las desigualdades en el acceso a las áreas verdes y a sus servicios en la escala de vecindario. En tal sentido, el artículo busca incorporar la acción social política en la discusión tecnocrática acerca del medio ambiente y mas específicamente las SbN. Esto implica desarrollar y organizar formas de renovado libre albedrío como el cimiento necesario para formalizar la progresiva transformación socio-ecológica (Ernstson y Swyngedouw 2019).

El marco teórico y metodológico expuesto, se orienta a remarcar el rol de la acción social orientado a la implementación de herramientas en el que se incluye a las SbN para el incremento de las áreas verdes, sobretodo teniendo en cuenta las condiciones presentes en el Perú y otros países de Latino América.

Las SbN se presentan como un mecanismo apropiado para incrementar la cantidad y calidad de área verde en la ciudad. Asimismo las SbN son una herramienta para la acción local, su diseño e implementación deben considerarse una tarea social donde intervienen instituciones y la población.

La búsqueda objetiva a través del método científico, asume que el conocimiento permitirá controlar los factores de funcionamiento de la naturaleza. Esta premisa corre el riesgo de alejar, de la naturaleza, las soluciones propuestas por esta lógica positivista. Korchagina (2018) llega a sostener que, confiando en que la ciencia nos muestre la realidad y nos ofrezca las soluciones, la dimensión personal se aleja de la

naturaleza.

El abordaje de la interacción entre instituciones formales y grupos sociales constituidos informalmente (bajo los principios de valor de cambio), permite obtener los puntos de contacto, considerando el rol del espacio en la experiencia y práctica de la vida social a escala local.

El valor de uso es un elemento para identificar el mecanismo metabólico que origina la particular localización de las áreas verdes en el caso de Lima. En este documento se plantea complementar las herramientas de la sostenibilidad ambiental con aquellas que resalten la acción social como elemento de unión entre sociedad y ecología a escala local. En todo caso, este proceso se viene dando en el ámbito de urbanización informal cuyo espacio y uso emerge a partir de las interacciones sociales informales, auto-organizados en el vecindario, que se contraponen con las reglas de las instituciones formales. Según Agrawal et al. (2013), este mecanismo de gobernanza ambiental provoca relaciones de cooperación que son observables a escala local a través de las actividades de co-creación de espacios verdes en asentamientos informales, lo cual es una muestra del potencial que tienen las SbN para su implementación a través de la acción social.

La escala local permite comparar los principios de la EPU con la práctica de las SbN; el punto de encuentro transdisciplinario permite el contraste que a su vez sugiere necesaria la incorporación de la acción social en el procedimiento de implementación de las SbN. El análisis permite sugerir que las directivas del criterio 7 del Estándar Global, pueden tomar en cuenta la alternativa presentada por la EPU, por cuanto cuanto el factor social al igual que el ambiental es cambiante y facilita la resiliencia. Además esta incorporación posibilita la anticipación de efectos no deseables como el de la gentrificación.

## REFERÊNCIAS

- Agrawal A., Brown D.G., Rao G., Riolo R., Robinson D.T., Bommarito M. 2013. Interactions between organizations and networks in common-pool resource governance. *Environmental Science and Policy* 25: 138 -146. Elsevier.
- Batten D.F. 2001. Complex landscapes of spatial interaction. *The Annals of Regional Science* 35: 81-111. Springer-Verlag.
- Bender B. 2002. Time and landscape *Current Anthropology* Volume 43, Supplement, August-October: 103 -113. The Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research.
- Beveridge R., Koch P. 2019. Urban everyday politics: Politicising practices and the transformation of the here and now. *Environment and Planning D: Society and Space*, 37(1) 142-157. SAGE.
- Bockarjova M., Botzen W.J.W., van Schie M.H., Koetse M.J. 2020. Property price effects of green interventions in cities: A meta-analysis and implications for gentrification. *Environmental Science and Policy* 112 (2020) 293-304. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.024>
- Castells M. 1974. *La cuestión urbana*. Siglo XXI editores. Mexico D.F.
- Collinge C. 2005. The difference between society and space: nested scales and the returns of spatial fetishism. *Environment and Planning D: Society and Space*, 23: 189-206. SAGE.
- CONEXUS. (27 junio 2022). <https://www.conexusnbs.com>
- Davies C., Chen W., Sanesi G., Laforteza R. 2021. The European Union roadmap for implementing nature-based solutions: A review. *Environmental Science and Policy* 121: 49-67. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.03.018>
- Di Clemente R., Strano E., Batty M. 2021. Urbanization and economic complexity. *Scientific Reports* 11: 3952. Nature Portfolio.
- Ernstson H., Swyngedouw E. 2019. Bringing Back the Political: Egalitarian Acting, Performative Theory. In *Urban Political Ecology in the Anthro-Obscene: Interruptions and Possibilities*. Edited by Ernstson H. and Swyngedouw E., 255-267. Abingdon and New York: Routledge.
- Fix M., Arantes P.F. 2021. On urban studies in Brazil: The favela, uneven urbanisation and beyond. *Urban Studies* 1-24. SAGE. DOI: 10.1177/0042098021993360
- Heynen N., Kaika M., Swyngedouw E. 2005. Urban political ecology: Politicizing the production of urban natures. In *The Nature of Cities: Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism*. Edited by: Heynen N., Kaika M., Swyngedouw E., 1-21. Taylor and Francis.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. 2021. Evolución de la población censada según departamento. Recuperado de: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices\\_tematicos/pob\\_04.xls](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/pob_04.xls)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. 2016. Planos estratificados de Lima a nivel de manzana. INEI, Lima, Peru.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. 2001. Perú: Estimaciones y proyecciones de población, 1950 - 2050. Boletín de Análisis Demográfico No. 35. INEI, Lima, Peru.

IUCN (2020). Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS. First edition. Gland, Switzerland: IUCN.

Korchagina N. 2018. Organizing for an ecologically sustainable world: Reclaiming nature as wonder through Merleau-Ponty. *Ephemera* 18(4), 805-815. MayFlyBooks.

Latour B. 2005. *Reassembling the Social: An introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford University Press. Oxford.

Lefebvre H. 1974. *La production de l'espace*. Editions Anthropos. Paris.

Ley Organica de Municipalidades 2003. Ley 27972 del 27 de mayo del 2003.

<https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/229447-27972>

Li, L.; Cheshmehzangi, A.; Chan, F.K.S.; Ives, C.D. Mapping the Research Landscape of Nature-Based Solutions in Urbanism. *Sustainability* 2021, 13, 3876. <https://doi.org/10.3390/su13073876>

Marx, C. 2008/1975. *El proceso de producción de capital (Vol I)*. Libro primero. Siglo XXI Editores. Ciudad de México.

Melathopoulos A.P., Stoner M.S. 2015. Critique and transformation: On the hypothetical nature of ecosystem service value and its neo-Marxist, liberal and pragmatist criticisms. *Ecological Economics* 117 (2015) 173-181. Elsevier.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.06.023>

Micheletti, M. 2003. *Political Virtue and Shopping: Individuals, Consumerism and Collective Action*. Palgrave Macmillan. New York.

Ojo Publico (7 marzo 2021). *Cartografía de la Desigualdad*. <https://ojo-publico.com/especiales/cartografia-de-la-desigualdad/index.html#mapas>

Pedroli, G. B. M., Van Elsen, T. & Van Mansvelt, J. D. 2007. Values of rural landscapes in Europe: Inspiration or by-product? *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 54, pp. 431-447.

Peña Guillen V. 2009. Una aproximación metodológica para la caracterización espacial de las áreas verdes publicas del distrito de La Molina, Lima. *Anales científicos UNALM Vol 70 N° 2*: 158-166.

Pieta A., Tononi M. Re-Naturing the City: Linking Urban Political Ecology and Cultural Ecosystem Services. *Sustainability*, 13, 1786. <https://doi.org/10.3390/su13041786>

Sevenant M., Antrop M. 2010. Transdisciplinary landscape planning: Does the public have aspirations? Experiences from a case study in Ghent (Flanders, Belgium). *Land Use Policy* 27 (2010) 373-386. Elsevier.

Swyngedouw E. 2000. The Marxian Alternative: Historical-Geographical Materialism and the Political Economy of Capitalism. In *A companion to Economic Geography*. Edited by Sheppard E. and Barnes T.J., 41 - 59. Blackwell Publishers.

Toth G. 2019. Circular Economy and its Comparison with 14 Other Business Sustainability Movements. *Resources* 8 (159). MDPI; doi:10.3390/resources8040159

**Victor Peña Guillen**

Profesor Principal, Universidad Nacional Agraria La Molina

e-mail: victorpg@lamolina.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0786-7945>

**Recebido em:** 10/08/2021.

**Aceito em:** 19/06/2022.

# SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA E ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA NO BRASIL: ESTUDO DE CIDADES COSTEIRAS VULNERÁVEIS

Deize Sbarai Sanches Ximenes  
Ivan Carlos Maglio

## RESUMO

As cidades costeiras brasileiras vêm sofrendo riscos devido aos eventos climáticos, e o rápido desenvolvimento urbano agrava este cenário de perdas humanas e ambientais. O primeiro grande impulso às estratégias de adaptação climática no planejamento foi o desenvolvimento do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, que orienta a integração do uso e ocupação do solo à preservação ambiental e prevenção aos riscos de desastres naturais. Neste contexto de vulnerabilidade urbana a eventos extremos, as Soluções baseadas na Natureza (SbN) são importantes estratégias de conservação da biodiversidade, destacando-se as medidas de adaptação baseadas em ecossistemas (AbE), que fortalecem a resiliência urbana, e vem ganhando destaque pelos seus múltiplos benefícios; utilizam da conservação e restauração de ecossistemas para oferecer serviços ambientais e possibilitam defesas naturais contra enchentes e deslizamentos. As cidades costeiras brasileiras como Salvador, Recife, Rio de Janeiro e Santos são consideradas com alta vulnerabilidade às mudanças climáticas, e vem desenvolvendo ações de adaptação e índices de vulnerabilidade que analisamos neste artigo. No caso de Santos, no Estado de São Paulo, em seu Plano de Mudanças Climáticas, foi proposto projeto de AbE na área urbana de Monte Serrat para a recuperação e ampliação dos remanescentes de Mata Atlântica com a participação da comunidade local. Concluiu-se que há um grande potencial para soluções baseadas na natureza - SbN, e em especial de medidas AbE, nas cidades costeiras mais vulneráveis a riscos climáticos, mas ainda há poucas ações concretas aplicadas para ampliar a segurança da população e a recuperação ambiental. Com a evolução da adaptação climática no Brasil há uma demanda emergencial por prognósticos e identificação de riscos climáticos na escala local, e em ações de AbE para ampliar a prevenção de risco. Para tal é necessário maior disseminação do conhecimento técnico-científico em vulnerabilidade climática, intercâmbio com redes mundiais em resiliência urbana e maior investimento em ações de AbE no âmbito da adaptação climática.

**Palavras-chave:** Adaptação climática, soluções baseadas na natureza, adaptação baseada em ecossistema, resiliência urbana



<https://doi.org/10.11606/jissn.2179-2275.labverde.2022.188817>

Revista LABVERDE. FAU USP. São Paulo, v. 12, n. 01, e188817, 2022.





# SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA LA ADAPTACIÓN AL CLIMA EN BRASIL: ESTUDIO DE CIUDADES COSTERAS VULNERABLES

Deize Sbarai Sanches Ximenes  
Ivan Carlos Maglio

## RESUMEN

*Las ciudades costeras brasileñas vienen sufriendo riesgos por eventos climáticos y el rápido desarrollo urbano agrava este escenario de pérdidas humanas y ambientales. El primer gran impulso a las estrategias de adaptación climática en la planificación fue el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, que orienta la integración del uso y ocupación de la tierra para la preservación ambiental y la prevención de los riesgos de desastres naturales. En este contexto de vulnerabilidad urbana a eventos extremos, las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) son importantes estrategias de adaptación que fortalecen la resiliencia urbana y están ganando protagonismo por sus múltiples beneficios; utilizar la conservación y restauración de ecosistemas para ofrecer servicios ambientales y habilitar defensas naturales contra inundaciones y deslizamientos de tierra. Las ciudades costeras brasileñas como Salvador, Recife, Río de Janeiro y Santos son consideradas altamente vulnerables al cambio climático y vienen desarrollando acciones de adaptación e índices de vulnerabilidad que analizamos en este artículo. En el caso de Santos, en el Estado de São Paulo, en su Plan de Cambio Climático, se propuso para el área urbana de Monte Serrat, un proyecto de adaptación basado en la naturaleza de ampliar los rema. Se concluyó que existe un gran potencial para las soluciones basadas en la naturaleza - SbN, y en particular medidas AbE en ciudades costeras que son más vulnerables a los riesgos climáticos, pero aún hay pocas acciones concretas implementadas para aumentar la seguridad de la población y la recuperación ambiental. Con la evolución de la adaptación climática en Brasil, existe una demanda de emergencia de pronósticos e identificación de riesgos climáticos a escala local, y de acciones de AbE para expandir la prevención de riesgos. Esto requiere una mayor difusión del conocimiento técnico-científico sobre la vulnerabilidad climática, el intercambio con las redes globales sobre resiliencia urbana y una mayor inversión en acciones de AbE en el contexto de la adaptación climática.*

**Palabras clave:** Adaptación climática, Soluciones basadas en la naturaleza, Adaptación basada en ecosistemas, Resiliencia urbana.



# NATURE-BASED SOLUTIONS FOR CLIMATE ADAPTATION IN BRAZIL: A STUDY OF VULNERABLE COASTAL CITIES

Deize Sbarai Sanches Ximenes  
Ivan Carlos Maglio

## ABSTRACT

*Brazilian coastal cities have been suffering risks due to climatic events, and the rapid urban development aggravates this scenario of human and environmental losses. The first major boost to climate adaptation strategies in planning was the development of the National Plan for Adaptation to Climate Change, which guides the integration of land use and occupation with environmental preservation and prevention of natural disaster risks. In this context of urban vulnerability to extreme events, Nature-based Solutions (SbN), highlighting adaptation measures based on ecosystems that strengthen urban resilience, and are gaining prominence for their multiple benefits; they use ecosystem conservation and restoration to provide environmental services and enable natural defenses against floods and landslides. Brazilian coastal cities such as Salvador, Recife, Rio de Janeiro and Santos are considered to be highly vulnerable to climate change, and have been developing adaptation actions and vulnerability indices that we analyze in this article. In the case of Santos, in the State of São Paulo, in its Climate Change Plan, it was proposed for the urban area of Monte Serrat a nature-based adaptation project to expand the Atlantic Forest remnants with the participation of the local community. It was concluded that there is great potential for nature-based solutions - SbN, and in particular EbA measures in coastal cities that are more vulnerable to climate risks, but there are still few concrete actions implemented to increase population safety and environmental recovery. With the evolution of climate adaptation in Brazil, there is an urgent demand for forecasts and identification of climate risks at a local scale, and for EbA actions to expand risk prevention. This requires greater dissemination of technical-scientific knowledge on climate vulnerability, exchange with global networks on urban resilience and greater investment in EbA actions in the context of climate adaptation.*

**Keywords:** Climate adaptation, Nature-based solutions, Ecosystem-Based Adaptation, urban resilience.



<https://doi.org/10.11606/jissn.2179-2275.labverde.2022.188817>

Revista LABVERDE. FAU USP. São Paulo, v. 12, n. 01, e188817, 2022.



*E quem sabe, então  
O Rio será alguma cidade submersa.  
Os escafandristas virão explorar sua casa, seu  
quarto, suas coisas  
Sua alma, desvãos  
Sábios em vão tentarão decifrar  
O eco de antigas palavras  
Fragmentos de cartas, poemas  
Mentiras, retratos  
Vestígios de uma estranha civilização.*

Chico Buarque de Holanda - **Futuros Amantes**

## INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas estão sendo sentidas, cada vez mais, em todas as partes do mundo, e conseqüentemente, os eventos extremos assolam as cidades e sua população. O aquecimento global é uma realidade evidenciada por especialistas e referendada nos seis últimos relatórios científicos do IPCC - Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas da ONU, que comprovam a interferência negativa da ação humana na natureza.

Esta situação se agravou a partir da era da industrialização, proporcionando um aumento considerável de emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, e o sexto relatório do IPCC de 2021 confirmou que, em todos os cenários futuros, o aumento de temperatura média do planeta será alcançado até 2040, exigindo medidas transformadoras para enfrentar a crise climática. IPCC, 2021

Para enfrentar a vulnerabilidade aos riscos decorrentes das mudanças climáticas, estratégias de adaptação climática estão sendo colocadas em prática e, nesse contexto, temos como uma grande temática de abordagem: Soluções baseadas na Natureza (SbN).

A UICN (2016) define SbN como ações destinadas a proteger, gerenciar e restaurar de maneira sustentável os ecossistemas naturais ou modificados, que enfrentam os desafios da sociedade - mudança do clima, segurança alimentar e hídrica ou desastres naturais, de modo eficaz e adaptável, proporcionando simultaneamente bem-estar e benefícios à biodiversidade.

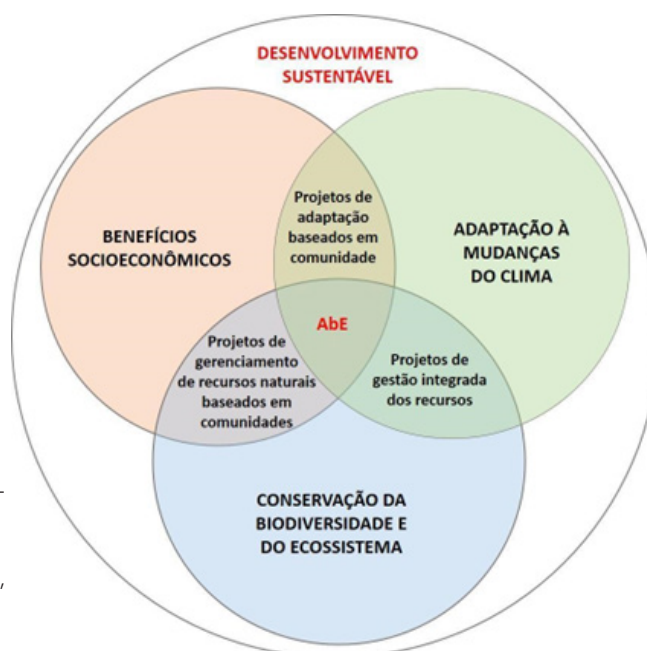
Em específico, para as "soluções naturais à mudança do clima", podemos destacar o conceito de adaptação baseada em ecossistemas (AbE); pelos seus múltiplos benefícios, integrando o uso da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, como forma de colaboração na adaptação das pessoas aos efeitos adversos das mudanças climáticas; proporciona ações destinadas a proteger, gerenciar e restaurar de maneira sustentável os ecossistemas naturais ou modificados, que

enfrentam os desafios da sociedade - mudança do clima, segurança alimentar e hídrica ou desastres naturais, de modo eficaz e adaptável, proporcionando simultaneamente bem-estar e benefícios à biodiversidade (IUCN, 2016).

A adoção deste conceito, nos anos 2000 pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e pelo Banco Mundial, se dá no contexto das ciências ambientais e de conservação da natureza; como uma inspiração nos sistemas naturais em busca de soluções: para a adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas; ao mesmo tempo em que geram melhorias na qualidade de vida da população (COHEN-SHACHAM, 2016).

Em 2016, a UICN adota formalmente o conceito de SbN, por meio da publicação da carta "Defining Nature-based Solutions" (IUCN, 2016). Dessa forma, a Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) une as temáticas de biodiversidade e clima, e dos serviços ecossistêmicos como parte de uma estratégia geral de adaptação para ajudar as pessoas a se adaptarem aos efeitos adversos da mudança do clima. É considerada uma medida de baixo arrependimento, já que apresenta benefícios de múltipla natureza: econômicos, sociais, ambientais e culturais, sequestro de carbono, efeitos sobre a segurança alimentar, gestão sustentável da água, e a promoção de uma visão integrada do território (FGB, 2015).

Assim, a melhor forma de implementar a AbE é adotá-la como elemento de uma estratégia de adaptação mais ampla (FEBA, 2019) para o desenvolvimento sustentável, envolvendo projetos de gerenciamento dos recursos naturais baseados em comunidades, oferecendo benefícios socioeconômicos, projetos de adaptação à mudança do clima, e projetos de conservação da biodiversidade e do ecossistema (Figura 01).



**FIGURA 1.** AbE - Adaptação baseada em ecossistemas

Fonte: Adaptado de Midgley et al., 2012, FEBA, 2019.

<sup>1</sup> Friends of EbA (FEBA) é uma rede colaborativa global de mais de 80 agências e associações envolvidas na Adaptação Baseada em Ecossistemas (EbA) trabalhando em conjunto para compartilhar experiências e conhecimento para melhorar a implementação de atividades relacionadas com EbA no terreno, e ter um aprendizado mais forte e estratégica e influência sobre política AbE.

<sup>2</sup> A Convenção Sobre Diversidade Biológica, ou CDB, é o primeiro tratado mundial sobre a utilização sustentável, conservação e repartição equitativa dos benefícios derivados da biodiversidade, que foi assinado por 156 países durante a ECO92 no Rio de Janeiro.

O FEBA<sup>1</sup> (2019) também definiu os elementos da AbE segundo os critérios da Convenção da Diversidade Biológica<sup>2</sup> (CDB, 2009): ajuda as pessoas a se adaptarem à mudança do clima, no contexto de uma estratégia de adaptação mais ampla, por meio de um uso ativo da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos; como a regulação do clima, o armazenamento do carbono, o provimento de água, a proteção da biodiversidade e a beleza cênica.

Outra ferramenta de abordagem das mudanças climáticas é a agenda de desenvolvimento sustentável, por meio da definição dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) elaborados pelas Nações Unidas em 2015; dentre eles, o objetivo 11 - tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, e o 13 - ação contra a mudança global do clima (ONU, 2015). Podemos citar diversas ações ambientais que irão amenizar os eventos extremos, como por exemplo, a restauração dos manguezais e restingas, a recuperação da vegetação em encostas, a ampliação da captação de água e de carbono pelas florestas urbanas e a arborização, se utilizando desta forma da infra-estrutura verde e azul, que colocam novas estruturas para uma urbanização mais resiliente às mudanças climáticas e fornecem defesas naturais contra enchentes e deslizamentos (IPCC, 2018).

