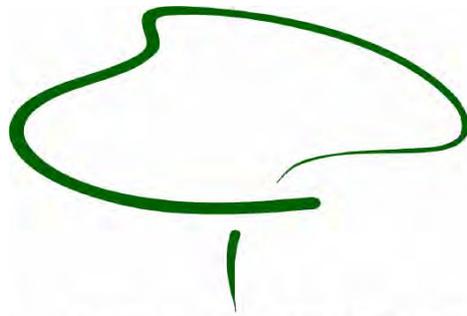


# Revista LABVERDE

Agosto 2017 | V. 8 – Nº 2 | ISSN 2179-2275



## Cenários Verdes para São Paulo



**LABVERDE**  
F A U • U S P

# REVISTA LABVERDE

V. 8 – Nº 2

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

Agosto 2017  
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. 1, n.1 (2010) –. São Paulo: FAUUSP, 2010 –

Semestral

v.: cm.

v.8, n.2, ago. 2017

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.8, N° 2

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

Ilustração da Capa: Newton Becker Moura

Sites:

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

## **Revista LABVERDE**

Agosto – 2017

ISSN: 2179-2275

### **Universidade de São Paulo**

Marco Antônio Zago (Reitor)

Vahan Agopyan (Vice-Reitor)

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

Maria Ângela Faggin Pereira Leite (Diretora)

Ricardo Marques de Azevedo (Vice-Diretor)

### **Editor Responsável**

Maria de Assunção Ribeiro Franco (FAUUSP)

### **Comissão Editorial**

Cecília Polacow Herzog (INVERDE)

Maria de Assunção Ribeiro Franco (FAUUSP)

Newton Becker Moura (UFC)

Paulo Renato Mesquita Pellegrino (FAUUSP)

### **Conselho Editorial**

André Munhoz de Argollo Ferrão (UNICAMP)

Catharina Pinheiro C. S. Lima (FAUUSP)

Cecília Polacow Herzog (FAUFRJ)

Demóstenes Ferreira da Silva Filho (ESALQ)

Eugenio Fernandes Queiroga (FAUUSP)

Euler Sandeville Júnior (FAUUSP)

Fábio Mariz Gonçalves (FAUUSP)

Giovanna Teixeira Damis Vital (UFU)

Helena Aparecida Ayoub Silva (FAUUSP)

José Carlos Ferreira (UNL–Portugal)

José Guilherme Schutzer (FFLCH–USP)

João Reis Machado (UNL–Portugal)

Larissa Leite Tosetti (ESALQ)

Lucas Martins de Oliveira (FAUUSP)

Lourdes Zunino Rosa (FAUFRJ)

Marcelo de Andrade Romero (FAUUSP)

Maria Ângela Faggin Pereira Leite (FAUUSP)

Maria Cecília Loschiavo dos Santos (FAUUSP)

Maria de Assunção Ribeiro Franco (FAUUSP)

Maria de Lourdes Pereira Fonseca (UFABC)

Marly Namur (FAUUSP)

Newton Becker Moura (UFC)

Paulo Renato Mesquita Pellegrino (FAUUSP)

Pérola Felipette Brocanelli (UPM)

Silvio Soares Macedo (FAUUSP)

Vladimir Bartalini (FAUUSP)

### **Apoio Técnico**

Luciene Ribeiro dos Santos

Rizia Sales Carneiro

### **Colaboradores**

Antonio Franco

Oscar Utescher

### **Diagramação**

Rizia Sales Carneiro

### **Desenvolvimento de Web**

Edson Moura (Web FAU)

Rizia Sales Carneiro

### **Agradecimentos**

Giovanna Teixeira Damis Vital (UFU)

Taícia Helena Negrin Marques

### **Agradecimento *In Memoriam***

Miranda M. E. Martinelli Magnoli (FAUUSP)

## SUMÁRIO

### 1. EDITORIAL

**007** **MARIA DE ASSUNÇÃO RIBEIRO FRANCO**

### 2. ARTIGOS

**012** ARTIGO 1

**MORFOLOGIA URBANA E CORREDORES DE VENTILAÇÃO COMO  
SUBSÍDIO À RESILIÊNCIA URBANA**

*URBAN MORPHOLOGY AND VENTILATION CORRIDORS AS A  
SUBSIDY TO URBAN RESILIENCE*

**RAFAEL GONÇALVES SANTOS, ALESSANDRA RODRIGUES PRATA-SHIMOMURA  
ANTÓNIO SARAIVA LOPES, EZEQUIEL CORREIA,  
MARIA DE ASSUNÇÃO RIBEIRO FRANCO**