As estratégias de redução de vulnerabilidade e aumento da capacidade adaptativa das cidades, frente aos riscos climáticos, são baseadas no aumento de sua resiliência, para mitigar ou absorver os efeitos do clima, por meio do capital natural; que pode ser definido por elementos da natureza que forneçam benefícios importantes (serviços ecossistêmicos); inclui-se aí o sequestro ou remoção de CO<sub>2</sub>, proteção contra erosão do solo e risco de inundação, habitats para vida selvagem, polinização e espaços para recreação e bem-estar e suas respectivas funções ambientais.

Segundo o IPCC, 2014, resiliência é a capacidade de um sistema e suas partes componentes de antecipar, absorver, acomodar ou se recuperar dos efeitos de um perigo de maneira oportuna e eficiente, incluindo a garantia da preservação, restauração ou melhoria de suas estruturas e funções básicas.

As estratégias e planos de adaptação e resiliência devem ser definidos conjuntamente, para a redução do risco climático e para a sustentabilidade das cidades, criando uma base para orientar a aplicação de SbN e em especial de SbE.

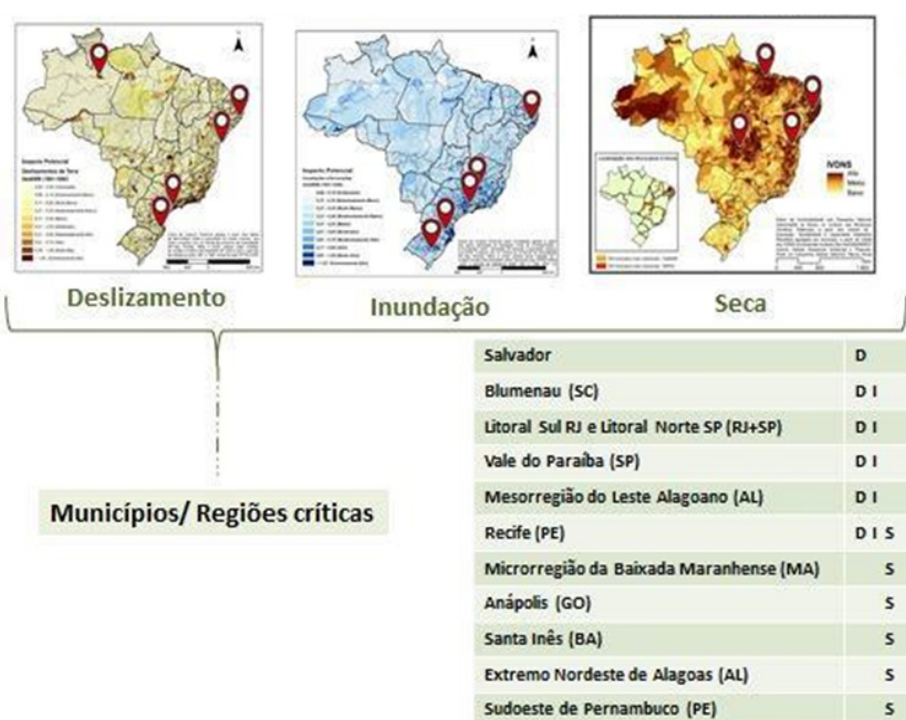
## Medidas de Adaptação Climática no Brasil

No Brasil, a adaptação às mudanças climáticas está prevista na Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/09, regulamentada pelo Decreto nº 7.390/10), promovida por meio das três esferas da

Federação, com a participação e colaboração de agentes econômicos e sociais interessados ou beneficiários. No Plano Nacional de Adaptação - PNA (2016) definido após o acordo de Paris de 2015, às ações adaptativas devem se pautar pela integração de políticas nos diversos níveis de governo, setores e características territoriais que ultrapassam as fronteiras de estados e municípios.

Por outro lado, o PNA estabelece a diretriz de que a adaptação à mudança do clima seja considerada no aperfeiçoamento de modelos de planejamento urbano, visando a integração do planejamento do uso e ocupação do solo à preservação ambiental, para prevenir os riscos de desastres naturais (BRASIL, 2016).

Como estratégia de análise aos efeitos dos eventos climáticos, foram realizados estudos das projeções de mudanças climáticas globais e seus impactos no Brasil, a partir dos modelos globais do sistema terrestre. Foram avaliados os eventos climáticos, e gerados prognósticos futuros para as cidades brasileiras, criando um índice de vulnerabilidade ao risco de desastres com deslizamento de terras e de enxurradas, e, um segundo indicador sobre a vulnerabilidade a secas, que subsidiaram o PNA. (CAMARINHA, 2019). Os indicadores de risco climático seguiram as orientações do IPCC 2012 como resultado de uma combinação de ameaça climática, exposição e vulnerabilidade. De acordo com essa definição de risco climático, as áreas identificadas como mais críticas, no Brasil (Figura 02) considerando secas, inundações e deslizamentos foram Salvador, Blumenau (SC), Litoral Sul RJ, Litoral Norte SP, Vale do Paraíba (SP), Mesorregião do Leste Alagoano (AL), Recife (PE), Microrregião da Baixada Maranhense (MA), Anápolis (GO), Santa Inês (BA), Extremo Nordeste de Alagoas (AL), Sudoeste de Pernambuco (PE) (DEBORTOLI ET AL., 2017).



**FIGURA 2.** Ilustração das áreas Críticas de Risco Climático no Brasil

Fonte: MMA 2019

As medidas para adaptação climática identificadas pelos municípios consultados pelo MCTI, nos seminários realizados com o objetivo de capacitar os municípios brasileiros, foram: infraestrutura de obras, construção de parques lineares, redução das vulnerabilidades municipais e mapeamento detalhado das áreas vulneráveis nos municípios.

Em relação à aplicação de medidas AbE, estudo do ICLEI 2015, contabilizou as principais experiências e verificou que há por volta de 100 casos em todo o mundo, com destaque de 43% para a Europa. O mesmo estudo relata um grande número de projetos na África e na Ásia, provavelmente devido aos esforços da IUCN. No Brasil, foram registrado somente 11 casos até 2015 nos estados da Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Ceará, Distrito Federal, Paraná, Amazonas, Mato Grosso, focados em resiliência de recifes de corais, áreas protegidas e conservação da biodiversidade, reflorestamento, planos municipais, conservação de mangues e preservação de cabeceiras de rios.

Esse levantamento reforça a importância de ampliar as experiências no Brasil, no qual as medidas AbE vem sendo propostas nos Planos de Ação Climática que vem enfocando a adaptação a partir de 2016, à exemplo dos Planos Climáticos de Santos e da Estratégia de Adaptação do Rio de Janeiro, bem como, os demais avaliados neste trabalho.

## Objetivos

O objetivo deste artigo é analisar as estratégias ambientais que as cidades brasileiras costeiras mais críticas à vulnerabilidade das mudanças climáticas vem desenvolvendo, para verificar as soluções baseadas em ecossistemas para adaptação climática, em suas políticas, planos e ações.

Salvador, Recife, Rio de Janeiro e Santos são cidades consideradas com alta vulnerabilidade às mudanças climáticas na costa brasileira, e ações de adaptação e índices de vulnerabilidade estão sendo desenvolvidos. Assim a metodologia aplicada nesta pesquisa consiste na identificação e análise de medidas de adaptação baseadas na natureza, em especial de AbE, propostas nos Planos de Ação Climática destas cidades costeiras, partindo dos seguintes questionamentos: Qual o potencial de utilização de SbN, e em especial de AbE como medida de adaptação climática e quais os avanços observados?

Nos planos de adaptação foram analisadas os riscos climáticos, os métodos para a identificação das áreas críticas de vulnerabilidades, e as tipologias de diretrizes e soluções propostas para a adaptação climática, buscando identificar as medidas voltadas à ampliação da resiliência urbana, que resultem em projetos de adaptação baseados em AbE.

## Santos - Aplicação de Medida AbE no Monte Serrat

Santos, uma cidade litorânea do Estado de São Paulo, com área territorial de 281,033 km<sup>2</sup> e população de 433.656 habitantes (IBGE, 2020), tendo a maior parte dela na área insular do município, possui uma área de morros localizada no centro da Ilha de São Vicente, com histórico de desmatamento, ocupação desordenada e rápida urbanização, traz a fragmentação dos remanescentes da vegetação da Mata Atlântica, que potencializa as ameaças da mudança do clima.

Como forma de planejamento às vulnerabilidades descritas, Santos em seu Plano de Mudanças Climáticas (Santos, 2016), cria um projeto de adaptação baseado na natureza para a área urbana do Morro de Monte Serrat (Figura 03), apoiado pelo Programa Nacional PROADAPTA, por meio da (GIZ), da Comissão Municipal de Mudanças do Clima - CMMC, e pela Defesa Civil (Figura 04). A proposta traz como solução para a área de morros, mediante a retirada de moradias em áreas críticas, e a ampliação e recuperação dos remanescentes de Mata Atlântica para a contenção de encostas, como medida de AbE.

A metodologia aplicada, envolveu a identificação das áreas suscetíveis à riscos climáticos, o intercâmbio desses conhecimentos com a comunidade, seleção de espécies para enriquecimento florestal, e a realização dos plantios, para recompor os serviços ambientais pela recuperação da mata atlântica nas encostas e áreas antropizadas pela ocupação inadequada. O resultado esperado é diminuir a vulnerabilidade da comunidade aos riscos geotécnicos de escorregamento das encostas e movimentos de massa decorrentes dos prognósticos de intensificação dos eventos de chuvas na região.





**FIGURA 3.** Limites de Santos.

Fonte: Google Earth e prefeitura municipal de Santos, 2009



**FIGURA 4.** Localização do Morro de Mont Serrat em área urbana, Santos

Fonte: Google Earth e prefeitura municipal de Santos, 2009

A medida AbE, neste estudo de caso, aborda as necessidades de conservação e recuperação da biodiversidade existentes na Mata Atlântica, que geram múltiplos benefícios para a sociedade: contenção de encostas reduzindo o risco de escorregamentos, melhoria das condi-

ções do microclima, bem-estar da população, uso de diferentes espécies nativas, além da importância ecológica; medida de adaptação aos riscos decorrentes da mudança climática.

A avaliação do risco geotécnico realizada pelo município indicou a área no Monte Serrat como setor de encosta impróprio à ocupação urbana, com características geológico-geotécnicas restritivas, devidamente mapeadas no Plano Municipal de Redução de Riscos – PMRR como de Risco Muito Alto – R4 (SANTOS, 2020) ou seja, com alta potencialidade para ocorrência de processos destrutivos em eventos meteorológicos extremos. Ressalte-se ainda a ocupação irregular desse setor, o histórico de ocorrências de escorregamento, e as severas restrições da legislação urbanística e ambiental e a impossibilidade de consolidação e regularização urbanística (SANTOS, 2019).

A avaliação realizada recomendou entre outras, as seguintes medidas para a área de estudo:

- Estudo de concepção e de recuperação socioambiental da área objeto da remoção das edificações e entorno, identificando medidas estruturais de estabilidade e medidas não estruturais complementares.
- Interdição, remoção e demolição das edificações irregulares e construídas em setor de Risco Muito Alto – R4, na porção superior do setor;
- Implantação das medidas estruturais e não estruturais previstas no estudo de concepção, projeto executivo com medidas de execução/ampliação do sistema de drenagem de águas pluviais, replantio de espécies adequadas ao local e medidas de recuperação ambiental da área com plantios com espécies da Mata Atlântica.;
- Monitoramento do risco geológico no local pela Defesa Civil de Santos.

Em 2020, no âmbito do projeto ProAdapta, foi desenvolvido o estudo de Viabilidade Técnica da ABE no Monte Serrat, com os seguintes destaques: a concepção da medida ABE apresenta características peculiares por ser uma área urbana e de morro, que torna o projeto inovador. No projeto deverão ser utilizadas plantas arbóreas de médio porte, bem como, arbustivas e herbáceas, para obter uma rápida cobertura do solo, promover a diversidade biológica e diminuir o impacto das chuvas, enxurradas e do vento, visando minimizar os riscos de desmoronamentos.

O projeto teve início em 2019, e foi desenvolvido junto à comunidade, com cursos de capacitação e participação efetiva das mulheres. Sofreu uma interrupção em fevereiro de 2020, em função das chuvas torren-

ciais e da pandemia do covid-19. Em junho de 2021, foi retomado com a demolição de casas localizadas na área de risco e o início dos plantios.

A análise das principais diretrizes e ações de adaptação relacionadas à aplicação de SbN como solução para a reocupação da área, desenho e implementação de medida de AbE no Monte Serrat, irá colaborar com a redução do risco climático, com a ampliação e oferta de serviços ambientais e ecossistêmicos dos remanescentes de mata atlântica aos moradores da região; e poderá ser aplicada em outras áreas semelhantes identificadas no plano de Ação Climática de Santos, atualizado em 2021.

## **Rio de Janeiro (cidade) - Plano de Adaptação à Mudança Climática**

A cidade do Rio de Janeiro com cerca de 6,5 milhões de habitantes (IBGE, 2016), é a maior cidade costeira, o segundo centro econômico e o mais importante polo turístico do país. Exerce forte papel político, econômico, social, cultural e institucional no cenário nacional (RIO. PCRJ, 2020).

A área apresenta elevada variabilidade espacial e temporal de elementos meteorológicos. Os maciços florestais influenciam o comportamento regional da temperatura, ventos, evaporação e nebulosidade, mas, principalmente, da precipitação. Ao alcançarem altitude da ordem de 1.000 m, condicionam a penetração da brisa marinha em direção ao interior, além de atuarem como barreira às chuvas. Restringem, assim, a disponibilidade da umidade em partes da Zona Norte e Oeste, usualmente as mais quentes e secas da cidade, em franco contraste com a Zona Sul, onde a brisa marinha atua como forte elemento de arrefecimento do ar (RIO CIDADE, 2016).

A Estratégia de Adaptação às Mudanças Climáticas do Rio de Janeiro, lançada em 2016, compreende um conjunto de iniciativas para reduzir a potencial exposição e a sensibilidade da cidade frente aos perigos climáticos, e fortalecer a capacidade institucional e da população.

Considerou um horizonte de longo prazo e forneceu subsídios para o plano de adaptação, apresentando um mapa de suscetibilidade a escorregamentos, que subsidiou a implementação do Sistema de Alerta Rio. O sistema informa as probabilidades de ocorrência de escorregamentos quando a rede de pluviômetros detecta valores de chuva que ultrapassam limites pré-estabelecidos para as 04 bacias hidrográficas do município.

A abordagem metodológica da avaliação dos sistemas de interesse foi estruturada com base na identificação e mapeamento da vulnerabilidade da cidade às mudanças climáticas, por meio da elaboração do Índice de Vulnerabilidade, composto pelo Índice de Sensibilidade e pelo Índice de Capacidade Adaptativa.

Em 2020, a prefeitura do Rio incorporou a Estratégia de Adaptação no Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro, baseada no modelo do C40 . (RIO CIDADE, 2020).

O Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática (PDS) tem como objetivo central a construção das políticas de Estado alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS da Agenda 2030, e nortear as ações da Prefeitura ao longo das diferentes administrações. O PDS está ancorado em importantes documentos técnicos elaborados nos últimos anos, como o Visão Rio 500, a Estratégia de Adaptação às Mudanças Climáticas e o PMUS - Plano de Mobilidade Urbana Sustentável<sup>3</sup> (RIO CIDADE, 2020).

<sup>3</sup> C40 é uma rede de megacidades mundiais comprometida com a mudança climática.

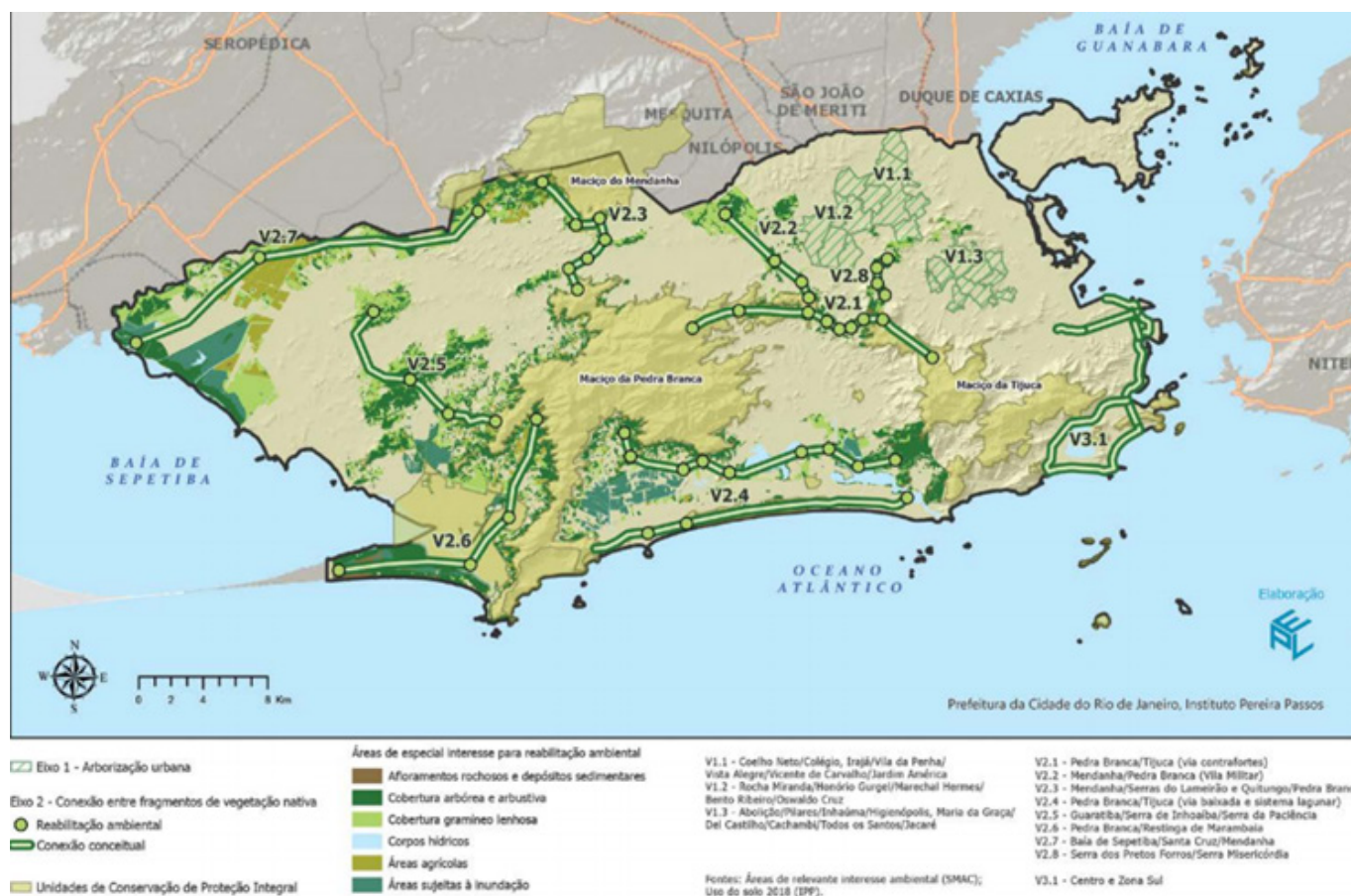
Segundo o PDS, os locais mais atingidos por eventos extremos são as margens dos cursos d'água e os morros ocupados por moradias. Esses espaços são habitados pela população de baixa renda, com maior vulnerabilidade social, e conforme dados históricos de ocupação, na acidentada geografia da cidade, áreas sujeitas a eventos extremos também abrigam residências de alta e média renda (PDS, 2020).

O PDS estima que os deslizamentos de terras afetam cerca de 45% da cidade e costumam ocorrer com mais frequência em encostas com muitas habitações construídas de forma irregular; os bairros mais pobres sofrem maior impacto. Estima também que as ondas de calor representam um dos perigos climáticos mais relevantes para o Rio de Janeiro, pois praticamente toda a cidade está exposta ao fenômeno; mais da metade da cidade sofre com os impactos de inundações, em especial os bairros localizados nas partes baixas.

Como medida de ampliação da resiliência urbana foram definidos 45 Corredores Verdes que são os eixos de implementação do Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática (PDS), "definidos como áreas prioritárias para ampliação de infraestruturas verdes por meio de ações de reflorestamento, arborização urbana, criação, proteção e conexão de unidades de conservação, estímulo à manutenção e ampliação de áreas agrícolas, bem como áreas verdes de relevante interesse paisagístico e histórico, com vistas a sua adequada manutenção e conservação" (RIO CIDADE, 2020).

Os Corredores Verdes (Figura 06) foram estruturados em três eixos principais: eixo V1 - Arborização Urbana; eixo V2 - Conexão entre Fragmentos de Vegetação Nativa e eixo V3 - Patrimônio Cultural da Humanidade. Na definição desses corredores, segundo o PDS 2020, foram utilizadas diferentes bases de dados, dentre as quais: índices de áreas verdes; estudos de temperatura de superfície; comparação entre bases de uso do solo de diferentes anos, localização de parques urbanos e áreas relevantes do ponto de vista paisagístico, e classificação de copas de árvores a partir de ortofotos. Foram analisados mapas

termas e identificados os bairros com maior temperatura de superfície (média anual) no período entre 2015 e 2019. Em função destes levantamentos foram identificados 13 Corredores prioritários.



**FIGURA 6.** Rio (Cidade). Mapa dos Corredores Verdes

Fonte: PRODUÇÃO EPL, 2020

No caso da priorização para arborização foram selecionados bairros que apresentam arborização deficiente, com ruas inteiras ou trechos não arborizados. O objetivo da intensificação da arborização e de outras infraestruturas verdes é amenizar a formação de ilhas de calor trazendo maior conforto térmico e bem-estar físico e psicológico aos moradores.

No caso das soluções para conexão entre fragmentos de vegetação nativa, tendo em vista suas funções ecológicas e socioambientais, a exemplo de áreas com vegetação autóctone com fragmentos do bioma Mata Atlântica e seus ecossistemas associados, localizados em baixadas, encostas, topo de morros e margens de corpos hídricos; foi pensado na implantação de áreas verdes e livres - praças, parques urbanos, arborização urbana, logradouros, e na seleção de novas áreas para implementação de áreas verdes, como as áreas urbanas com baixa densidade de ocupação e áreas destinadas a projetos públicos.

Também foi definido medidas de SbN para bairros com altas temperaturas de superfície (média anual) implantando parques e áreas relevantes do ponto de vista paisagístico, com classificação de copas de árvores e análise de mapas termas.

O Corredor Patrimônio Cultural da Humanidade compreende a área da cidade onde estão localizados os principais parques urbanos históricos e tombados. Neste eixo, também está inserido o sítio reconhecido pela UNESCO como Patrimônio Cultural da Humanidade na categoria Paisagem Cultural. As áreas verdes possuem, relevância ambiental e paisagística, como a Floresta da Tijuca, Parque Nacional da Tijuca; Jardim Botânico do Rio de Janeiro; e a entrada da Baía de Guanabara: Passeio Público, Parque do Flamengo, Fortes Históricos de Niterói e Rio de Janeiro, Pão de Açúcar e Praia de Copacabana. As ações estão voltadas a inventários da arborização urbana das árvores localizadas nos logradouros públicos, Planos Diretores dos parques urbanos, restauração e manutenção dos parques urbanos e plano de manejo das unidades de conservação.

Ainda não é possível medir os resultados desse planejamento climático, mas sim identificar o peso dado às SbN e SbE no plano. Pesa a favor da cidade do Rio de Janeiro sua tradição histórica de recuperação florestal no maciço da Tijuca, bem como, a implantação do Jardim Botânico numa área anteriormente antropizada.

### **Recife - Plano de Adaptação à Mudança climática**

Recife está localizada na costa nordeste do Brasil, em área de morros e da planície junto à foz dos Rios Capibaribe e Beberibe. A revisão do seu Plano Diretor, em 2018-2019, aprofundou os estudos sobre a vulnerabilidade urbana da cidade em relação a escorregamentos e inundações, devido a sua complexa formação físico-geográfica e diversidade geoecológica, com múltiplos ambientes social, físico-natural e biológico.

Recife possui 45,7% de sua extensão costeira sob zona de alta vulnerabilidade, o que significa que a região será rapidamente atingida com a mudança do nível do mar. Cerca de 81% das construções urbanas estão a menos de 30 metros da linha costeira e localizadas em terrenos abaixo de 5 metros de altura. A cidade sofre com as chuvas sobre as áreas de ocupação inadequada e uma infraestrutura de drenagem insuficiente, trazendo como consequência inundações e deslizamentos. Neste contexto, a projeção de aumento de risco de inundações até 2040 é de 68,44%. RECIFE, 2019

A estratégia para adaptação às mudanças climáticas do município envolveu instrumentos como o Sistema Municipal de Unidades Protegidas (SMUP), a Lei de Telhados Verdes e a indução a Reservatórios de Retenção para a redução de carga a ser depositada na rede de drenagem pluvial, e a realização de um amplo estudo intitulado "Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas e Estratégia de Adaptação do Município do Recife", cujo objetivo foi subsidiar a elaboração do seu

Plano de Adaptação à Mudança Climática de 2019. Neste estudo foram indicadas as seguintes medidas de adaptação com o uso de SbN e SbE:

- Revitalizar/Renaturalizar os rios e canais, como medida de adaptação baseada em ecossistemas. A medida visa garantir que as áreas de várzea cumpram o papel de controlar as ondas de cheia, diminuindo os efeitos das inundações. Permite também, a recuperação ambiental dos rios urbanos a partir de ações de valorização dos seus serviços ecossistêmicos;
- Fomentar o Plano de Arborização da Cidade do Recife, com o objetivo de aumentar a permeabilidade do solo e trazer maior conforto ambiental, enfrentando as ameaças de inundação, onda de calor e retenção das águas de chuva como um “tanque de retardo”;
- Aplicar geomantas para reduzir os impactos dos deslizamentos em regiões de encosta e morros da cidade;
- Realizar o enrocamento do Bairro Boa Viagem, com o objetivo de bloquear a erosão costeira. Inserção de um dispositivo amortecedor formado por estrutura executada em pedra, destinado à proteção de taludes e canais.

Recife já tem um histórico de ações ambientais à exemplo da Lei de Telhados Verdes e Reservatórios de Retenção, Lei Municipal nº 18.112/2015, que vem contribuindo sensivelmente para a redução de carga a ser depositada na rede de drenagem pluvial e na amenização das temperaturas (RECIFE, 2015).

Outra importante iniciativa, segundo a Estratégia de Ação Climática (RECIFE 2019, pág.45)), o aumento por meio do plantio de 56.624 árvores na cidade no período compreendido entre 2013 e 2019, ampliou em 40% na cobertura vegetal do município e garantiu não só a permeabilização de terrenos, mas também a purificação do ar, sombreamento, redução das temperaturas em ilhas de calor e retenção de água em suas copas, formando quase que um tanque de retardo natural. As árvores plantadas na cidade foram escolhidas prioritariamente entre as nativas da Mata Atlântica, contribuindo assim para o restabelecimento da vegetação nativa.

### **Salvador - Plano de Adaptação à Mudança Climática**

A capital da Bahia, a cidade de Salvador, está localizada na costa do Nordeste do Brasil e tem seu território subdividido administrativamente pelas Prefeituras de Bairro (Figura 07), instituídas pelo art. 13 da Lei nº 8.376, de 21 de dezembro de 2012.

O Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima (PMAMC)

de Salvador foi lançado em 2020 e reconheceu a necessidade de um desenvolvimento de baixo carbono e resiliente aos efeitos das mudanças do clima na cidade. Para isso, tem como objetivo auxiliar a gestão climática e criação de instrumentos jurídicos para dar suporte às ações de mitigação e adaptação. (SALVADOR, 2020)



**FIGURA 7.** Prefeituras Bairro de Salvador

Fonte: Mapeamento Cartográfico de Salvador - Prefeitura Municipal de Salvador, 2019

Segundo o PMAMC, a cidade de Salvador encontra-se exposta aos impactos adversos das mudanças do clima, e esses impactos afetam sobretudo as populações mais vulneráveis, impondo que as políticas públicas de enfrentamento às mudanças do clima sejam inclusivas e justas. O desenvolvimento de sua malha urbana na área costeira junto à Baía de Todos os Santos foi fortemente marcado pela ocupação acelerada e desordenada de áreas pouco dotadas de infraestrutura e suscetíveis à ocorrência de desastres naturais e sociais (KHAN S. E SANTOS S. A., 2016).

O PMAMC considerou “necessárias e urgentes ações para proteger seus habitantes, ecossistemas e infraestruturas, em particular no que se refere aos riscos relacionados ao aumento do nível do mar, inundações, proliferação de vetores, ondas de calor, seca meteorológica e deslizamentos, que tendem a se intensificar nos próximos anos em decorrência das mudanças do clima” (SALVADOR, 2020). Ele está alinhado às expectativas internacionais de enfrentamento às mudanças do clima, como o Acordo de Paris e o Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e Energia (GCoM, 2020).

Destaca-se como um dos Eixos Estratégicos do Plano de Salvador Verde-Azul, a promoção de Soluções Baseadas na Natureza, como manutenção dos serviços ecossistêmicos, da justiça climática e da qualidade de vida. Várias ações de SbN foram definidas:

Criar novos parques, unidades de conservação e espaços verdes, as quais criam zonas de frescor nas cidades e superfícies não pavimentadas, permitindo a absorção da água da chuva. Além disso, os bene-



fícios sociais gerados com a criação de novas áreas verdes e espaços públicos como parques e praças. O Indicador utilizado é a cobertura de áreas verdes (hectares) por 100.000 habitantes;

Implementar corredores ecológicos. Objetiva implantar espaços vegetados que interligam áreas afetadas pela atividade humana, visando a conservação da biodiversidade por meio do deslocamento de animais, da dispersão de sementes e do aumento da cobertura vegetal. Esta iniciativa forma parte do conjunto de ações consideradas prioritárias para alcançar os objetivos específicos do PMMA (Plano Municipal de Mata Atlântica de Recife). O indicador a ser utilizado para medir os resultados é ao número de corredores ecológicos implantados; Área (km<sup>2</sup>) transformada em corredor ecológico

- Ampliar a arborização urbana. Árvores em espaços públicos criam sombras e reduzem o impacto de ondas de calor nas redondezas. Além disso, suas raízes favorecem a infiltração de água no solo, contribuindo para a alimentação do lençol freático e com a redução de enchentes. A ação também visa orientar os projetos públicos de plantio de árvores para os locais com maior risco de ilhas de calor e com menor quantidade de áreas verdes. Indicadores: Número de áreas arborizadas; Número de árvores por 100.000 habitantes Número de árvores plantadas.
- Adotar o conceito de infraestrutura verde-azul nos projetos da cidade. Ao trabalhar a política das águas integrada às de áreas verdes da cidade, tem-se como objetivo recriar um ciclo de água naturalmente orientado, que pode trazer diversos benefícios para a cidade e os cidadãos, como a redução das ilhas de calor e recuperação de ecossistemas, dentre outros.
- Fomentar a agricultura urbana orgânica;
- Adotar soluções AbE nas novas obras de requalificação de espaços públicos e de equipamentos de sombreamento em praças públicas.

## Resultados e discussões

O caso de Monte Serrat demonstra a importância da participação da comunidade, em especial das mulheres, realçando a questão de gênero nas práticas participativas de adaptação com o uso de AbE. Em Recife, assim como em Santos, evidencia-se a importância das comunidades locais reconhecerem as suas áreas de risco específicas, bem como, as soluções de adaptação propostas, e serem agentes de aplicação das medidas em conjunto com os órgãos técnicos municipais.

No Rio de Janeiro, foi bem trabalhada a mitigação de áreas com alta temperatura e ilhas de calor, para a localização e definição de medidas de SbN; com estudos de temperatura da superfície, comparação entre bases de uso do solo de diferentes anos, localização de parques urbanos e áreas relevantes do ponto de vista paisagístico, classificação de copas de árvores, análise de mapas temais e identificação dos bairros com maior temperatura de superfície (média anual).

Uma orientação metodológica importante verificada nos resultados é o estudo da sustentabilidade no tecido urbano, como uma futura contribuição para medidas de recuperação dos serviços ecossistêmicos nas cidades, em relação à adaptação contra os impactos das ilhas de calor, inundações, escorregamentos, ondas de calor e aumento do nível do mar.

<sup>4</sup> A infraestrutura verde consiste em redes multifuncionais de fragmentos permeáveis e vegetados, preferencialmente arborizados (inclui ruas e propriedades públicas e privadas), interconectados que reestruturam o mosaico da paisagem. Visa manter ou restabelecer os processos naturais e culturais que asseguram a qualidade de vida urbana (BENEDICT E MCMAHON, 2006; AHERN, 2007).

Destaca-se o uso das tipologias de infraestrutura verde<sup>4</sup> nos espaços urbanos como solução que contribui para o escoamento da água da chuva e redução do efeito das inundações, como os jardins de chuva, com a filtragem pela vegetação e infiltração no solo e ao mesmo tempo criando mais áreas permeáveis; assim como, os corredores verdes e parques lineares ao longo dos rios e córregos; corredores ecológicos ou caminhos verdes amenizam o clima, e que permitem a passagem de animais silvestres, com a religação de áreas verdes desconectadas.

Cada uma dessas medidas requer o estudo das áreas críticas com baixos índices de cobertura vegetal e altas temperaturas, definição de espécies adequadas para plantio, técnicas de regeneração de Mata Atlântica em encostas, conexão de fragmentos, monitoramento da absorção de águas pelas árvores, redução de calor, e melhoria de microclimas, entre outros.

Tais aplicações podem ser registradas nas seguintes formas de planejamento local:

- Ampliar e incorporar áreas verdes aos planos de bairros e ao planejamento municipal urbano, que trazem equilíbrio em relação a alta densidade construtiva nas áreas centrais, assim como, apropriar o potencial de cobertura vegetal das áreas periféricas para o uso da população de forma inclusiva e saudável;
- Desenvolver os Planos de Bairros com a aplicação dos parâmetros de sustentabilidade ambiental urbana estabelecidos em pesquisa de campo, com estudos de médias de temperatura de superfície, comparação entre bases de uso do solo de diferentes anos, localização de áreas relevantes do ponto de vista paisagístico e classificação de copas de árvores a partir de ortofotos;

- Desenvolver políticas públicas inclusivas e resilientes que tragam estratégias de adaptação às mudanças climáticas, a partir da conservação e enriquecimento da paisagem natural nos espaços públicos dos bairros;
- Contribuir com as políticas de Parcelamento, Planos Regionais e locais, e planos diretores para a incorporação de infraestrutura verde e azul e mais áreas verdes nos espaços públicos.

## Conclusões

Verifica-se que há um grande potencial para aplicação de medidas AbE para a adaptação de riscos climáticos no Brasil, pelos resultados dos estudos de caso analisados, e as cidades já vêm utilizando soluções ambientais baseadas na natureza. Entretanto, as medidas AbE estão em sua maioria ainda em fase de planejamento e as cidades brasileiras carecem de desenvolvimento e implantação de mais casos de aplicação concreta para aferição do avanço dessas práticas e monitoramento de resultados.

Novas pesquisas deverão medir a efetividade das medidas AbE propostas, e para tal precisam ser monitorados os projetos em implantação, e estes em sua maioria estão em fase de planejamento e ou de projeto.

Dentre os principais itens de contribuição de SbN - soluções baseadas na natureza no planejamento urbano, e em especial de AbE nas medidas de adaptação e redução de riscos climáticos, podemos citar; o efeito climático para microclimas e aumento da permeabilização, com a ampliação da arborização urbana dos espaços públicos junto às calçadas, canteiros centrais, praças e parques; a apropriação de vazios urbanos com a produção de hortas urbanas, mediante a redução de impostos do terreno ao proprietário; o desenvolvimento de agricultura familiar nas bordas da área urbana, aliada a produção sustentável de base agroecológica, segurança alimentar e nutricional com geração de renda e inclusão social e produtiva de públicos em situação de vulnerabilidade socioambiental.

As soluções SbN são proposta e vem sendo aplicadas no planejamento urbano das cidades brasileiras, mas a intensificação desse processo só trarão benefícios efetivos ao meio ambiente urbano, se forem colocadas em prática, e para isso, é necessário o incentivo dos órgãos públicos com a inserção de metas e ações em programas, planos e instrumentos urbanísticos; tais como, planos diretores e planos de bairros; impactando de forma positiva a vida das pessoas; evidenciando a necessidade de promover a resiliência urbana com mais áreas verdes e espaços públicos seguros, acessíveis e inclusivos, cumprindo com os anseios e necessidades da comunidade.

Há necessidade urgente de superar a tendência ao desenvolvimento de “modelos genéricos” de adaptação em especial para a AbE, que não se aprofundam na realidade do local e nas suas especificidades e características próprias de utilização de serviços ecossistêmicos para minimizar riscos climáticos, e conseqüentemente, ampliar a capacidade adaptativa e o maior enraizamento das estratégias de adaptação climática local.

Do ponto de vista da adaptação climática há uma demanda emergencial por prognósticos e identificação de riscos climáticos na escala local, para ampliar a prevenção de risco e a gestão de desastres, para tal é necessária maior disseminação do conhecimento técnico-científico em vulnerabilidade climática, intercâmbio com redes mundiais em resiliência urbana e maior investimento em ações de adaptação climática.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, DS. Modelos de recuperação ambiental. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica [online]. 3rd ed. rev. and enl. Ilhéus, BA: Editus, 2016.

BRASIL, MMA, 2020. Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE) frente à mudança do clima. Manual para formadoras e formadores. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2020.

BRASIL - MCTI. 3ª Comunicação nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, Volume II, 2016.

BRASIL. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Volume 1 - Estratégia Geral, 2016.

CAMARINHA, P. Status e Limites do Conhecimento em Mudança do Clima no Nível Municipal. Índice de vulnerabilidade dos Municípios Brasileiros. CEMADEN (PPT), 2019.

CAMARINHA, P. I. M.. Vulnerabilidade aos desastres naturais decorrentes de deslizamentos de terra em cenários de mudanças climáticas na porção paulista da Serra do Mar. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016.

CHOU, S.C.; LYRA, A.A.; MOURÃO, C.; DEREZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; et al. Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. American Journal of Climate Change, 2014..

DE BORTOLI N. S. CAMARINHA P.I.M., MARENGO J., RODRIGUES, R.R. An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. Nat Hazards, 2017.

FEBA (Friends of Ecosystem-based Adaptation). Tornando eficaz a Adaptação baseada em Ecossistemas: parâmetros para definir critérios de qualificação e padrões de qualidade. Bertram, M.2, Barrow, E.3, Blackwood, K., Rizvi, A.R.4, Reid, H.5, y von Scheliha-Dawid, S.6 (autores). GIZ, Bonn, Alemanha, IIED, Londres, Reino Unido, e IUCN, Gland, Suíça. 2019.

FRAGA R. G., SAYAGO D. A. V. Soluções baseadas na Natureza: uma revisão sobre o conceito. Parcerias. Estratégicas. Brasília-DF • v. 25 • n. 50 • p. 67-82 • jan-jun • 2020

MGIZ Brasil. Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2015

GIZ BRASIL. Implementação de AbE no Monte Serrat, Santos/SP. ProAdapta + Direitos Humanos, Projeto SFF Interno de Direitos Humanos – GIZ Brasil, Brasília, 2019.

IBGE. Perfil dos Municípios Brasileiros 2017. Rio de Janeiro, 2018.

ICLEI & FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO.. Adaptação Baseada em Ecossistemas: Oportunidades para políticas públicas em mudanças climáticas. Curitiba, 2015

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In the Press.

IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. et al (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 2013.

IPCC, 2018: SR 1.5° - Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. Capítulo 4, Seção 4.3., 2018.

KHAN S. E SANTOS S. A (Eds). Mudanças Climáticas e Cidades: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 2017.

MARENGO; J. A.; CAMARINHA; P. I.; ALVES; L M.; DINIZ; F. B. RICHARD A. Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0°C Global Warming Scenarios: An Analysis for Brazil. Editado por Claudio S. E. Silva, Federal University of Rio Grande do Norte, Brasil, 2021.

MARTINS; R. D. FERREIRA L. C.. Uma revisão crítica sobre cidades e mudança climática: vinho velho em garrafa nova ou um novo paradigma de ação para a governança local?. Revista de Administração Pública. RAP — Rio de Janeiro 45(3):611-41, Maio/junho, 2011.

MIDGLEY, G.F., MARAIS, S., BARNETT, M. and WÅGSÆTHER, K. Biodiversity, Climate Change and Sustainable Development – Harnessing Synergies and Celebrating Successes. The World Bank, Cape Town, 2012.

MMA - GIZ BRASIL. Guia para a Formulação de Políticas Públicas Estaduais e Municipais de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA). Ministério do Meio Ambiente - Brasil, 2019.

MORAES, M. M. G.. Fragmentação da Mata Atlântica (1970 e 2014) na zona de morros de Santos (São Paulo, Brasil) utilizando o sistema de informação geográfica (SIG). Dissertação de Mestrado da Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinheiros, Santos, SP, 2019.

NEDER, E. A. Potencial de Adaptação dos Municípios paulistas aos efeitos das mudanças climáticas: aplicação do índice de adaptação urbana no estado de São Paulo, Dissertação de Mestrado na Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 2019.

(PDS, 2020), 2016: Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil, 2016.

RECIFE (Cidade). Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas e Estratégia de Adaptação do Município do Recife – PE. Resumo. CAF, ICLEI, WAYCARBON, 2019.

RECIFE (cidade). Lei de Telhados Verdes e Reservatórios de Retenção, Lei Municipal nº 18.112/2015.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Plano de Adaptação da Cidade do Rio de Janeiro às Mudanças Climáticas - Climate Change Adaptation Strategy for the City of Rio de Janeiro, SMAC-COPPE/UFRJ, 2016.

RIO DE JANEIRO (cidade). Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro (PDS). Rio Prefeitura, 2020.

SALVADOR, 2020. Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima em Salvador, Secretaria Municipal de Sustentabilidade, Inovação e Resiliência. Salvador, BA, 2020.

SANTOS. Estado da Arte. Plano Municipal de Mudança do Clima de Santos - PMMCS. Prefeitura de Santos, 2016.

SANTOS, SECRETARIA DE SEGURANÇA. Avaliação do Risco Geológico em Setor de Encosta Indicado Para Remoção. Departamento de Proteção e Defesa Civil, Parecer Técnico N.O 03 / 2019, Coordenadoria de Risco Natural e Tecnológico, 2019.

SANTOS (Cidade). Plano Municipal de Redução de Riscos, PMRR. IPT e PMS, 2020.

SUDMEIER-RIEUX, K., ARCE-MOJICA, T., BOEHMER, H.J. et al. Scientific evidence for ecosystem-based disaster risk reduction. Nat Sustain, 2021.

ZANETTI; Vitor B.; JUNIOR; Wilson C. de S.; DE FREITAS; Débora M. A Climate Change Vulnerability Index and Case Study in a Brazilian Coastal City. Switzerland, 2016.

## SITES

AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

CDB (Convenção sobre Diversidade Biológica). Connecting biodiversity and climate change mitigation and adaptation: Key messages from the report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change, 2009 <https://www.cbd.int/doc/publications/ahteg-brochure-en.pdf>

Global Covenant of Mayors for Climate & Energy: The largest global alliance for city climate leadership across the globe. <https://www.globalcovenantofmayors.org/>

IBGE. Pesquisa no sistema SIDRA. <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>

IBGE. Cidades e Estados. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/santos.html>

Relatório do Estudo de Cenários de Expansão Urbana - Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: PCRJ, 2020. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/santos.html>

RECIFE. Lei N° 18112 DE 12/01/2015. <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=280138>

GCoM, Global Covenant of Mayors for Climate & Energy. Citado em SALVADOR 2020. UICN. Nature-based Solutions to address global societal challenges. 2016. E Cohen-Shacham, G Walters, C Janzen, S Maginnis. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>

United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld.%202015>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. UNISDR Annual Report 2017. <https://www.undrr.org/publication/unisdr-annual-report-2017>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. UNISDR Annual Report 2020. <https://www.undrr.org/publication/undrr-annual-report-2020>

IUCN 2016 : International Union for Conservation of Nature annual report 2016.