**039** ARTIGO 2

**O POTENCIAL DAS AVENIDAS DE FUNDO DE VALE PARA RECEBER A  
INFRAESTRUTURA VERDE-AZUL**

*THE POTENTIAL OF AVENUES OF VALLEY FLOOR TO RECEIVE  
BLUE-GREEN INFRASTRUCTURE*

**TAÍCIA HELENA NEGRIN MARQUES**

**059** ARTIGO 3

**PERCEPÇÃO E CONFORTO DOS USUÁRIOS DO PARQUE TRIANON EM  
SÃO PAULO/SP**

*PERCEPTION AND COMFORT OF USERS OF THE TRIANON PARK IN  
SÃO PAULO CITY*

**LÉA YAMAGUCHI DOBBERT, ALESSANDRA R. PRATA-SHIMOMURA,  
HELENA CRISTINA PADOVANI ZANLORENZI, MARIA DE ASSUNÇÃO RIBEIRO FRANCO**

**075** ARTIGO 4

**PLANEJAMENTO DE ESPAÇOS VERDES PARA MINIMIZAÇÃO DO  
ESCOAMENTO SUPERFICIAL DAS ÁGUAS PLUVIAIS**

*GREEN SPACES PLANNING FOR REDUCTION OF SURFACE  
RAINWATER DRAINAGE*

**MARCELA MINATEL LOCATELLI, PATRÍCIA MARA SANCHES,  
JEFFERSON LORDELLO POLIZEL, DEMÓSTENES FERREIRA DA SILVA FILHO**

**091** ARTIGO 5

**HABITAR NAS ‘BUFFER ZONES’  
DIRETRIZES ECO-SOCIAIS PARA UMA ARQUITETURA INTEGRADA À  
INFRAESTRUTURA VERDE**

*DWELLING IN ‘BUFFER ZONES’  
ECO-SOCIAL GUIDELINES FOR AN ARCHITECTURE INTEGRATED TO  
GREEN INFRASTRUCTURE*

**José Otávio Lotufo**

**3. DEPOIMENTO**

**129** **INFRAESTRUTURA ECOLÓGICA E SISTEMA DE ESPAÇOS ABERTOS:  
COMO LIMA, CAPITAL PERUANA, VEM SE APROPRIANDO DESSES  
CONCEITOS FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICA**

*GREEN INFRASTRUCTURE, ECOLOGICAL INFRASTRUCTURE AND  
SYSTEMS OF OPEN SPACES: HOW LIMA, PERUVIAN CAPITAL, IS  
APPROPRIATING THESE CONCEPTS IN FACE OF THE CLIMATE CHANGES*

**TÁCIA HELENA NEGRIN MARQUES**

# 1. EDITORIAL

## EDITORIAL

### **Projeto FAPESP: Pesquisa de Infraestrutura Verde aplicada à Cidade de São Paulo**

Prezados leitores, este número é dedicado ao Projeto FAPESP - “Infraestrutura Verde para a Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas da Cidade de São Paulo” - para tanto foi criada uma imagem especial para a capa com um cenário futuro de uma ‘São Paulo mais verde’, com o incremento de áreas verdes ao longo das Avenidas Marginais e das margens do rio Pinheiros e, pasmem, a representação de uma “*green bridge*” (ponte verde) especial, só para pedestres, ciclistas e quem sabe de pequenos animais e da flora, saindo do Parque do Povo e cruzando o rio Pinheiros! Sabe-se que esse tipo de cenário já é comum em alguns países da Europa, e é empregado para a travessia da fauna e flora sobre rodovias que afetam zonas de preservação ambiental, mas é inédito no Brasil!

Quanto aos artigos científicos desta edição, foram selecionados cinco, dentro de temáticas afins ao Projeto FAPESP, comentados a seguir.