**Deize Sbarai Sanches Ximenes**

Instituto Estudos Avançados - USP; deizesanches@usp.br

<https://orcid.org/0000-0002-0935-912X>

**Ivan Carlos Maglio**

Instituto Estudos Avançados - USP; ivmaglio@usp.br

<https://orcid.org/0000-0002-2665-2424>

**Recebido em:** 24/07/2021.

**Aceito em:** 09/05/2022.

# CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS DERIVADOS DE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA EN EL CONTEXTO URBANO MUY ÁRIDO Y DENSIFICADO DE LIMA METROPOLITANA

Carol Torres Limache

## RESUMEN

El incremento de la proporción de superficie vegetal dentro del contexto altamente densificado de Lima, Perú es considerado una estrategia local clave de desarrollo sostenible. No obstante, puede tener complicaciones al exacerbar el estrés hídrico local. Por ello cuantificar la escala de beneficios obtenidos de las superficies vegetales locales, principalmente en cuanto a prioridades como la sensibilidad en el uso del agua y a la regulación de la temperatura, es necesario para optimizar la gestión del agua necesaria para su preservación. En ese sentido, la aplicación de la herramienta internacional, *Green Area Ratio* a nivel local, podría contribuir a que el incremento de la proporción de superficie vegetal de Lima conlleve un sentido multifuncional que mejore la calidad urbana en diferentes aspectos sociales, urbanos y ambientales.

Los resultados muestran que su aplicación en el contexto árido de Lima demandaría principalmente la adaptación del sistema de puntajes de la herramienta, especialmente de los altos valores comúnmente asignados a algunos sistemas basados en superficies vegetales por versiones extranjeras. Esto convierte a la versión del *Green Area Ratio* sugerida para Lima en este estudio en un sistema novel y único, que demanda más investigación. Sin embargo, puede ser usado como un marco preliminar basado en evidencia científica, en caso se considere su aplicación oficial como soporte a directrices locales de sostenibilidad y/o planes de mejoramiento de la calidad de las áreas verdes. Su aplicación podría fortalecer la implementación de superficies vegetales multifuncionales y soluciones basadas en la naturaleza adaptadas a la aridez del contexto.

**Palabras clave:** Herramientas de sostenibilidad; Soluciones basadas en la naturaleza (SbN); Servicios ecosistémicos; Resiliencia; Mitigación





# QUANTIFICAÇÃO DOS BENEFÍCIOS DERIVADOS DAS SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA NO CONTEXTO MUITO ÁRIDO E DENSIFICADO DA METRÓPOLES DE LIMA

Carol Torres Limache

## RESUMO

*O aumento da proporção de espaço verde no contexto altamente densificado de Lima, o Peru é considerado uma estratégia-chave ao desenvolvimento sustentável local. No entanto, pode ter complicações, exacerbando o estresse hídrico local. Portanto, quantificar a escala de benefícios obtidos pelas áreas vegetais locais, principalmente em termos de prioridades como a sensibilidade ao uso da água e a regulação da temperatura, é necessário otimizar a gestão da água necessária para sua preservação. A este respeito, a aplicação da ferramenta internacional, Green Area Ratio a nível local, poderia contribuir para um aumento na proporção da área de superfície vegetal de Lima que de modo multifuncional para melhorar a qualidade urbana em diferentes aspectos sociais, urbanos e ambientais. Os resultados mostram que sua aplicação no contexto árido de Lima exigiria principalmente a adaptação do sistema de pontuação da ferramenta, especialmente dos altos valores comumente atribuídos a alguns sistemas baseados na vegetação por versões estrangeiras. Isto faz com que a versão do Green Area Ratio sugerida neste estudo requiera mais pesquisas. Entretanto, ele pode ser usado como um quadro preliminar, baseado em evidências científicas, caso sua aplicação oficial seja considerada para apoiar às diretrizes locais de sustentabilidade e/ou planos de melhoria de qualidade das áreas verdes. Sua aplicação poderia reforçar a implementação de superfícies vegetais multifuncionais e Soluções baseadas na Natureza, adaptadas à aridez do contexto.*

**Palavras chave:** Ferramentas de sustentabilidade; Soluções baseadas na natureza (SbN); Serviços de ecossistemas; Resiliência; Mitigação

# QUANTIFICATION OF THE BENEFITS DERIVED FROM THE NATURE BASED SOLUTIONS IN THE VERY ARID AND DENSIFIED URBAN CONTEXT OF METROPOLITAN LIMA

Carol Torres Limache

## ABSTRACT

*Increasing the proportion of local vegetated surfaces within the highly densified context of Lima, Peru is considered a key local strategy of sustainable development. However, it may experience limitations as it could exacerbate water stress in the city. Therefore, quantifying the scale of benefits derived from local vegetated surfaces, mainly in terms of sensitivity to water use and urban temperature regulation, is necessary to optimize the management of water use for its preservation. The application of the international tool, Green Area Ratio at the local level, could contribute so that the increase in the proportion of vegetated surfaces in Lima considers a multifunctional sense to improve urban quality in different social, urban and environmental aspects.*

*The results show that in order to be applied in the arid context of Lima, the tool would require adaptation, mainly of the scoring system, especially high values commonly assigned by foreign versions to some vegetated-based systems. This would make the version of the Green Area Ratio suggested for Lima in this study a novel and unique system, which demands further deeper research. However, it can be used as a preliminary framework based on scientific evidence, in case its official application is considered to support local sustainability guidelines and/or quality improvement plans for green areas. Its application could strengthen the implementation of multifunctional vegetable surfaces and nature-based solutions adapted to the aridity of the context.*

*Keywords: Sustainability tools; Nature-based solutions (NbS); Ecosystem services; Resilience; Mitigation.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Incrementar la proporción de la superficie urbana vegetal es una estrategia clave dentro del concepto de desarrollo urbano sostenible peruano (MVCS, 2017). Esto se hace evidente en la creciente lista de directrices locales de sostenibilidad, que buscan compensar los impactos de la densificación a través del incremento del área destinada a superficies vegetales dentro de una parcela. En efecto, las superficies vegetales, especialmente en la forma de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), resultan multifuncionales (ICLEI, 2021) al proveer diferentes Servicios Ecosistémicos (SEs). Los SEs son los diversos beneficios que provee la vegetación tanto a nivel ambiental como social y/o cultural. Por ejemplo, la vegetación es capaz de regular la temperatura urbana, contribuir a la seguridad alimenticia, mitigar el riesgo a inundaciones, entre otros beneficios. Por ello, los SEs mejoran la calidad de vida y fortalecen la resiliencia sobre todo ante el cambio climático (Pauleit et al., 2017; Benedict & McMahon, 2002).

Sin embargo, incrementar la proporción de la superficie urbana vegetal arbitrariamente, en configuraciones urbanas muy áridas y densificadas como Lima, Metropolitana puede convertirse en algo poco funcional y sostenible (Doherty, 2017, p.17; Ivanir et al., 2015). Por un lado, la aridez dificulta su mantenimiento haciendo que se conviertan en pavimentos que finalmente exacerban las islas de calor urbano (ICUs) (Osmond & Sharif, 2017). Por otro lado, la presión adicional en el consumo de agua para irrigación podría exacerbar el existente estrés hídrico y la vulnerabilidad a las sequías (Doherty, 2017, p.17).

Por ello, un primer paso para optimizar la sostenibilidad al incrementar la proporción de la superficie urbana vegetal en Lima sería contar con una herramienta que contribuya a cuantificar la escala de beneficios finales entregados por la vegetación (SEs). Así, se podría reconocer la calidad de dicho incremento y asegurar que resulte multifuncional y conveniente para los objetivos de sostenibilidad de la ciudad. Como resultado, el agua destinada a su preservación podría utilizarse de manera más racional y estratégica.

El *Green Area Ratio* (GAR) podría ser una herramienta útil en ese sentido. El GAR fue creado para aumentar la proporción de la superficie urbana vegetal en los exteriores de una parcela, considerando el fortalecimiento de la sostenibilidad local y calidad resultante (Juhola, 2018; Keeley, 2011). A través de la asignación de un factor a una práctica basada en vegetación (o pavimentación), la herramienta adjudica un valor relativo que refleja el nivel de contribución de dicha práctica y su relevancia dentro del contexto local. Esto facilita la medición del aporte del 'ratio de áreas verdes' de un proyecto a la consecución de diferentes SEs (Landschaft Planen & Bauen y Becker Giseke Mohren Richard, 1990; Vartholomaios et al, 2013).

Si bien el GAR ha sido aplicado en nueve ciudades del mundo, el contexto climático y urbano de Lima demandaría su adaptación a las condiciones locales (Miranda et al., 2015). Dentro de un contexto como el de Lima, la implementación de superficies vegetales debe contar con un enfoque sensible al agua (Eisenberg et al., 2014) adaptado a las condiciones del clima ya que es vital para la sostenibilidad (Erell et al., 2011).

Por ello, en base a la revisión de los nueve casos y las condicionantes locales, se definirá un marco preliminar para una herramienta GAR para Lima (GAR-Lima). Bajo métodos cualitativos y cuantitativos se determinarán qué objetivos ambientales (SEs), Prácticas y Factores deberían considerarse, dando énfasis a la conservación del agua y la regulación térmica a través de un análisis con ENVI-met 4.4.5. Finalmente, se aplicará la herramienta resultante a diferentes escenarios urbanos típicos locales. para observar cómo cuantifica la escala de beneficios (SEs) otorgados por las superficies exteriores de cada escenario, principalmente en términos de conservación del agua y regulación térmica.

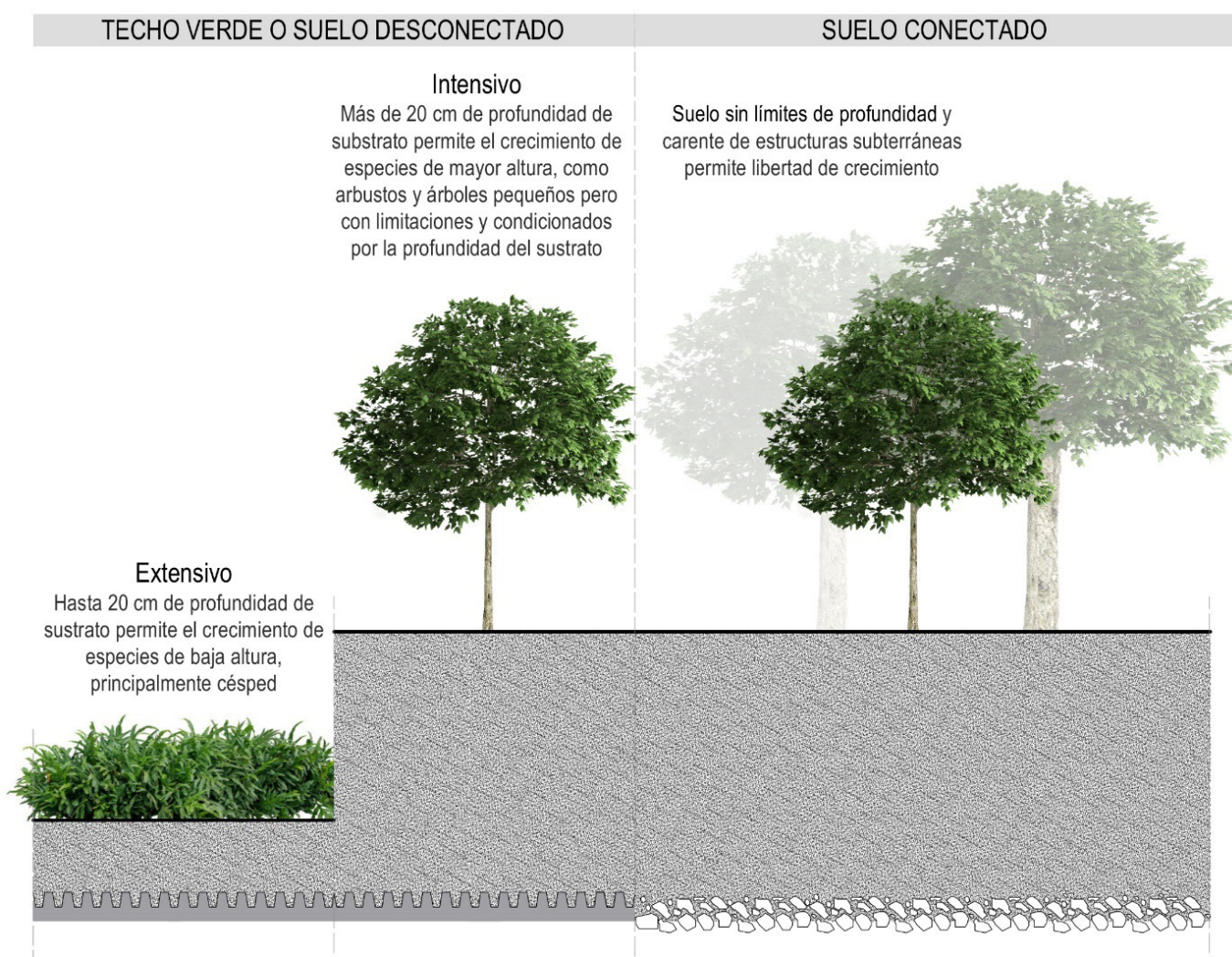
## 1.1 Contexto

Lima es la tercera capital en el mundo más vulnerable al cambio climático (MINAM, 2020). Por su posición geográfica, la ciudad experimenta altos índices de radiación ultravioleta (de hasta 13 puntos) (Ccora, 2015). Y al encontrarse en la costa desértica del Perú, tiene un clima hiperárido (Kotteck et al, 2006) con niveles de lluvia extremadamente bajos que podrían decrecer con el cambio climático (SENAMHI, 2009). Adicionalmente, muchas zonas urbanas enfrentan los efectos de ICUs locales (Teruya Revilla, 2016), lo que podría ser exacerbado por los efectos del cambio climático. Por ello, muchos distritos consideran que Lima es principalmente vulnerable a las sequías y olas de calor (PROACC, 2018) sobre otras amenazas ambientales.

Con más de 10 millones de habitantes, Lima cuenta con pocas áreas verdes urbanas distribuidas desigualmente por toda la ciudad (Portugal del Pino et al., 2020). Los distritos más afluentes tienen aproximadamente 40 veces más área verde por persona (MINAGRI & ANA, 2018). La disponibilidad limitada de agua para su irrigación ha conllevado a su sobreprotección en muchos distritos, y así ha restringido su acceso a los ciudadanos sobre todo en espacios públicos. Además de limitar la dotación de los SEs culturales, como el recreo y la cohesión social, esto ha limitado el rol de las áreas verdes a una función meramente decorativa (Ferrer et al., 2014).

Ante la intensa demanda por densificar la ciudad en altura, algunas directrices de construcción (sección 2.2.1) ven al incremento de la vegetación como un recurso para la mitigación del impacto de estos problemas. Nuevas 'ordenanzas verdes', por ejemplo, otorgan permisos para desarrollar niveles de densificación mayores al máximo per-

mitido, siempre y cuando se incremente el área de superficie vegetal dentro de una parcela. Las prácticas más comunes abarcan la implementación de vegetación indistintamente, tanto sobre suelo sin límites de profundidad ('Suelo conectado') o sobre techos verdes con sustratos extensivos e intensivos ('Suelo desconectado'), en áreas exteriores destinadas tanto al uso privado como público. Se intenta reducir el consumo de agua para irrigación, a través del xeropaisajismo (jardines secos) y/o sistemas de riego inteligentes, los cuales - en combinación con superficies de alto albedo - pueden facilitar la obtención de certificaciones internacionales de construcción sostenible.



**FIGURA 1.** Ejemplos de clasificación de suelo según profundidad

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Comparación de perfiles climático-urbanos

Para corroborar la necesidad de adaptar la herramienta a las condiciones locales se realizó una revisión de literatura de material relacionado al GAR. Se revisó documentación pública, provista por autoridades locales como manuales, reportes y documentos referenciales, así como,

publicaciones científicas, con el objetivo de identificar diferencias entre las preocupaciones ambientales de cada ciudad, así como en sus estrategias para superarlas.

Adicionalmente, se desarrolló una comparación de la densidad poblacional de cada ciudad, y del nivel anual promedio de lluvias y clasificación dentro del sistema Köppen-Geiger para determinar la condición de aridez. Una diferencia significativa entre Lima y las nueve ciudades llevaría a corroborar la necesidad de adaptación indicada por Miranda et al. (2015).

## 2.2 Construcción de un GAR para Lima

Para establecer a los componentes finales del GAR-Lima, es decir, cada objetivo ambiental (o SE), Práctica y Factor Final (FF) se utilizó el método presentado por Keeley (2011), como la base para determinar los factores del caso original de la herramienta: el *Biotope Area Factor - BAF* (Berlín). Este consiste en una 'Evaluación de Contribución Ambiental' (ECA) y se basa en una matriz de correlación entre Prácticas (variables verticales) y SEs (variables horizontales) (Figura 2). A cada Práctica se le otorgó un Puntaje Parcial (PP) dependiendo de su nivel de contribución a la dotación de un SE en específico. La suma de PPs definiría a los Factores Finales (FFs).

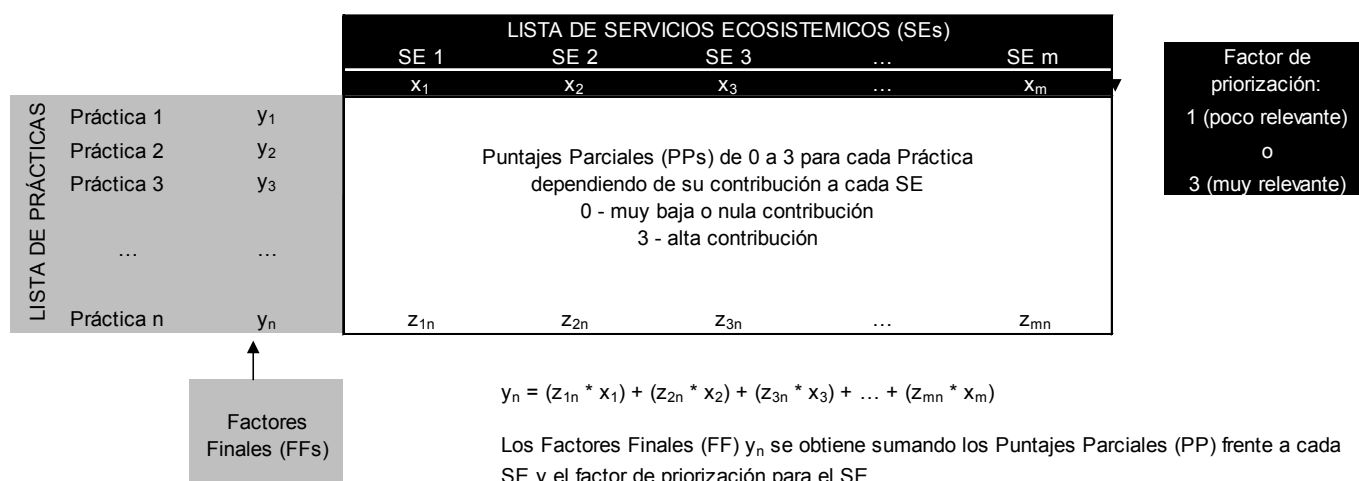


FIGURA 2. Formato ECA en base a la matriz de Keeley (2011)

### 2.2.1 Variables horizontales: Servicio ecosistémicos relevantes para Lima

Para determinar la lista de SEs se utilizaron tres recursos. Se utilizaron los resultados de una encuesta local desarrollada por PROACC (2018), que determina cuáles son los principales peligros climáticos de Lima en base a la opinión de 23 (de 43) gobiernos locales de Lima Metropolitana.

Posteriormente, se corroboró esta información con los objetivos ambientales indicados explícitamente en las principales directrices oficiales de construcción y desarrollo urbano local (Prieto, s.f.; Congreso del

Perú, 2013; GP y MVCS, 2006; GP et al., 2011; GP et al., 2016; MINE-DU, 2008); y certificaciones de edificación sostenible (USGBC, 2019; IFC, 2018; BRE Global, 2017; Fondo MIVIVIENDA, 2020) que forman parte de recientes 'ordenanzas verdes' e incentivos de sostenibilidad (MM, 2020; MSB, 2019; MSI, 2016; MSI, 2019).

Finalmente, esta información fue contrastada con las estadísticas descritas en la sección 1.1 y observaciones *in situ* y conocimiento previo sobre el contexto local.

Estos pasos fueron considerados suficientes para obtener una idea inicial, pero válida, de los principales SEs a incluir en la herramienta. Involucran dimensiones tanto ambientales como culturales, de acuerdo con la clasificación de Alcamo et al. (2003).

### **2.2.1.1 Factor de Priorización**

A diferencia de Keeley (2011) se integró un factor adicional: Factor de Priorización. Este asigna un valor relativo a cada SE y distingue con el valor 1 a los SEs de menor relevancia, y con el triple del valor (3) a los SEs con mayor relevancia. Dicha relevancia se determinó en base a las preocupaciones en común identificadas entre las tres fuentes anteriormente mencionadas en la sección 2.2.1.

Se integró con el objetivo de elevar significativamente el valor de los FFs de aquellas Prácticas que resultaran más convenientes para Lima. Es decir, los PPs de las Prácticas que resultaran más convenientes para los SEs más relevantes para Lima, aumentarían su PPs 3 veces más, llevándolos a obtener FFs claramente más altos que aquellas Prácticas menos convenientes, generando así una escala más contrastante.

### **2.2.2 Variables verticales: Prácticas relevantes para Lima**

Al ser el GAR una herramienta basada en el metraje de superficies urbanas, el concepto de 'Práctica' se estableció como una referencia al material que cubre la superficie de un área (por ejemplo 'Asfalto'), así como al de una medida o actividad que se aplica dentro de un área (por ejemplo: 'Área para agricultura urbana'). Por ello, para optimizar el mecanismo de cálculo del GAR resultante se incorporó el sistema *Layering*, en base a la experiencia exitosa de la ciudad de Malmö, como lo indica Kruuse (2011).

Para determinar la lista de Prácticas se desarrolló una revisión de la documentación indicada en la sección 2.2.1. De aquí se extrajeron todas las Prácticas indicadas como parte de intervenciones de jardinería en exteriores y/o paisajismo y coberturas para áreas libres, techos y terrazas, incluyendo sus formas de irrigación si aplicaba. Consistentemente con el sistema *Layering*, se agruparon de acuerdo con atributos en común, por ejemplo, por tipos de superficie, unidades de veg-

etación y de sombra y también de acuerdo con su función en el espacio urbano - por ejemplo, destinado al uso público, al fortalecimiento de hábitats, a la conservación de agua o de árboles, entre otros.

### **2.2.2.1 Cálculo de Puntajes Parciales (PPs)**

Al ser este estudio un marco preliminar, la asignación de PPs se basó en la revisión de evidencia científica y práctica publicada en artículos científicos, provenientes de plataformas electrónicas de investigación como *Elsevier* y *Research Gate*. Se revisaron diferentes conclusiones sobre la contribución de cada Práctica a un SE con el objetivo de revisar las ventajas y desventajas y formar una sola conclusión, que se reflejaría en el PP. Estas conclusiones derivan de experimentos científicos en contextos similares o locales y/o del conocimiento de expertos locales e internacionales.

Debido a la relevancia del SE: regulación térmica, indicada por PRO-ACC (2018), los PPs de las Prácticas frente a este SE se complementaron con un análisis microclimático con ENVI-met 4.4.5. Este software permite la simulación computacional del microclima local a través de un modelo 3D. Ha sido un método utilizado en un número significativo de estudios científicos sobre infraestructura verde, y su aplicación científica es aceptable si se conocen sus limitaciones (Tsoka et al., 2018; Ahmadi Venhari et al., 2019).

### **2.2.2.2 Determinación del potencial de regulación térmica exterior**

Se utilizó para la simulación un modelo simplificado de una morfología urbana típica de una zona muy densificada del área central urbana de Lima (Figura 3). Se estableció un Caso Base, compuesto por edificios de concreto, techos de terracota (ladrillo pastelero) y calles totalmente asfaltadas. En base a este escenario se generaron otros escenarios. A unos se le añadieron SbN como techos y paredes verdes, considerando sus diferentes profundidades de sustrato (extensivo e intensivo).

A otros solo se les modificó la cobertura de la calle. Por ejemplo, se reemplazó el asfalto por suelo desnudo, y en algunos casos se les pintó de blanco (Alto albedo). En otros se reemplazó por coberturas más permeables, como el Grid-césped o con superficies completamente vegetales, llegando al extremo caso de evaluar una posible configuración urbana con un exacerbado uso de elementos de agua en las calles.



<b>Estación</b>	Campo de Marte, Jesús María 15072, Perú (12.07;77.04)	<p>Ejemplos de diferentes tipos de cobertura de superficie para el análisis</p>			
<b>Fecha indicada para la simulación</b>	2312/2019 (día 'más largo del año')				
<b>Tiempo de simulación</b>	Inicio: 18:00 22/12/2019. Simulado por 30 horas (6 primeras horas para estabilizar)				
<b>Parámetros</b>	Simple forcing; advanced simulation type				
<b>Viento a 10m</b>	5m/s, 225° del norte				
<b>Temperatura Atmósfera</b>	Min.: 17°C   Max.: 24°C (Eisenberg et al., 2014)				
<b>Humedad relativa a 2m</b>	Min: 79%   Max: 88% (Eisenberg et al., 2014)			<b>Medidas escenario</b>	Bloques 20m x 20m H=15m; Ancho de calle=10m
<b>Punto de medición</b>	Coordenada 14,14			<b>Tamaño modelo</b>	170m x 170m x 40m

**FIGURA 3.** Caracterización del análisis con ENVI-met

Al ser la temperatura del aire (TA) uno de los parámetros que influye en la generación de ICUs, se utilizó la variación de la temperatura producida por la materialidad del modelo como un indicador del impacto en la regulación térmica. Es decir, un efecto de enfriamiento producido por la superficie de calle, en comparación al efecto producido por la superficie de calle del Caso Base, se traduciría en un impacto positivo sobre la TA.

Dicho impacto se calculó restando la TA promedio registrada ese día, de la TA promedio registrada al medir sobre la superficie de las calles del escenario (en la zona central del modelo a nivel peatonal: 2.50 m (sobre el nivel de la calle o del techo, en el caso de techos verdes).

Los resultados fueron ordenados de menor a mayor, y posteriormente agrupados dentro de 4 grupos de acuerdo con la proximidad de sus valores. Cada grupo fue finalmente encajado dentro de la escala de puntuación definida para los PPs (de 0 a 3 puntos),

### 2.2.3 Cálculo de Factores Finales (FFs)

La escala cualitativa de calificación de Keeley (2011) (indicada como de 'alta' contribución y 'baja' contribución) fue reemplazada por una escala cuantitativa equivalente, en donde '0' equivale a una 'muy baja o nula' contribución, y '3', a una 'alta' contribución. Esto facilitó el desarrollo de conclusiones numéricas.

A diferencia de Keeley (2011), estos PPs fueron multiplicados adicionalmente por su correspondiente Factor de Priorización, para así obtener el FF de cada Práctica. Sin embargo, dichos FFs fueron posteriormente convertidos en sus valores equivalentes solo para encajar dentro de la típica escala del GAR: de 0 a 1.

## 2.2.4 Medición del impacto del GAR-Lima

Para observar cómo la herramienta contribuye a la cuantificación de la escala de beneficios (SEs), principalmente a la conservación del agua y la regulación térmica, se aplicó el GAR-Lima y se calculó el GAR-Score de diferentes proyectos locales. Primero, se aplicó a 3 edificios con diferentes tipos de superficie (Tabla 1) siendo uno de ellos ('Palas') el caso al cual Miranda et al. (2015, p.110) aplicó el BAF. De acuerdo con los autores y la publicidad del proyecto, este edificio logró "la mayor cantidad de área natural posible, aplicando la normativa actual" y se considera "sostenible". Los otros dos proyectos fueron seleccionados en base a datos públicos en donde a uno también se le consideraba 'sostenible' y a otro 'tradicional' (o construido fuera de directrices de sostenibilidad).

**TABLA 1.** Perfil de proyectos

Nombre	Olavide	Nombre	Palas	Nombre	Huaylas
Ubicación	San Isidro	Ubicación	Chorrillos	Ubicación	Chorrillos
Año	2020	Año	2014	Año	aprox. 2005
Tipo	Residencial	Tipo	Residencial	Tipo	Residencial
Área	ca. 360 m2	Área	2574.40 m2 (Miranda et al., 2015)	Área	ca. 1882 m2
Considerado como	SOSTENIBLE (de acuerdo con Anexo N°04 y/o N°05 de SI-01)	Considerado como	SOSTENIBLE (de acuerdo con Inversiones Tarpuy, 2014)	Considerado como	TRADICIONAL (debido a la edad del edificio)

Posteriormente, se eligió el de arquitectura exterior más simple: 'Olavide', para crear otras combinaciones de superficies (al azar), pero considerando su potencial presencia en el contexto local, como, por ejemplo, superficies con vegetación ausente por falta de mantenimiento. También se priorizó la integración de superficies tanto sensibles, como no sensibles, al agua y clima como con superficies duras o con escasa vegetación.

Al no proponerse un GAR-Target, el universo de casos fue considerado suficiente para observar la correlación entre los GAR-Scores y la concepción de la sostenibilidad local, así como de la proporción de superficie vegetal con la calidad urbana exterior.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Diferencias entre Lima y otras ciudades**

Las condiciones climático-urbanas entre las nueve ciudades y Lima resultaron con diferencias significativas - tanto en las preocupaciones ambientales y estrategias, así como en el contexto climático.

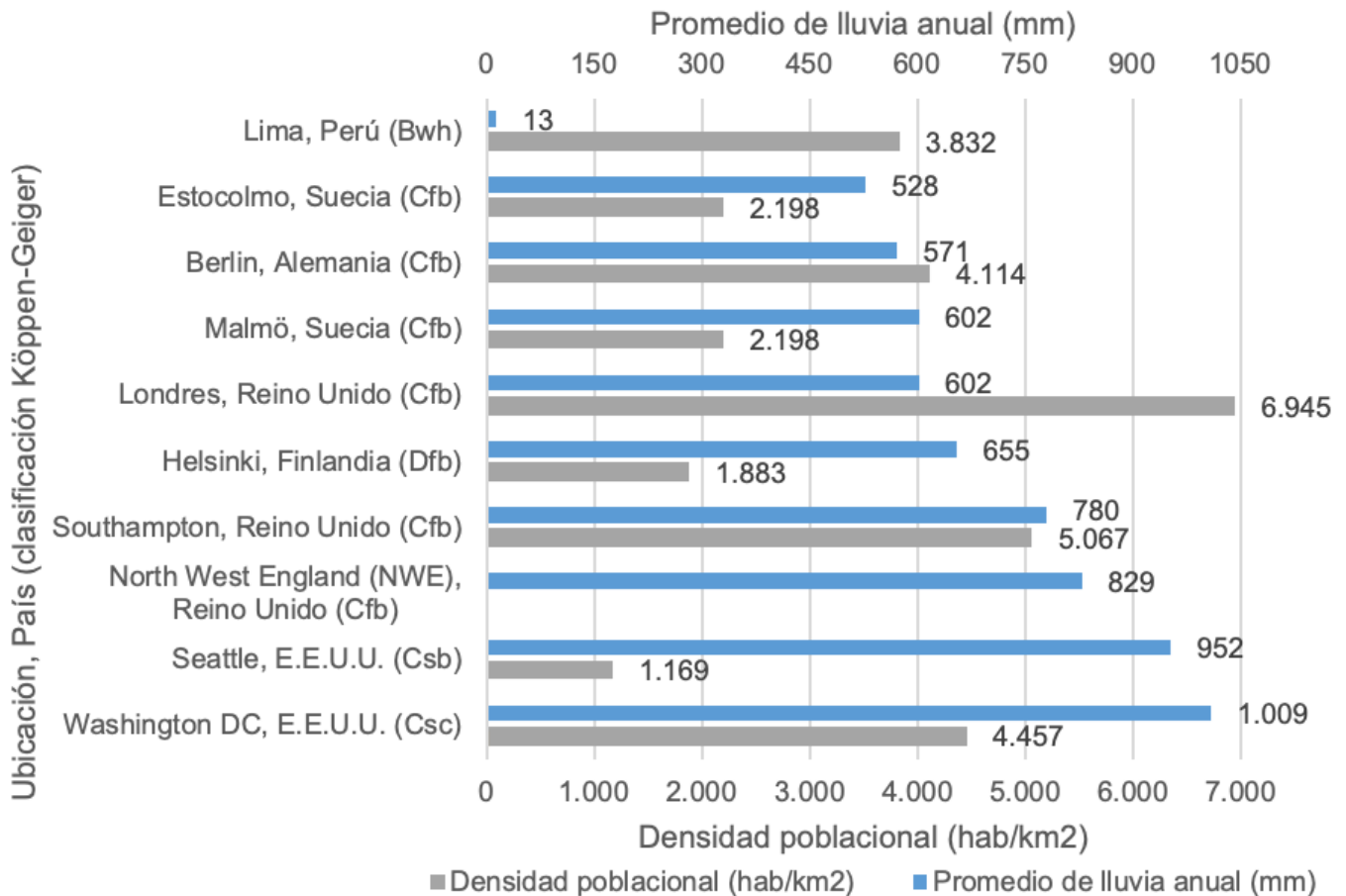
Si bien se identificaron 12 SEs de interés entre todas las ciudades (Tabla 2), muy pocos casos incluyeron a la conservación del agua y regulación térmica. Entre estos se identificaron adicionalmente diferencias en la forma en cómo los SEs eran alcanzados. Por un lado, se observaron pocas Prácticas para la generación de sombra y/o para la regulación de la temperatura. Por el otro, las estrategias relacionadas a estos aspectos indicaban utilizar el agua de lluvias, tanto para la irrigación durante periodos de sequía, como para el enfriamiento a través de fuentes de agua.

**TABLA 2.** Objetivos ambientales y/o servicios ecosistémicos indicados por Lima y las nueve ciudades

SERVICIO ECOSISTÉMICO	FACTOR DE PRIORIZACIÓN (ECA)	LIMA	BERLIN	HELSINKI	LONDRES	MALMÖ	NOROESTE DE INGLATERRA (NWE)	SEATTLE	SOUTHAMPTON	ESTOCOLMO	WASHINGTON DC	DEFINICIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN BASE A DIRECTRICES LOCALES DE CONSTRUCCIÓN Y ORDENANZAS DE SOSTENIBILIDAD
<b>SERVICIO ECOSISTÉMICO</b> Estética Recreación Cohesión social Energía limpia Agricultura urbana Conservación del agua Reducción de contaminación de aire Reducción de inundaciones Reducción de ruido Regulación térmica Biodiversidad Fortalecimiento de Hábitats Preservación del proceso natural del ecosistema	1	✓		✓			✓	✓		✓	✓	<b>DEFINICIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN BASE A DIRECTRICES LOCALES DE CONSTRUCCIÓN Y ORDENANZAS DE SOSTENIBILIDAD</b> Soporte al embellecimiento del entorno urbano. Incluye elementos naturales como ornamento y decoración; y facilitación de emociones positivas y experiencias sensoriales. Facilitación de actividades sociales, deporte y ocio, accesibles (sin barreras) para uso común y público, visibles a nivel peatonal. (Para el ECA estos SES se agruparon) Facilitación de superficies para la producción de energía renovable Facilitación de superficies para agricultura urbana Selección de especies de bajo consumo de agua, integración de sistemas de riego tecnificado y/o reutilización de agua de lluvias Reducción general de la contaminación del aire, sin especificar fuente y tipo de contaminante Soporte a la retención, detención, infiltración y drenaje de agua de lluvias Reducción general del ruido, sin especificar fuente y tipo de contaminante Reducción de la temperatura del aire e islas de calor Incremento general de la diversidad de especies. No indica si vegetal y/o animal Protección de hábitats de insectos o pájaros Reducción de introducción de especies no locales y/o preservación de árboles
	3	✓		✓	✓		✓			✓	✓	
	1	✓									✓	
	1	✓		✓							✓	
	3	✓		✓				✓		✓	✓	
	-	✓		✓				✓		✓	✓	
	1	✓		✓				✓		✓	✓	
	-	✓		✓				✓		✓	✓	
	3	✓		✓				✓		✓	✓	
	-	✓		✓				✓		✓	✓	
	1	✓		✓				✓		✓	✓	
	1	✓		✓				✓		✓	✓	

Fuentes: Lima (ver sección 3.2.1); Berlín (Landschaft Planen und Bauen and Becker Gieseke Mohren Richard, 1990); Helsinki (City of Helsinki Environment Centre, 2016); Londres (Grant, 2017); Malmö (Krusse 2011; Stockholms stad, 2015); Noroeste Inglaterra (Community Forest Northwest, 2010); Seattle (First, 2008; City of Seattle, 2020); Southampton (Southampton City Council, 2015); Estocolmo (Stockholms stad, 2015; Fansa, 2019); Washington DC (Department of Energy and Environment, 2017)

No obstante, hubo diferencias más determinantes para concluir que ninguno de los nueve GAR podría aplicarse directamente sin previa adaptación en Lima. Lima fue la ciudad considerablemente más árida (Figura 4). Por ello, a pesar de tener una densidad poblacional media en comparación a los nueve casos, se justifica la necesidad indicada por Miranda et al. (2015) de adaptar la herramienta a las condicionantes de la ciudad.



Fuente: SENAMHI, 2020; Weather Atlas, 2020; Kottek et al., 2006, City Population, 2020. Información de North West England para Manchester.

**FIGURA 4.** Densidad y promedio de lluvia anual (mm) y clasificación Köppen-Geiger de cada ciudad

### 3.2 Componentes del GAR-Lima

La Tabla 3 muestra en resumen los resultados completos del ECA, tanto a la selección de SEs, Prácticas y sus respectivos PPs y FFs.

#### 3.2.1 Servicios Ecosistémicos

Como se observa en la Tabla 2, se identificó que las directrices pretenden facilitar el alcance de 11 de los 12 SEs indicados por las nueve ciudades, aun así, los 12 SEs fueron introducidos en el ECA y en base a la información revisada se jerarquizaron como se indica en la Tabla 2.

Sin embargo, solo 9 SEs pudieron ser finalmente considerados (Tabla 3). A pesar de la relevancia de SEs como la 'Reducción de la con-

taminación', 'Biodiversidad' y 'Reducción de ruido', estos fueron descartados debido a la alta generalidad con la que se describían en la literatura revisada, en muchos casos con ausencia de parámetros medibles. Por ejemplo, se indicaba usar a la vegetación para mejorar la calidad de aire sin especificar si por filtración o deposición. Similarmente, se mencionaba el fortalecimiento de la biodiversidad sin especificar qué especie en particular (vegetal o animal).

### 3.2.2 Lista de Prácticas

Como se observa en la Tabla 3, la lista de Prácticas resultó con diferentes tipos de superficies: vegetales y no vegetales - incluyendo SbN como 'Pared verde' o 'Pantano' como mecanismo para el tratamiento de aguas grises. Las SbN identificadas se agruparon principalmente en la sección 'Superficies'. La SbN: 'Techo verde' - altamente mencionada en la documentación revisada - se integró de forma 'deconstruida' ya que puede ser considerada como una 'Superficie', en 'Suelo desconectado' y, dependiendo de la profundidad del sustrato, puede ser una 'Superficie Funcional' que facilita la dotación de SEs como 'Agricultura urbana' y 'Cohesión social y recreación'. Al incorporar el sistema *Layering* los beneficios derivados no solo de la superficie (en este caso vegetal), sino también de otras funciones o capacidades del sistema dentro del área, pueden ser considerados - no obstante, también sus limitaciones - lo cual optimiza la efectividad del cálculo de la herramienta.

#### 3.2.2.1 Puntajes Parciales (PPs)

Los Puntaje Parciales (PP) resultantes se muestran en la Tabla 3. La Tabla 4 muestra los criterios elegidos para establecerlos. A algunas Prácticas no se les otorgó un PP, principalmente porque su impacto no fue directo - por ejemplo, la contribución de 'Panel solar fotovoltaico' a la 'Agricultura Urbana' o al 'Fortalecimiento de Hábitats'. Sin embargo, esto no influyó en el cálculo de sus FFs, ya que matemáticamente es considerado como equivalente a 0.

**TABLA 3.** Evaluación de Contribución Ambiental (ECA)

GRUPO DE PRACTICA	TIPO DE PRACTICA	PRACTICA/ SUPERFICIE	FACTOR FINAL	FACTOR RESULTANTE	CULTURAL		ABASTECIMIENTO			REGULACIÓN			SOPORTE	
					Estética	Cohesión Social / Recreación	Energía Limpia	Agricultura urbana	Conservación del agua	Reducción de inundaciones	Regulación térmica	Fortalecimiento de Hábitats	Preservación del proceso natural del ecosistema	
					1	3	1	1	3	1	3	1	1	
SUPERFICIES	Permeable	Suelo natural / Suelo desnudo o tierra expuesta	0.70	19	2	0	0	3	3	3	1	2		
		Grava	0.63	17	2	0	0	3	3	3	1	0		
		Pared verde	0.33	9	3	0	1	1	0	0	0	3		
		Cubresuelo	0.67	18	3	0	1	3	3	2	2	3		
		Grass	0.56	15	3	0	0	0	3	3	1	2		
		Mulch (mantillo, humus)	0.70	19	2	0	1	3	3	3	1	2		
		Arena	0.70	19	2	0	1	3	3	3	1	2		
		Superficie verde-grfs (ejem. grass block, grass, grass grid, etc.)	0.41	11	2	0	0	1	2	2	1	1		
		Pavimento permeable (de juntas no selladas)	0.52	14	0	0	3	3	2	2	1	0		
		Grass artificial	0.41	11	2	0	0	3	3	3	1	0		
		Asfalto	0.33	9	0	0	3	3	0	0	0	0		
		Pavimento impermeable (juntas selladas)	0.33	9	0	0	3	3	0	0	0	0		
		Ladrillo (terracot)	0.33	9	0	0	3	3	0	0	0	0		
		Panel solar fotovoltaico	0.56	15	0	3	3	3	0	0	1	0		
		Deck de madera	0.52	14	2	0	0	3	0	2	1	0		
Cuerpo de agua (fnt: fuentes, espejos de agua, pozos, etc)	0.52	14	3	0	0	3	3	3	3	2				
Plantano	1.00	27	3	0	0	3	3	3	3	3				
Arbol	0.78	21	3	0	0	1	1	3	3	3				
Arbusto	0.67	18	3	0	0	1	1	3	2	3				
UNIDADES DE VEGETACION	Sombra	Estructura que da sombra (no a través de vegetación)	0.48	13	1	0	3	1	0	1	0			
	Sombra	Estructura que da sombra basado en vegetación (ejempl: techo de para, etc)	0.48	13	3	0	1	0	2	2	1			
UNIDADES DE SOMBRA	Sombra	Estructura que da sombra con paredes solidas	0.70	19	1	3	3	0	0	2	0			
	Sombra	Estructura que da sombra con paredes solidas	0.70	19	1	3	3	0	0	2	0			
SUPERFICIE FUNCIONAL	Áreas de uso exclusivo	Área (privada) donada y destinada a recreación pública (ejem. parklet con entretenimiento, terrazaboliveard de juegos privados pero abierto a uso público no comercial) o área destinada a recreación semi-privada (ejem. zona de juegos en condominio)	0.33	9	3	0	0	3	0	1	0			
		Área destinada a interacción social pública en área privada (ejem. zona de bancas privadas para uso público) o áreas destinadas a interacción social en áreas semi-privadas (ejem. bancas, taller comunal, o espacios de encuentro dentro de multifamiliares)	0.33	9	3	0	0	3	0	0	0			
		Área con vegetación destinada a producción de alimentos (ejem. jardín comunal para agricultura urbana)	0.44	12	3	3	0	3	0	0	0			
		Área con vegetación inaccessible, empedrada y prohibida al uso público pero visible a calle (pública)	0.11	3	1	0	0	0	0	0	0			
		Área destinada, reservada y exclusiva para la reproducción y supervivencia de insectos o animales urbanos	0.11	3	0	0	0	0	0	0	3			
		Áreas de acceso y uso público	Donación de área privada con sombra en dirección pública (ejem. jardín privado en relleno con árboles sombreado calle peatonal)	0.33	9	3	0	0	0	0	0	0		
			Suelo natural y conectado (sin ningún tipo de base civil/estructural)	0.22	6	0	0	0	3	0	0	3		
			Suelo desconectado - Suelo profundo (fnt: techo verde intensivo, más de 20 cm de profundidad)	0.07	2	0	0	0	0	0	0	2		
		Demanda de agua de la vegetación	Suelo desconectado - Suelo superficial (fnt: techo verde extensivo, de 0 a max. 20 cm de profundidad)	0.04	1	0	0	0	0	0	0	1		
			Área con vegetación tolerante a sequías (ejem. xerofitas, etc.) o de mínima irrigación	0.33	9	0	0	3	0	0	0	0		
			Área con vegetación de riego mejorado con agua reciclada o tratada	0.22	6	0	0	2	0	0	0	0		
			Área con vegetación de riego tradicional con agua reciclada o tratada	0.11	3	0	0	1	0	0	0	0		
			Área con vegetación de riego mejorado con agua potable	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Preservación de árboles	Área con vegetación de riego tradicional con agua potable	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0		
			Área de arbolado preservado/conservado	0.22	6	0	0	0	0	0	0	1		
Superficies reflectivas	Área con alto albedo (ejem. alto SRL, techo blanco)	0.11	3	0	0	0	0	0	0	1				
	Área con alto albedo (ejem. alto SRL, techo blanco)	0.11	3	0	0	0	0	0	0	1				

x Puntaje parcial

No aplica / No evaluado

**TABLA 4.** Justificación de Puntajes Parciales

Servicio ecosistémico	Escala de evaluación	Fuentes consultadas
Estética	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provee experiencia directa con la naturaleza (condición inherente humana -principios de Biofilia) - 3 puntos</li> <li>• Material natural, imitación de naturaleza (no incluye vegetación) - 2 puntos</li> <li>• Provee sentido de confort y protección - 1 punto. Si con cobertura vegetal - 3 puntos adicionales</li> <li>• Otro material y/o superficie: estética sujeta a apreciación individual - 0 puntos</li> </ul>	Kellert & Calabrese, 2015; Beatley, 2016; Gehl, 2010, p.140-157
Recreación y Cohesión Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promoción de actividades recreativas o sociales o la agricultura urbana - 3 puntos</li> <li>• Acceso a la naturaleza solo visualmente, pero con áreas vegetales inaccesibles, exclusivamente ornamentales - 1 punto</li> <li>• Área privada donada para espacio público o área de sombra pública - 3 puntos</li> </ul>	Jennings & Bamkole, 2019; Ferrer, 2014, p.136-153; Gehl, 2010, p.147-161; Gehl, 2016; Gómez-Baggethun et al., 2013; Vogt et al., 2017; Azunre et al., 2019; James et al., 2016; Jönsson, 2016
Energía Limpia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provisión de energía solar - 3 puntos</li> <li>• No provee energía solar - 0 puntos</li> </ul>	Espinoza et al, 2019; IEA, 2020; Tolderlund, 2010, p.30; Bazán et al., (2018)
Agricultura Urbana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área acondicionada para producción de alimento de forma social y comunitaria - 3 puntos</li> </ul>	World Bank, 2013; MC, 2016; Azunre et al., 2019
Conservación del Agua	<p>Escala principal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No requiere o requiere mínima irrigación o tolerante a la sequía o contribuye al reciclaje de agua - 3 puntos</li> <li>• Requiere irrigación - 1 punto</li> <li>• Requiere mucha irrigación/basado en agua - 0 puntos</li> </ul> <p>FUNCIONALIDAD</p> <p>Escala:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si usa mecanismo de alta eficiencia con agua tratada - 2 puntos</li> <li>• Si usa riego estándar con agua tratada - 1 punto.</li> <li>• Si usa agua potable - 0 puntos</li> </ul>	Yang & Wang, 2017; Nouri et al., 2019; Brescia de Fort et al., 2010; Arup, 2018; Hagen et al., 2017; Eisenberg et al., 2014; Municipalidad Metropolitana de Lima, 2013;
Reducción de Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite infiltración - 3 puntos</li> <li>• Permite infiltración parcial - 2 puntos</li> <li>• Superficie pavimentada o que no permite infiltración - 0 puntos</li> </ul>	Keeley, 2011, p.942; Wilson, 2008, p.6-12; PROACC, 2018; Siña, 2016
Regulación Térmica	Ver sección 3.2.2.2	
Fortalecimiento de Hábitats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De composición vegetal o principalmente natural y que facilita o acondiciona natural o intencionalmente a la integración de otros sistemas/funciones naturales - 3 puntos</li> <li>• De composición no vegetal pero natural y que facilita o acondiciona a la integración parcial o con limitaciones de otros sistemas/funciones naturales - 2 puntos</li> <li>• Facilita o acondiciona a la integración de otros sistemas/funciones naturales con muchas limitaciones. Baja probabilidad o intención para el SE -1 punto</li> <li>• No soporta, no acondicionado para la integración de otros sistemas/funciones naturales - 0 puntos</li> </ul>	Hemeier, 2005; Sukopp & Weiler, 1988; Chepkemoui, 2017; Keeley, 2011, p.942
Preservación del proceso natural del ecosistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acción que no perturba la condición existente o previa - 3 puntos</li> </ul>	Hauer et al., 2020; MML, 2013; The Morton Arboretum, 2020;



### 3.2.2.2 Análisis microclimático

#### 'Superficies' y 'Unidades de vegetación'

Las calles con superficies duras como el 'Concreto' y 'Asfalto' (Caso Base), resultaron con el mayor efecto de calentamiento sobre la TA promedio y, por ende, con cero puntos como PPs.

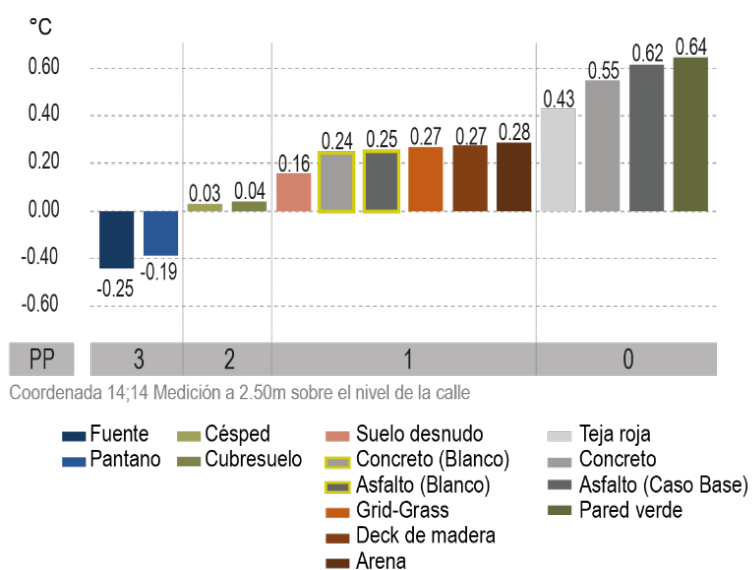
Las superficies basadas en cuerpos de agua ('Fuente' y 'Humedal de filtración' - como sistema de tratamiento de aguas grises) y 'Árbol' resultaron con los PPs más altos (3 puntos) porque se observó un efecto de enfriamiento considerablemente superior en comparación a las calles del Caso Base y otras superficies.

Las superficies restantes, tanto vegetales como no vegetales, resultaron con 2 y 1 puntos, dependiendo de su diferencia con el Caso Base (Figura 5). Dentro de este grupo - en comparación al Caso Base: 'Asfalto' (0.62 °C) - las superficies vegetales en general lograron un efecto de enfriamiento en todos los casos (por ejemplo, la colocación intensiva de 'Césped' redujo la TA de las calles hasta a 0.03 °C), con excepción a la SbN 'Pared verde' que resultó con un efecto prácticamente neutro (0.64 °C) en el modelo. Consecuentemente se le asignó un PP de cero puntos.

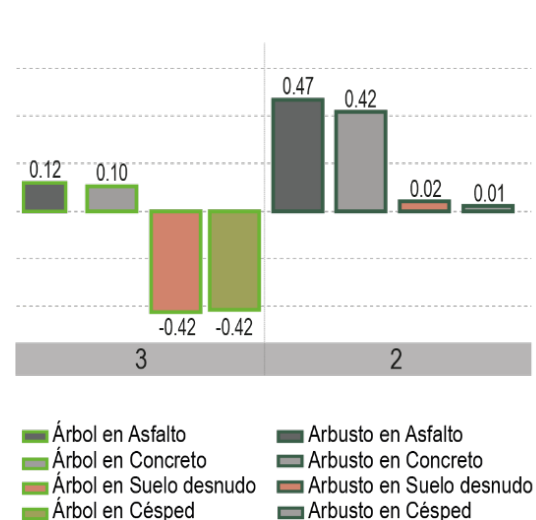
La colocación intensiva de 'Árbol' sobre otras superficies siempre tuvo un mayor efecto de enfriamiento comparado con la colocación intensiva de superficies vegetales como 'Césped', 'Cubresuelos' y 'Arbusto'. 'Árbol' logró una reducción promedio aproximada de 0.5 °C sobre la TA original, más allá de colocarse cubriendo superficies duras como 'Concreto' y 'Asfalto' o permeables como 'Suelo desnudo' y 'Césped'. El impacto en las calles de implementar techos verdes en el modelo resultó inconcluso (ver sección 4.2.3).

Por otro lado, el impacto de cambiar el albedo de las calles de 'Asfalto' y 'Concreto', a un SRI 100 (0.80 albedo y 0.90 emisividad) resultó en un efecto de enfriamiento considerable: una reducción aproximadamente de 0.62 °C a 0.25 °C y de 0.55 °C a 0.24 °C, respectivamente. Sin embargo, su impacto final (valor 0.25 °C y 0.24 °C) encajó dentro de la magnitud del grupo que recibió 1 Punto, por ello, se le asignó finalmente este PP.

## Superficies



## Unidades de Vegetación



**FIGURA 5.** Diferencia promedio entre la temperatura del aire del ambiente y la temperatura generada por las Prácticas de 'Superficies' y 'Unidades de vegetación'

Por otro lado, la Tabla 5 muestra los PPs alcanzados por Prácticas de esta sección que no pudieron ser analizadas con ENVI-met, debido a ciertas limitaciones (ver sección 4.2.3). Sus PPs fueron asignados únicamente en base a evidencia científica y práctica.

**TABLA 5.** Justificación de Puntajes Parciales para 'Superficies' evaluadas solo en base a literatura

Puntaje Parcial	Práctica	Justificación
0	Césped artificial	Considerado como superficie dura
1	Panel solar fotovoltaico	
1	Mulch	No obstante, a pesar de tener comúnmente un bajo albedo, su capacidad de retención de humedad puede equiparar su potencial calentamiento.
1	Grava	Al ser permeable puede almacenar menos calor que una superficie dura (Osmond & Sharifi, 2017, p.7). Por ello se le consideró con el mismo puntaje que 'Arena' y 'Suelo desnudo'. Adicionalmente, tiene comúnmente un alto albedo, que podría beneficiar su capacidad de enfriamiento.

## Unidades de sombra

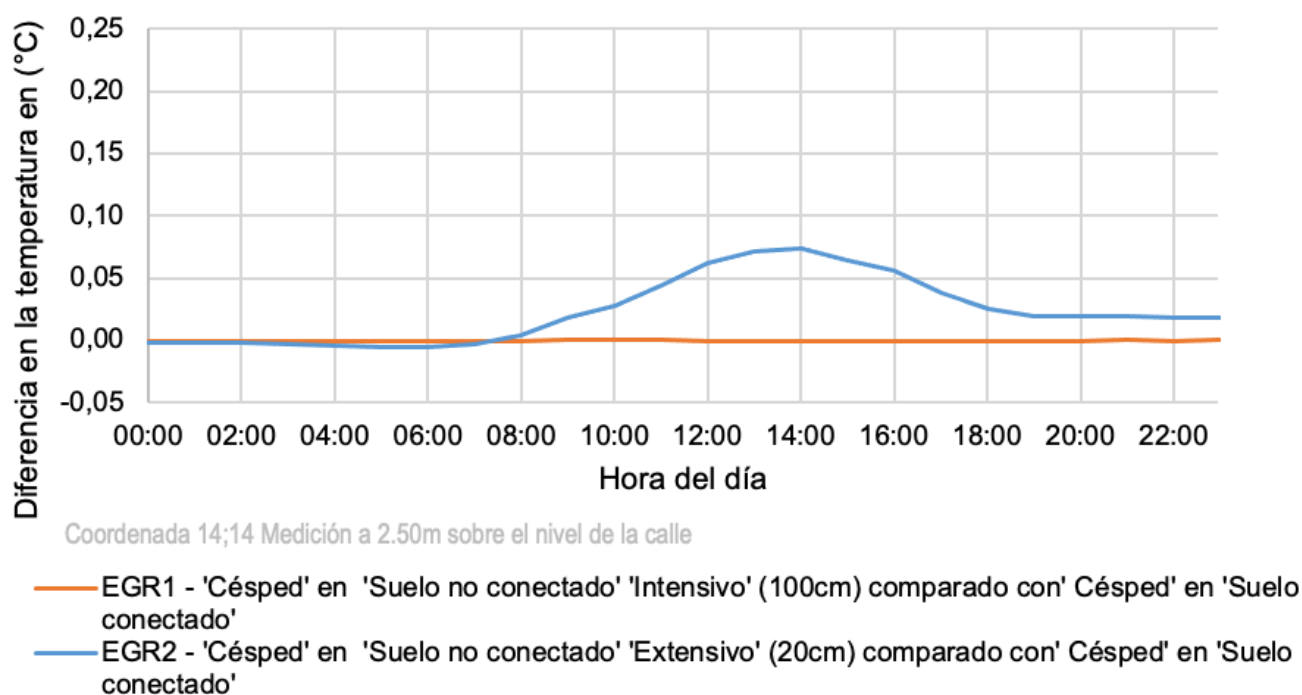
Estas Prácticas tampoco pudieron ser modeladas con ENVI-met por limitaciones del estudio (sección 4.2.3) y su justificación (Tabla 6) se basa solo en evidencia científica y práctica. Dentro de este contexto, se asignó solo 1 punto a 'Árbol preservado', para dar valor al potencialmente bastante desarrollado diámetro de copa (sombra) derivado de la posible madurez de la 'Unidad'.

**TABLA 6.** Justificación de Puntajes Parciales para 'Unidades de Sombra'

Puntaje Parcial	Práctica	Justificación
2	Sombra basada en la vegetación	El follaje provee sombra y evapotranspiración resultando en un efecto de enfriamiento (Duarte, 2016), pero probablemente este último suceda de manera limitada y/o este sujeto a la influencia de diferentes emisividades o capacidades de calor de otros materiales.
1	Sombra no basada en la vegetación	El enfriamiento por sombra se consideró condicionado por las propiedades térmicas de otros materiales.
2	Sombra basada en paneles solares	1 punto por la capacidad de absorber y convertir la radiación en electricidad y otro por la sombra.

## Conexión y profundidad de suelo

Como se ve en la Figura 6, el impacto del 'Suelo desconectado intensivo' resultó casi igual al de 'Suelo conectado'. El 'Suelo desconectado extensivo' generó un efecto casi insignificante de máximo 0.074 °C. Consecuentemente, no se generaron PPs por profundidades de suelo.



**FIGURA 6.** Diferencia en la temperatura del aire entre 'Césped' con diferentes profundidades de suelos

### 3.2.3 Factores Finales del GAR-Lima

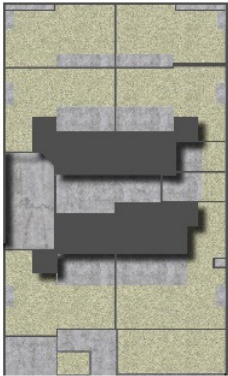
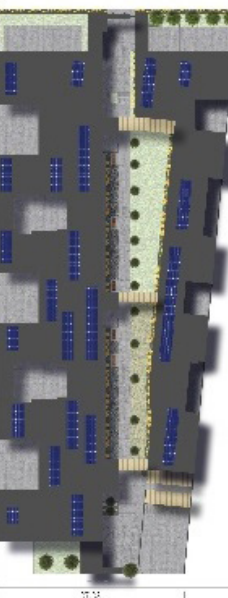
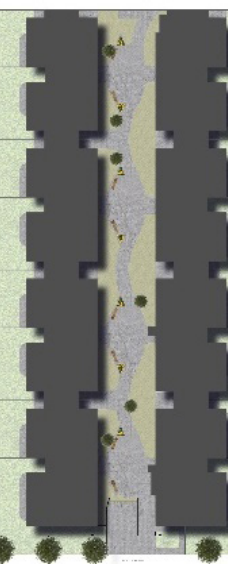
Como se muestra en la Tabla 3. La escala resultante de Factores Finales (FFs) muestra que tanto superficies vegetales como no vegetales alcanzaron FFs muy altos y bajos. Por ejemplo, la SbN: "Pantano" y "Árbol" obtuvieron los FFs más altos, 1.00 y 0.78, respectivamente; y "Suelo desnudo", "Mulch" y "Arena" alcanzaron 0.70.















Por otro lado, no todas las superficies vegetales recibieron altos FFs. "Pared verde" recibió un puntaje bajo (0.33), al nivel de superficies duras como "Asfalto" y "Concreto".

### 3.3 Aplicación

La Tabla 7 muestra que el proyecto construido bajo un enfoque "tradicional" resultó en un GAR-Score más alto que los otros dos edificios "sostenibles", a pesar de que no necesariamente tuvo más proporción de superficie vegetal.

**TABLA 7.** GAR-Scores obtenidos con el GAR-Lima

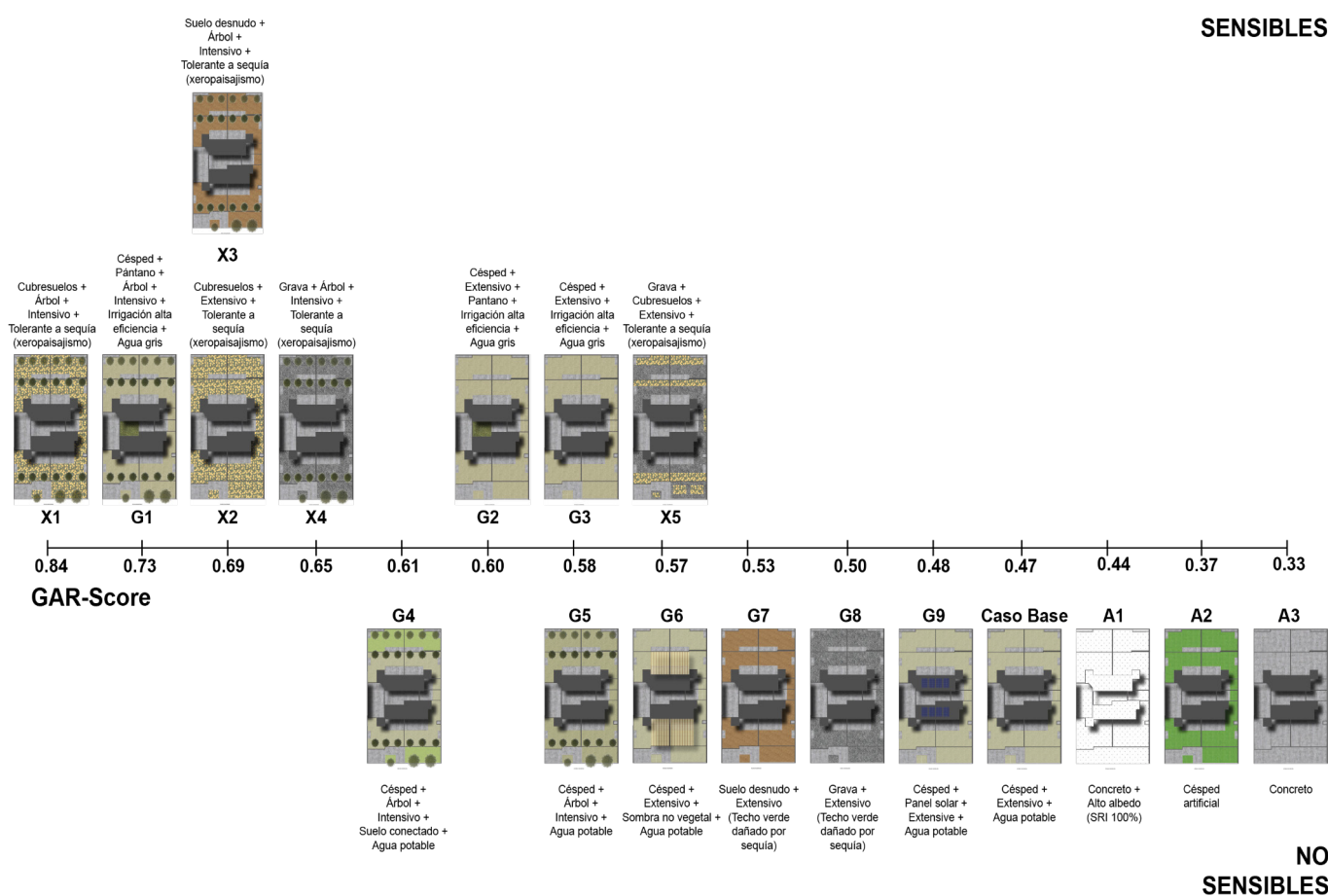
Nombre	Área (m <sup>2</sup> )	% Superficie Vegetal	Consideración	GAR-Score	
	Olavide	359.5	50.1%	Sostenible	0.47
	Palas	2574.39	12.7%	Sostenible	0.47
	Huaylas	4881.5	38.5%	Tradicional	0.50

 Césped   Suelo desconectado	 Césped artificial	 Grava	 Árbol 1.50 m (tamaño de copa)	 Alto albedo	 Concreto	 Sombra
 Césped   Suelo Conectado	 Pantano artificial	 Suelo desnudo	 Árbol 2.50 m (tamaño de copa)	 Cubresuelos	 Techo (Concreto)	 Panel solar

Por otro lado, la Figura 7 muestra que, en general, los GAR-Scores más altos fueron obtenidos por escenarios Sensibles al Agua y aquellos No Sensibles al Agua obtuvieron GAR-Scores relativamente bajos, por ejemplo, aquellos simulando vegetación ausente tras falta de irrigación (G7 y G8). Los GAR-Scores más bajos fueron obtenidos por escenarios compuestos por gran cantidad de superficies selladas o duras (A1 GAR-Score 0.40; A2 GAR-Score 0.37 y A3 GAR-Score 0.33).

Al medio de la escala, sin embargo, se presentaron algunos empates entre escenarios Sensibles y No Sensibles (G5 y G6; y G3 y X5) y también un escenario No Sensible al Agua (G4 con 0.61) resultó con un GAR-Score más alto que un escenario Sensible al Agua (G2 con 0.60).

**FIGURA 7.** GAR-Scores calculados para diferentes escenarios de 'Olivade'



## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 Adaptación local

Como lo sugirió Miranda et al. (2015), la adaptación de la herramienta a las condiciones locales de Lima es necesaria. Entre Lima y las nueve ciudades existen significativas diferencias de contexto, que de no ser consideradas como parte de la herramienta podrían limitar su utilidad e inclusive ofrecer indicadores que induzcan al error.

Si bien las ciudades tienen preocupaciones y objetivos similares y proponen soluciones (Prácticas) parecidas, algunas de estas no serían sostenibles en Lima - sobre todo desde la perspectiva de la conservación de agua y regulación térmica.

La extrema diferencia en el nivel de lluvias es un obstáculo importante para implementar soluciones dependientes de este recurso - por ejemplo, la implementación de sistemas de recolección de lluvias para irrigación o su utilización en fuentes como sistemas de enfriamiento de la temperatura.

La inclusión de este tipo de Prácticas en las nueve calculadoras - y la ausencia de otras como, por ejemplo: SbN para el tratamiento de aguas - convierte a las herramientas en métricas no necesariamente adecuadas al valorizar positivamente a Prácticas que no son sensibles a las condicionantes locales.

En ese sentido, el GAR-Score calculado para 'Palas' por Miranda et al., (2015) usando el BAF debe ser entendido solo como un ejemplo de aplicación ya que los objetivos de esta herramienta no se alinean completamente con las preocupaciones más relevantes de Lima (Tabla 2). Esto hace que dicho resultado no refleje necesariamente todo el valor, funcionalidad y/o contribución de la vegetación de 'Palas'. Por ello, aplicar una de las nueve herramientas directamente en el caso de Lima, puede hacer que finalmente la herramienta GAR resulte desorientadora e inclusive perjudicial en términos de sostenibilidad, conduciendo inclusive a incrementar el existente stress hídrico al valorar solo el incremento de superficies vegetales.

## **4.2 El GAR-Lima**

### **4.2.1 Un enfoque diferente**

Los objetivos ambientales y SEs identificados fueron diversos y encajaron dentro de los cuatro grupos de la clasificación de Alcamo et al. (2003), reflejando que la visión de sostenibilidad y funcionalidad de las directrices locales se inclina hacia lo ecológico, pero también hacia lo social y cultural. No obstante, se encontraron establecidos en diferentes documentos separadamente. Con excepción de algunas certificaciones internacionales de edificación sostenible, no se encontraron directrices que se enfoquen holística y simultáneamente en diversos SEs, ni una herramienta que mida los beneficios generados en torno a la conservación del agua y regulación térmica, sobre todo por las intervenciones en áreas exteriores. Contrariamente, se observa un enfoque de sostenibilidad más centrado en el interior de los edificios. Esto convierte al GAR-Lima en un concepto novel y potencialmente muy útil para cubrir esta brecha.

Por otro lado, a diferencia de las nueve herramientas, no se observa en el GAR-Lima una diferenciación significativa entre los FFs de las 'Superficies' vegetales y no vegetales. Prácticas de ambos grupos obtuvieron FFs altos y relativamente altos, indicando que el valor de una Práctica - o cuan conveniente resulta - dentro del contexto de Lima no se basa necesariamente en su condición vegetal. Esto se alinea con el 'Espectro del Desierto' de Ivanir et al. (2015), en donde una significativa presencia de superficies no vegetales representa una estrategia válida dentro del paisaje urbano árido para lograr el balance entre la vegetación, el clima y otras funciones para la vida humana. Por otro lado, también cuestiona el concepto de 'ciudad verde' cuando es entendido como modelo de sostenibilidad sólo porque implica una gran cantidad de área verde.

No obstante, se observa en general que las superficies vegetales, principalmente en la forma de SbN ('Pantano' y 'Árbol'), otorgan simultáneamente más beneficios urbanos que aquellas no vegetales (Tabla 3). Esto es consistente con la 'multifuncionalidad' que se atribuye a las SbN y se refleja parcialmente en los altos FFs. Las superficies vegetales pueden asegurar su sostenibilidad en el tiempo a pesar de la aridez a través del xeropaisajismo y la irrigación inteligente. Y también, pueden fortalecer muchos aspectos urbanos, inclusive valores estéticos. Como se observa en el análisis con ENVI-met (Figura 5), también pueden reducir la temperatura de una configuración urbana muy densificada. Su efecto de enfriamiento por evapotranspiración, que las distingue de las superficies no vegetales, finalmente contribuye a la mitigación de las ICUs. Por ello, como lo indica ICLEI (2021), las SbN tienen el potencial de abordar los desafíos exacerbados por la densificación y los impactos del cambio climático y dentro del contexto hiperárido de Lima sería más pertinente que las superficies vegetales se valoren por su facilidad para generar servicios múltiples y colectivos, y no exclusivamente por su condición vegetal.

Esto concierne a los resultados de 'Pared verde'. En estudio este sistema obtuvo el FF más bajo y en el GAR-Lima se colocó al nivel de una 'Superficie' no vegetal como el 'Asfalto', contradiciendo parcialmente a los aspectos positivos que la mayoría de literatura indica. Si bien esto podría relacionarse con sus limitaciones para la reducción de inundaciones como sistema de infiltración (no retención), podría también relacionarse con sus limitaciones para cubrir las superficies más expuestas a la radiación durante el día, como las calles (veredas y pistas) y techos del modelo ENVI-met. Básicamente, al no cubrir dichas superficies, 'Pared verde' no habría logrado mantenerlas frescas la mayor parte del día, limitando significativamente su contribución a la regulación térmica.

Por ello, de todas las 'Superficies' vegetales, se demuestra la superioridad de 'Árbol' para cumplir con ambos propósitos: enfriar por evapotranspiración y aislar a las superficies urbanas más expuestas - siempre y



cuando su follaje sea denso y amplio (Figura 5). Es coherente que 'Árbol' haya obtenido un alto FF, por encima de 'Pared verde' y las otras 'Superficies' vegetales. Cabe destacar que estos atributos de 'Árbol' pueden también ser utilizados a nivel urbano de manera más estratégica, al extenderlos hacia la zona y nivel peatonal. Por ejemplo, potenciando el enfriamiento por evapotranspiración con la sombra, fortaleciendo así el confort y salud ante la exposición directa a la radiación ultravioleta. Esto también puede ser determinante para que otras 'Superficies' presentes resulten útiles y atractivas, ya que no necesariamente serían funcionales si no facilitan la permanencia en el lugar. Esto podría ser clave para la habitabilidad (*liveability*) de áreas urbanas, como Lima Metropolitana, que padecen limitaciones para cubrir muchas superficies con vegetación - ya sea por falta de espacio o agua.

Por tanto, es relevante considerar el uso de la herramienta con sentido crítico y no solo enfocarse en el valor del FF o en la condición vegetal. Más aún, debido al *Layering* ('Superficies funcionales'), el GAR-Lima puede potenciar la contribución final de cada 'Superficie' y 'Unidad' más allá de su naturaleza vegetal. Y por otro lado, la contribución puede también depender del contexto. Por ejemplo, desde la perspectiva térmica (Figura 5), el agua y vegetación que componen a 'Pantano' contribuyen a la mitigación del incremento de la TA y es válida como tecnología de tratamiento de aguas grises (Boano et al., 2019) actualmente muy solicitada por las directrices locales. Sin embargo, implementarlas individualmente en cada nuevo desarrollo podría limitar sus virtudes, sobre todo cuando existen formas de incorporarlas en el entorno urbano potencialmente más sostenibles y con mayor impacto colectivo. Eisenberg et al. (2014) y Vargas Moya (2020) muestran ejemplos al respecto.

En otro caso, si bien el aumento de 'Árbol' en Lima sería de significativa contribución a la regulación de la temperatura, en contextos muy densificados como Londres se ha registrado que una aglomeración intensiva de esta 'Unidad' cerca del tránsito vehicular podría concentrar - en vez de disipar - la contaminación proveniente de esta zona. Así mismo, un 'Árbol' tendría muchas limitaciones para la disipación de contaminantes, por ejemplo, si se coloca lejos de esta zona, como en lo alto de un edificio con techo verde (GLA, 2019).

En aras de la practicidad de la herramienta, la omisión de ciertas variables (sobre todo externas como el viento y la morfología circundante) pueden cambiar significativamente la contribución en la práctica. Por ello, ante la relevancia de la reducción de la contaminación de aire para Lima (IQ Air, 2018) y las limitaciones presentadas para incluir este SE en el GAR-Lima, se recomienda mayor investigación en este y también en los demás SEs - pero sobre todo monitoreo de los resultados, en caso de que el GAR-Lima sea aplicado.

## 4.2.2 Cantidad versus calidad

La comparación de escenarios demuestra la utilidad de la herramienta para cuantificar la escala de beneficios entregados por las superficies vegetales (SEs), así como su potencial para identificar escenarios que pueden limitar su dotación bajo las condiciones locales aun cuando cumplan con los requisitos de 'sostenibilidad' local o incluyan grandes proporciones de vegetación.

Como se observa en la Tabla 7, la implementación de una alta proporción de área con vegetación - por ejemplo, cubrir el 50.1% de un parcela en lugar de solo el 12.7%, así como si un proyecto se considera sostenible o no - no necesariamente se correlaciona con un GAR-Score más alto, lo que sugiere que el incremento de la superficie vegetal dentro de un parcela no necesariamente conlleva a un aumento de los beneficios urbanos, al menos de aquellos considerados por el GAR-Lima.

Por otro lado, el GAR-Lima cuestiona el sentido de sostenibilidad aplicado en los exteriores de los proyectos, sobre todo cuando se basan en la implementación intensiva de una sola tecnología en particular, como por ejemplo en superficies vegetales en 'Suelo desconectado', como techos verdes, como ideal de balance entre lo ambiental y la densificación. 'Olavide' cubrió el 50.1% de su superficie con techos verdes, aun así, no logró superar al enfoque no sensible al agua, ni al clima de 'Huaylas', el cual cubrió con este sistema solo una parte de su 38.5% de superficie total. Similarmente, en la Figura 7, el uso intensivo de un techo blanco ( $A1 = 0.44$ ) alcanzó un GAR-Score muy bajo.

Esto evidencia que la herramienta podría ser útil para evaluar hacia donde las directrices locales encaminan la sostenibilidad - especialmente de las superficies vegetales en áreas exteriores privadas con relación inmediata con el espacio público. Si bien el GAR-Lima no asegura que las superficies vegetales implementadas cambien en el tiempo - y se sabe que en la práctica muchas desaparecen al no necesariamente adaptarse a las condicionantes del proyecto - su flexibilidad (Evokari, 2018) permitiría otorgar más libertad en las decisiones de diseño, en vez de exigir una solución específica como se observa en algunas de las directrices revisadas. Por tanto, la herramienta podría ayudar a que las áreas exteriores fortalezcan su sentido contextual, e integren un enfoque más funcional y holístico, en vez de solo enfocarse en el incremento de la cantidad de vegetación o la implementación de una sola tecnología 'sostenible'.

En ese sentido, la integración de SbN como parte del incremento de superficies vegetales en Lima se alinea bastante. El sentido de 'gestión sostenible' que abarca su definición (IUCN French Committee, 2019, p.4) puede contribuir a fortalecer este enfoque de multifuncionalidad a nivel local, ayudando a minimizar, por ejemplo, vastas áreas de césped

inaccesibles a la actividad humana o incrementar el uso techos verdes sin ser parte de sistemas de filtración y tratamiento de aguas grises y/o no contribuyan al mejoramiento de la calidad de agua. Si a esto se le suma que los altos FFs se correlacionan con SbN, se podría incentivar su integración a nivel urbano y reorientar el discurso de sostenibilidad tradicional basado en el aumento de la 'cantidad de áreas verdes' hacia la 'calidad y multifuncionalidad de áreas verdes'. Utilizar un GAR en Lima, también podría introducir en las directrices locales una métrica local más clara con enfoques de diseño más centrados en el servicio a la ciudad y una función colectiva, en vez de métricas poco claras como los '9 m<sup>2</sup> de área verde per cápita', comúnmente atribuidos a la Organización Mundial de la Salud, a pesar de que aparenta registro oficial alguno (García y Sevilla, 2021; Gadea Lara, 2021; Teo, 2017).

No obstante, se deben también reconocer las limitaciones del amplio espectro de evaluación del GAR-Lima. Como se observa en la Figura 7, el GAR-Lima no fue capaz de otorgarle GAR-Scores significativamente más bajos a escenarios potencialmente perjudiciales para la regulación térmica y mitigación de ICUs, a pesar de la relevancia de estos para Lima. Por ejemplo, G4, G5 y G6 (escenarios no sensibles al contexto) obtuvieron GAR-Scores relativamente mejores y/o iguales a otros escenarios sensibles. Además, escenarios sin vegetación (G7 y G8) resultaron con GAR-Scores más altos que aquellos con vegetación (G9 y CB). Desde la perspectiva térmica (Figura 5 y Tabla 5) la presencia excesiva de escenarios con sombra limitada y excesivo 'Suelo natural' y/o 'Grava' expuesto (como X3, X4 y X5) podría conducir a un efecto de calentamiento.

Al ser un sistema basado en ponderaciones y contabilizar muchos SEs (en este caso 9), su mecanismo de cálculo basado en ponderaciones podría limitar el sistema de priorización que se integró de manera novel en el ECA. Por ello, el sistema de cálculo podría enmascarar la baja contribución de ciertas Prácticas a ciertos SEs a través de su alta contribución hacia otros SEs. Si bien esto podría ser superable - por ejemplo, solicitando un valor mínimo de contribución para un SE importante de forma separada - indica que el GAR-Lima resultante necesita aún mayor calibración y desarrollo.

Sin embargo, el sistema de creación del GAR-Lima es flexible para incluir nuevos datos, lo que podría ayudar a recalibrar los PPs asignados y por ende los FFs. En ese caso, se recomienda incluir sobre todo enfoques cuantitativos, principalmente para superar el nivel de subjetividad que ronda al sistema de puntajes de la herramienta. De acuerdo con Keeley (2011) y Barton (2016), en las herramientas de otras ciudades se observó dicha subjetividad principalmente en la determinación de los FFs de cada Práctica. Como se observa en el ECA, el método para definirlos ya es en sí mismo relativamente subjetivo. Si bien se in-

tentó minimizar esta condición con mediciones con ENVI-met, solo se superó parcialmente, y por tanto es necesario profundizar el método de puntajes de la herramienta, sobre todo bajo estudios cuantitativos considerando condiciones locales.

### 4.2.3 Limitaciones

Dado el alcance preliminar de este estudio, los FFs fueron calculados principalmente a través de métodos que podrían tener una precisión limitada, como por ejemplo la revisión de literatura. Adicionalmente, el análisis microclimático también experimentó algunas limitaciones, que abarcan tanto el conocimiento muy básico del software, así como limitaciones para analizar materiales no contenidos en la base de datos del software.

Por ello, se recomienda profundizar este estudio con métodos más precisos como encuestas locales y/o mediciones *in situ*; y en el caso del análisis microclimático, expandirlo a diferentes días, e incluir otras variables que podrían influir significativamente la TA, como la polución del aire. Se recomienda también utilizar un modelo 3D más complejo ya que este podría haber sido la causa por la que el análisis de los techos verdes resultara inconcluso. Al ser implementados en un área sin obstáculos se podría haber facilitado el flujo del viento, y consecuentemente, disipado el calor acumulado por cualquier material (tanto vegetal como no vegetal). Por ello todas las mediciones, tanto a 17.50 m (o 2.50 m sobre el suelo del techo) y a 2.50 m sobre el nivel de la calle, resultaron con valores muy pequeños que no permitieron establecer conclusiones sobre su impacto en las calles, ni techos del modelo, y, por ende, en general como un sistema efectivo para la regulación térmica exterior en Lima.

## 5. CONCLUSIONES

Frente a los indicadores locales, aumentar la cantidad de superficies vegetales urbanas en Lima Metropolitana sería conveniente para enfrentar diferentes amenazas ambientales. A pesar de la aridez, estas podrían hacer frente a estos desafíos. Por ello, en el contexto de Lima, deberían centrarse en la función final que ofrecerán al entorno urbano, desde una perspectiva holística, que considere simultáneamente varios objetivos ambientales y servicios ecosistémicos.

El GAR-Lima demuestra en ese sentido potencial para orientar en esa dirección. El concepto escalar y local de sus FFs podría fomentar la implementación de superficies vegetales multifuncionales, fortaleciendo así la inclusión de SbN como parte del incremento de las superficies vegetales, pero en balance con otro tipo de superficies necesarias para asegurar sostenibilidad en el tiempo.

No obstante, se debe tener en cuenta que el aporte final y desempeño de las superficies vegetales estará siempre condicionado por la complejidad del entorno urbano. Por ello, los FFs deben ser considerados solo valores de orientación en el diseño y no necesariamente indicadores de cuán conveniente es una Práctica dentro del contexto de Lima.

Esto resalta la importancia del enfoque crítico que se debe tener al aplicar herramientas como el GAR, así como de explorar la implementación de otras soluciones de mitigación y resiliencia. Principalmente debido a la extrema aridez, el incremento de superficies vegetales no debería ser considerada la principal medida de sostenibilidad, ni vista como una compensación absoluta del impacto negativo de la densificación excesiva, sobre todo si se ejerce una elevada presión sobre la condición natural de la vegetación.

Finalmente, ante la ausencia de experiencias con la herramienta en contextos áridos, y las limitaciones observadas - sobre todo en calibración - el GAR-Lima representa un enfoque novel con potencial para reducir la subjetividad en la cuantificación de los beneficios derivados de la vegetación, optimizando la calidad de las áreas verdes locales bajo una base científica. No obstante, su posible aplicación debería estar sujeta a un análisis más detallado.

## 6. REFERENCIAS

Ahmadi Venhari, A., Tenpierik, M., & Taleghani, M. (2019). The role of sky view factor and urban street greenery in human thermal comfort and heat stress in a desert climate. *Journal of Arid Environments*, 166, 68-76. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.04.009>

Alcamo et al. (2003). *Millennium Ecosystem Assessment Ecosystems and Human Well-being A Framework for Assessment*. Millennium Ecosystem Assessment. Recuperado de <https://www.millenniumassessment.org/en/Framework.html>

ARUP (2018). *Rethinking Cities in Arid Environments*. Dubai, United Arab Emirates: ARUP. Recuperado de <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-cities-in-aridenvironments>

Azunre, G. A., Amponsah, O., Peprah, C., Takyi, S. A., & Braimah, I. (2019). A review of the role of urban agriculture in the sustainable city discourse. *Cities*, 93, 104-119. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.04.006>

Barton, M. (2016). *Nature-Based Solutions in Urban Contexts. A Case Study of Malmö, Sweden*. Recuperado de <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8890909&fileId=8890910>

Bazán, J., Rieradevall, J., Gabarrell, X., & Vázquez-Rowe, I. (2018). Low-carbon electricity production through the implementation of photovoltaic panels in rooftops in urban environments: A case study for three cities in Peru. *The Science of the Total Environment*, 622-623, 1448-1462. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.003>

Beatley, T. (2016). *Handbook of Biophilic City Planning & Design*. Island Press.

Becker Giseke Mohren Richard, & Landschaft Planen und Bauen. (1990). *The Biotope Area Factor as an Ecological Parameter - Principles for Its Determination and Identification of the Target*. Berlin, Germany: Landschaft Planen und Bauen,

Becker Giseke Mohren Richard, and Arbeitsgemeinschaft Umweltplanung AGU for Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Abt. III. Recuperado de <https://www.berlin.de/sen/uvk/en/nature-and-green/landscapeplanning/baf-biotope-area-factor/>

Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2002). Green Infrastructure: Smart conservation for the 21st Century. *Renewable Resources Journal*, 20(3), 12-17. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/273127683\\_Green\\_Infrastructure\\_Smart\\_Conservation\\_for\\_the\\_21st\\_Century](https://www.researchgate.net/publication/273127683_Green_Infrastructure_Smart_Conservation_for_the_21st_Century)

Boano, F., Caruso, A., Costamagna, E., Ridolfi, L., Fiore, S., Demichelis, F., Galvão, A., Pisoeiro, J., Rizzo, A., & Masi, F. (2020). A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits. *Science of the Total Environment*, 711, 134731. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731>

BRE Global (2017). *BREEAM Communities. Technical Manual*. BRE Global. Recuperado de [https://www.breeam.com/communitiesmanual/content/resources/otherformats/output/10\\_pdf/20\\_a4\\_pdf\\_screen/sd202\\_breeam\\_communities\\_1.2\\_screen.pdf](https://www.breeam.com/communitiesmanual/content/resources/otherformats/output/10_pdf/20_a4_pdf_screen/sd202_breeam_communities_1.2_screen.pdf)

Brescia de Fort, R., Dibós de Boza, R., Gervasi de Custer, M., Vidales de Jgurinovic, P., & Rosingana Puccio, M. (2010). *Paisajes verdes con poca agua. Jardines para Lima y ciudades de regiones secas* (2ª ed.). Lima, Perú: Wust Ediciones.

Ccora Tuya, O. (Jan, 2015). (Jan, 2015). Radiación ultravioleta - B, vulnerabilidad y riesgos en el verano. (9) 97. doi:10.19052/sv.1520 Recuperado de [https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=od\\_\\_\\_\\_\\_3056::a9708ddb5ec7270eed70a5e3228f79e](https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=od_____3056::a9708ddb5ec7270eed70a5e3228f79e)

Chepkemoi, J. (2017). *What Is The Difference Between A Biotope And A Habitat?* WorldAtlas. Recuperado de <https://www.worldatlas.com/articles/what-is-the-difference-between-a-biotope-and-a-habitat.html>

City of Helsinki Environment Centre (2016). *Developing the City of Helsinki Green Factor Method. Report summary*. Helsinki, Finland: City of Helsinki Environment Centre. Recuperado de [https://www.integratedstormwater.eu/sites/www.integratedstormwater.eu/files/report\\_summary\\_developing\\_a\\_green\\_factor\\_tool\\_for\\_the\\_city\\_of\\_helsinki.pdf](https://www.integratedstormwater.eu/sites/www.integratedstormwater.eu/files/report_summary_developing_a_green_factor_tool_for_the_city_of_helsinki.pdf)

City Population (2020). *City Population*. City Population. Recuperado de <https://www.citypopulation.de/>

Community Forest Northwest (2020). *Green Infrastructure to combat climate change Part of the North West Climate Change Action Plan*. Community Forest Northwest. Recuperado de <http://www.greeninfrastructurenw.co.uk/climatechange/>

Ley n. 30102, de 6 de noviembre del 2013 (2013, 6 de noviembre). Ley que dispone medidas preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar. Recuperado de <https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/30102.pdf>

Department of Energy and Environment (2017). *GREEN AREA RATIO GUIDEBOOK*. Washington DC, United States: Department of Energy and Environment, Natural Resources Administration, Regulatory Review Division. Recuperado de [https://doee.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/service\\_content/attachments/GARGuidebook\\_FINAL\\_November2017\\_0.pdf](https://doee.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/service_content/attachments/GARGuidebook_FINAL_November2017_0.pdf)

Doherty, G. (2017). *Paradoxes of green: landscapes of a city-state*. University of California Press.

Duarte, D. H. S. (2016). Vegetation and climate-sensitive public spaces. In R. Emmanuel (Ed.), *Urban Climate Challenges in the Tropics* (pp. 111-162). Imperial College Press.

Eisenberg, B., Nemcova, E., Poblet, R., & Stokman, A. (2014). *Lima Ecological Infrastructure Strategy - Integrated urban planning and design tools for a water-scarce city*. ILPÖ - Institute of Landscape Planning and Ecology.

- Erell, E., Pearlmutter, D., & Williamson, T. (2011). Urban Microclimate – Designing the Spaces between Buildings. In M. Hebbert, V. Janković & B. Webb (Eds.), *City Weathers: Meteorology and Urban Design, 1950-2010* (pp. 127-132). Manchester Architecture Research Centre, University of Manchester. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/255989068\\_Urban\\_Microclimate\\_-\\_Designing\\_the\\_Spaces\\_Between\\_Buildings](https://www.researchgate.net/publication/255989068_Urban_Microclimate_-_Designing_the_Spaces_Between_Buildings)
- Espinoza, R., Muñoz-Cerón, E., Aguilera, J., & de la Casa, J. (2019). Feasibility evaluation of residential photovoltaic self-consumption projects in Peru. *Renewable Energy*, 136, 414-427. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.003>
- Evokari, V. (2018). Green Factor Tool for climate smart and diverse city blocks. iWater. Recuperado de [https://resilientcities2018.iclei.org/wpcontent/uploads/B1\\_Presentation\\_Evokari.pdf](https://resilientcities2018.iclei.org/wpcontent/uploads/B1_Presentation_Evokari.pdf)
- Fansa, N. (2019). Densi-Greenation. Exploring the integration of nature and built environment. (Tesis de Maestría). Department of Architecture and Civil Engineering. Chalmers University of Technology, Gothenburg. Recuperado de <https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/300541/1/Master%27s%20Thesis%20in%20Architecture%20by%20Nour%20Fansa%202019.pdf>
- Ferrer, P. et al. (2014). *Hacia una Lógica de Espacios Públicos Vegetados para Lima*. Borde Costero y Paisaje, Pensamiento Pasajero y Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de [https://issuu.com/paulineferrersologuren/docs/hacia\\_una\\_lo\\_gica\\_de\\_espacios\\_pu\\_](https://issuu.com/paulineferrersologuren/docs/hacia_una_lo_gica_de_espacios_pu_)
- Fondo MIVIVIENDA S.A. (2020). *Programa MIVIVIENDA VERDE*. MIVIVIENDA. Recuperado de <https://www.mivivienda.com.pe/portalweb/promotores-constructores/pagina.aspx?idpage=122>
- Gadea Lara, T. (2021). La OMS nunca recomendó cuántos espacios verdes debe tener una ciudad, cuánto importa la cantidad y calidad de estos en Buenos Aires. Recuperado de <https://chequeado.com/el-explicador/la-oms-nunca-recomendo-cuantos-espacios-verdes-debe-tener-una-ciudad-cuanto-importa-la-cantidad-y-calidad-de-estos-en-buenos-aires/>
- García, S., & Sevilla, O. (2021, 3 de julio). En Perú, solo Lima, Arequipa y Tacna superan los 3m<sup>2</sup> de área verde/hab [Blog]. Recuperado de <https://imappin.medium.com/en-per%C3%BA-solo-lima-arequipa-y-tacna-superan-los-3m2-de-%C3%A1rea-verde-hab-86906aaae723>
- Gehl, J. (2006). *Life between Buildings: Using Public Space*. Island Press.
- Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- Grant, G. (2017). *Urban Greening Factor for London. Research Report*. London, United Kingdom: Greater London Authority. Recuperado de [https://www.london.gov.uk/sites/default/files/urban\\_greening\\_factor\\_for\\_london\\_final\\_report.pdf](https://www.london.gov.uk/sites/default/files/urban_greening_factor_for_london_final_report.pdf)
- Greater London Authority (2019). *Using Green Infrastructure to protect people from air pollution*. London, United Kingdom. Recuperado de <https://www.london.gov.uk/what-we-do/planning/londonplan/new-london-plan/draft-new-london-plan/chapter-8-green-infrastructure-and-naturalenvironment/policy-g5>.
- Hagen, B., Pijawka, D., Prakash, M., & Sharma, S. (2017). Longitudinal analysis of ecosystem services' socioeconomic benefits: Wastewater treatment projects in a desert city. *Ecosystem Services*, 23, 209-217. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.12.014>
- Hauer, R. J., Koeser, A. K., Parbs, S., Kringer, J., Krouse, R., Ottman, K., Miller, R. W., Sivyer, D., Timilsina, N., & Werner, L. P. (2020). Long-term effects and development of a tree preservation program on tree condition, survival, and growth. *Landscape and Urban Planning*, 193, 103670. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103670>

- Hemeier, M. (2005). *Besonders geschützte Biotope in Berlin*. Berlin, Germany: Senate Department for Urban Development and Housing. Recuperado de [https://www.berlin.de/senuvk/natur\\_gruen/naturschutz/biotopschutz/downloadbiotopkartierung/geschuetzte\\_biotope.pdf](https://www.berlin.de/senuvk/natur_gruen/naturschutz/biotopschutz/downloadbiotopkartierung/geschuetzte_biotope.pdf)
- Hirst, J., Morley, J., & Bang, K. (2008). *Functional Landscapes: Assessing Elements of Seattle Green Factor*. Seattle, United States: The Berger Partnership PS.
- ICLEI (2021). *How cities are using nature-based solutions for sustainable urban development*. Recuperado de <https://cbc.iclei.org/cities-using-nature-based-solutions-sustainable-urban-development/>
- IEA - International Energy Agency (2020). *Key energy statistics, 2018*. International Energy Agency. Recuperado de <https://www.iea.org/countries/peru>
- IFC (2018). *EDGE User Guide Version 2.1*. International Finance Corporation. Recuperado de <https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2019/10/190515-EDGE-UG-Spanish.pdf?lang=es>
- Romero, J., Martínez, J., & Valdivia Sisniegas, R. (Producers), & Inversiones Tarpuy, S.A.C. (Director). (2014, 30 Jul). *Residencial Kallpa - La Campiña Chorrillos*. [Video] YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/channel/UCIR-YP4fRcOf7wTGVPpETNg>
- IQ Air (2018). *2018 World Air Quality Report. Region & City PM2.5 Ranking*. (IQAir AirVisual app and website Report). Recuperado de <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2018-en.pdf>
- IUCN French Committee (2019). *Nature-based Solutions for climate change adaptation and disaster risk reduction*. Paris, France. Recuperado de <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2019/07/uicn-g20-light.pdf>
- Ivanir, A. N., Lissovsky, N., & Orenstein, D. E. (Sep, 2015). "Desert gardens" vs "Gardens in Deserts" - Contrasting approaches to arid landscape design. Paper presented at the *ECLAS Conference*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/283422059\\_Desert\\_gardens\\_vs\\_Gardens\\_in\\_Deserts\\_-\\_Contrasting\\_approaches\\_to\\_arid\\_landscape\\_design](https://www.researchgate.net/publication/283422059_Desert_gardens_vs_Gardens_in_Deserts_-_Contrasting_approaches_to_arid_landscape_design).
- James, P., Hart, J. E., Banay, R. F., & Laden, F. (2016). Exposure to Greenness and Mortality in a Nationwide Prospective Cohort Study of Women. *Environmental Health Perspectives*, 124(9), 1344-1352. Recuperado de <https://doi.org/10.1289/ehp.1510363>
- Jennings, V., & Bamkole, O. (2019). The Relationship between Social Cohesion and Urban Green Space: An Avenue for Health Promotion. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 452. Recuperado de 1
- Jönsson, A. (2016, May 22,). What is Green about Green Spaces in the Desert? Recuperado de <http://www.governingdubai.com>
- Juhola, S. (2018). Planning for a green city: The Green Factor tool. *Urban Forestry & Urban Greening*, 34, 254-258. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.07.019>
- Keeley, M. (2011). The Green Area Ratio: an urban site sustainability metric. *Journal of Environmental Planning and Management*, 54(7), 937-958. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09640568.2010.547681>
- Kellert, S. R., & Calabrese, E. F. (2015). *The Practice of Biophilic Design*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.07.019>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259-263. Recuperado de <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Kruuse, A. (2011). *GRaBS Expert Paper 6. The green space factor and the green points system*. London, United Kingdom: Town and Country Planning Association.



Recuperado de <https://www.redfrogforum.org/wp-content/uploads/2020/04/125-GRaBS-Expert-Paper-6-the-green-space-factor-and-the-green-points-system.pdf>

MINAGRI & ANA (2018). *Estado situacional de los recursos hídricos en las cuencas Chillón, Rímac y Lurín 2016/2017*. Lima, Perú: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego y Autoridad Nacional del Agua. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2902>

MINAM (2020). *Dirección General de Cambio Climático y Desertificación*. Ministerio del Ambiente. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/por-que-el-peru-es-el-tercer-pais-mas-vulnerable-al-cambio-climatico/>

MINEDU (2008). *Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en Locales Educativos*. Ministerio de Educación. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/9A45F1BED1AB7C6705257CCA00550ABD/\\$FILE/GuiaBioclim%C3%A1tica2008.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A45F1BED1AB7C6705257CCA00550ABD/$FILE/GuiaBioclim%C3%A1tica2008.pdf)

Miranda, L., Neira, E., Torres, R., & Valdivia, R. (2015). *Perú: Hacia la construcción sostenible en escenarios de cambio climático* (1st ed.). Universidad Ricardo Palma - Editorial Universitaria. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/9A45F1BED1AB7C6705257CCA00550ABD/\\$FILE/GuiaBioclim%C3%A1tica2008.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A45F1BED1AB7C6705257CCA00550ABD/$FILE/GuiaBioclim%C3%A1tica2008.pdf)

Ordenanza n. 437-MSI (2015). Modifican la Ordenanza N° 412-MSI, que establece disposiciones para incentivar la inversión y la mejora de la competitividad en el distrito. Recuperado de <https://www.sni.org.pe/modifican-laordenanza-no-412-msi-que-establece-disposiciones-para-incentivar-la-inversion-y-lamejora-de-la-competitividad-en-el-distrito/>

Ordenanza n. 474-MSI (2019). Aprueban el Reglamento Integrado Normativo - RIN del distrito. Recuperado de <https://www.ipdu.pe/legislacion/ordenanza/sanidro/474-MSI.pdf>

Ordenanza n. 539-MM (2020). Ordenanza que modifica la ordenanza N° 510/MM, que establece, regula y promueve condiciones para edificaciones sostenibles en el distrito de Miraflores. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/modifican-la-ordenanza-n-510mm-queestablece-regula-y-pr-ordenanza-n-539mm-1865762-1>

Ordenanza n. 623-MSB (2019). Modificación de la Ordenanza N° 610-MSB Ordenanza de edificaciones sostenibles en áreas residenciales en el distrito de San Borja. Recuperado de [http://paginaant.msb.gob.pe/index.php/normas/cat\\_view/21-normas/14-ordenanzas-municipales/732-ordenanzas-2019.html?limit=5&limitstart=0&order=name&dir=DESC](http://paginaant.msb.gob.pe/index.php/normas/cat_view/21-normas/14-ordenanzas-municipales/732-ordenanzas-2019.html?limit=5&limitstart=0&order=name&dir=DESC)

Municipalidad Metropolitana de Lima, MML. (2013). *Guía virtual - Árboles en Lima 2013*. Municipalidad Metropolitana de Lima MML. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/245927959/216776733-Guia-virtual-Arboles-en-Lima-pdf>

Decreto Supremo n. 011-2006-VIVIENDA (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-delreglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

Decreto Supremo n. 0004-2011-VIVIENDA (2011). Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano (RATyDU). Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5\\_uibd.nsf/26331FD5373CD250052583E5005DD9E7/\\$FILE/Reglamento\\_de\\_Acondicionamiento\\_Territorial.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/26331FD5373CD250052583E5005DD9E7/$FILE/Reglamento_de_Acondicionamiento_Territorial.pdf)

Decreto Supremo n. 022-2016-VIVIENDA (2016). Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sostenible (RATyDUS). Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-elreglamento-de-acondicionamien-decreto-supremo-n-022-2016-vivienda-1466636-3/>

MVCS (Feb 8, 2017). MRSE: Mecanismo por Retribución de Servicios Ecosistémicos. Infraestructura Verde e Infraestructura Gris. Paper presented at the *Taller*:

*Formulación Del Plan Maestro De Infraestructura Verde (PM IV) De SEDAPAL.*  
Recuperado de [https://www.sunass.gob.pe/Evento7\\_8feb2017/8f\\_mvcs\\_mrse.pdf](https://www.sunass.gob.pe/Evento7_8feb2017/8f_mvcs_mrse.pdf)

Nouri, H., Chavoshi Borujeni, S., & Hoekstra, A. Y. (2019). *The blue water footprint of urban green spaces: An example for Adelaide, Australia.* Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103613>

Paul Osmond, & Ehsan Sharifi. (2017). *Guide to urban cooling strategies.* CRC for Low Carbon Living. Recuperado de [http://www.lowcarbonlivingcrc.com.au/sites/all/files/publications\\_file\\_attachments/rp2024\\_guide\\_to\\_urban\\_cooling\\_strategies\\_2017\\_web.pdf](http://www.lowcarbonlivingcrc.com.au/sites/all/files/publications_file_attachments/rp2024_guide_to_urban_cooling_strategies_2017_web.pdf)

Pauleit, S., Zölch, T., Hansen, R., B. Randrup, T., & Konijnendijk van den Bosh, Cecil. (2017). Nature-Based Solutions and Climate Change – Four Shades of Green in N. Kabish, H. Korn, J. Stadler & A. Bonn (Eds.), *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas - Linkages between Science, Policies and Practices* (pp. 29-49). Springer Open. Recuperado de <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-56091-5>

Portugal del Pino, D. (Feb 24, 2020). Marco teórico sobre Soluciones basadas en la Naturaleza de la IUCN. Paper presented at the *Soluciones Basadas En La Naturaleza En Perú.* Recuperado de [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32811-5\\_120-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32811-5_120-1)

Prieto Sánchez, R. (no date). *Código Técnico de Construcción Sostenible.* Lima, Perú: Dirección de Construcción. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/SeminarioN/5.%20C%C3%B3digo%20T%C3%A9cnico%20de%20Construcci%C3%B3n%20Sostenible.pdf>

PROACC (2018). *Ficha Técnica N°1 General Ficha Medidas de Adaptación.* Lima, Perú: Proyecto Adaptación de la Gestión de los recursos Hídricos en Zonas Urbanas al Cambio Climático con la Participación del Sector Privado (PROACC).

SENAMHI (2009). *Escenarios Climáticos en el Perú. Resumen Técnico Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático para el año 2030.* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Recuperado de [http://idesep.senamhi.gob.pe/portaledesep/files/tematica/cambio\\_climatico/Escenarios\\_climaticos\\_en\\_el\\_Peru\\_para\\_el\\_ano\\_2030.pdf](http://idesep.senamhi.gob.pe/portaledesep/files/tematica/cambio_climatico/Escenarios_climaticos_en_el_Peru_para_el_ano_2030.pdf)

SENAMHI (2020). *Tiempo / Pronóstico del Tiempo.* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?p=pronostico-detalle&dp=lima&localidad=0001>

Siña, M., Wood, R. C., Saldarriaga, E., Lawler, J., Zunt, J., García, P., & Cárcamo, C. (2016). Understanding Perceptions of Climate Change, Priorities, and Decision-Making among Municipalities in Lima, Peru to Better Inform Adaptation and Mitigation Planning. *PLoS ONE 11*, 11(1). Recuperado de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147201>

Southampton City Council (2015). *Southampton City Council Green Space Factor Guidance Notes.* Southampton, United Kingdom: Southampton City Council. Recuperado de <https://www.southampton.gov.uk/planning/planning-permission/sustainabilitychecklist.aspx>

Stockholms stad (2015). *GYF - grönytefaktor för kvartersmark.* Stockholm, Sweden: Stockholms stad. Recuperado de <https://vaxer.stockholm/globalassets/omraden/-stadsutvecklingsomraden/fokus-hagsatraragsved/direktanvisning/gyf---gronytefaktor-for-kvartersmark.pdf>

Sukopp, H., & Weiler, S. (1988). Biotope mapping and nature conservation strategies in urban areas of the Federal Republic of Germany. *Landscape Urban Planning*, 15, 39-58. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(88\)90015-1](https://doi.org/10.1016/0169-2046(88)90015-1).

Teo, V. (2017, 21 de agosto). I see many studies citing WHO for their international minimum standard for green space (9m2 per capita). But where is the actual study? [Foro de discusión en línea] Recuperado de <https://www.researchgate.net/post/I-see-many-studies-citing-WHO-for-their-international-minimum-standard-for-green-space-9m2-per-capita-But-where-is-the-actual-study>

Teruya Revilla, S. N. (2016). *Análisis de la relación de la isla de calor urbano con factores demográficos espaciales y ambientales de Lima metropolitana usando sensores remotos*. (Tesis de Pregrado). Facultad de Ciencias. Universidad Agraria La Molina, Lima. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3107>

The Morton Arboretum (2020). *Preventing construction damage to trees and shrubs*. The Morton Arboretum. Recuperado de <https://www.mortonarb.org/trees-plants/tree-and-plant-advice/horticulture-care/preventing-construction-damage-trees-and-shrubs>

Tolderlund, L. (2010). *Design guidelines and maintenance manual for green roofs in the semi-arid and arid west*. Colorado, United States: University of Colorado Denver. Recuperado de <https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/GreenRoofsSemiAridAridWest.pdf>

Tsoka, S., Tsikaloudaki, A., & Theodosiou, T. (2018). Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications—A review. *Sustainable Cities and Society*, 43, 55-76. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.009>

USGBC United States Green Building Council (2019). *LEED v4 for Building Design and Construction*. United States Green Building Council.

Vargas Moya, M. (Feb, 2020). Tratamiento de Aguas Grises. Paper presented at Nuevas Consideraciones Técnicas Para Una Arquitectura Sostenible, 1-51.

Vartholomaios, A., Kalogirou, N., Athanassiou, E., & Papadopoulou, M. (July, 2013). The green space factor as a tool for regulating the urban microclimate in vegetation-deprived greek cities. Paper presented at the International Conference on "Changing Cities": Spatial, Morphological, Formal; Socio-Economic Dimensions. Recuperado de <https://doi.org/10.13140/2.1.1598.8484>

Vogt, J., Gillner, S., Hofmann, M., Tharang, A., Dettmann, S., Gerstenberg, T., Schmidt, C., Gebauer, H., Van de Riet, K., Berger, U., & Roloff, A. (2017). Citree: A database supporting tree selection for urban areas in temperate climate. *Landscape and Urban Planning*, 157, 14-25. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.06.005>

Weather Atlas (2020). Weather Atlas. Weather Atlas. <http://www.weather-atlas.com>

Wilson, S., Baffoe-Bonnie, B., Prescott, C., Tarbet, N., Brindle, F., & Shaffer, P. (2008). Understanding permeable and impermeable surfaces. Technical report on surfacing options and cost benefit analysis. London, United Kingdom. Recuperado de <http://data.parliament.uk/DepositedPapers/Files/DEP2010-0563/DEP2010-0563.pdf>

World Bank (2013). *Urban Agriculture: Findings from Four City Case Studies*. (No. 18). Washington, DC. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10986/16273>

Yang, J., & Wang, Z. (2017). Planning for a sustainable desert city: The potential water buffering capacity of urban green infrastructure. *Landscape and Urban Planning*, 167, 339-347. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.07.014>

**Carol Torres Limache**

Autor Independiente. Grado académico: MSc y MEng in urban climate and sustainability. Especialidad: Arquitectura y Urbanismo.

E-mail: [ctorreslimache@outlook.com](mailto:ctorreslimache@outlook.com)

Orcid ID: 0000-0003-4905-3341

**Recebido em:** 12/08/2021.

**Aceito em:** 06/02/2022.