O primeiro artigo, de SANTOS *et al*, trata do mapeamento de corredores de ventilação na área de estudo, cujos

### ***FAPESP Project: Green Infrastructure Research applied to the City of São Paulo***

*Dear readers,*

*This issue is dedicated to the FAPESP Project “Green Infrastructure for Urban Resilience to Climate Change in the City of São Paulo” for this purpose a special graphic illustration was created for the front page of this edition – a future scenario of a ‘greener São Paulo’ – with the increase of green areas along the Marginal Avenues and the banks of the Pinheiros River and, believe it or not, the representation of a special green bridge, only for pedestrians, cyclists and perhaps small animals and flora, starting at Parque do Povo and crossing the Pinheiros River! It is known that such a type of scenario is already common in some European countries, and used to allow fauna and flora to cross on highways that affect areas of environmental preservation, but it is unprecedented in Brazil!*

*Five scientific articles were selected for the present edition, within topics related to the FAPESP Project, as below.*

*The first article, by SANTOS et al, deals with the mapping of ventilation corridors in the area in focus, which results*

resultados poderão servir para orientações climáticas no planejamento ambiental urbano e nas intervenções urbanísticas na área do Projeto.

MARQUES, no segundo artigo, chama a atenção para o potencial das avenidas de fundo de vale para receber intervenções de infraestrutura verde-azul, apontando para as possibilidades de uma contrapartida ambiental das infraestruturas cinza em relação ao ocultamento de córregos e ribeirões no território paulistano.

No terceiro artigo, DOBBERT *et al* avalia as condições térmicas do microclima do Parque Trianon (Parque Siqueira Campos) e, em paralelo, realiza entrevistas com aplicação de questionários, para medir conforto e sensação térmica e, com isso, aquilatar o grau de satisfação dos usuários em relação ao Parque.

LOCATELLI utiliza geotecnologias, no quarto artigo, para identificar áreas prioritárias para a implementação de espaços verdes na cidade de São Paulo, visando a diminuição de escoamento superficial das águas pluviais e diminuição das enchentes a jusante. Os dados obtidos foram sintetizados num mapa que aponta áreas mais indicadas para a arborização urbana, as quais ficaram concentradas nas regiões centro norte e centro sul da área de estudo.

*can be useful for climatic orientations in urban environmental planning and urban interventions in that Project.*

*MARQUES, in the second article, draws attention to the potential of valley bottom avenues to receive interventions of green-blue infrastructure, pointing out possibilities of an environmental counterpart of the gray infrastructure in relation to the hiding of creeks and streams in the territory of São Paulo City.*

*In the third article, DOBERT et al evaluate the thermal conditions of Trianon Park (Parque Siqueira Campos) microclimate and, in parallel, conduct personal interviews with questionnaires to measure comfort and thermal sensation, aiming to assess the level of satisfaction of the users regarding the Park.*

*LOCATELLI uses geotechnologies, in the fourth article, to identify priority areas for the implementation of green spaces in the city of São Paulo, aiming at draining the superficial rainwater and reducing downstream floods. The data collected were synthesized in a map that indicates areas more suitable for the urban arborization, which were concentrated in the north-central and south-central regions of the study area.*

LOTUFO, no quinto artigo, aponta diretrizes eco-sociais para uma arquitetura integrada à infraestrutura verde, fazendo a proposição de diluir as fronteiras entre construção e paisagem, integrando edifício e infraestrutura verde e redefinindo suas funções para além do programa arquitetônico tradicional.

O Depoimento desta edição oferece um contraponto, apresentado por MARQUES, entre as proposições de infraestrutura verde aqui apresentadas nos artigos com as empregadas na cidade de Lima, no Peru. Nesse cenário, o Peru vem apresentando avanços importantes e inovadores, quanto à aplicação de conceitos tais como Infraestrutura Verde, Infraestrutura Ecológica e Sistema de Espaços Abertos, abordando tanto escalas de paisagem quanto locais, apresentando um breve panorama da utilização dos conceitos citados a partir de algumas ações e pesquisas que vem ocorrendo no país, principalmente relacionados à capital Lima.

Tenham uma boa leitura!

São Paulo, agosto de 2017.

**MARIA DE ASSUNÇÃO RIBEIRO FRANCO**

*LOTUFO, in the fifth article, points out eco-social guidelines for an architecture integrated with the green infrastructure, proposing to dilute the borderlines between construction and landscape, integrating green building and infrastructure as well as redefining its functions beyond the traditional architectural program.*

*The testimony of this edition offers a counterpoint, presented by MARQUES, among the green infrastructure proposals presented in the articles with those used in the City of Lima, Peru. In this scenario, Peru has been presenting important and innovative advances in the application of concepts such as Green Infrastructure, Ecological Infrastructure and Open Space System, focusing both landscape and local scales, presenting a brief overview of the use of the concepts mentioned from some actions and research that has been taking place in the country, mainly related to the capital Lima.*

*Enjoy the reading!*

*São Paulo, August 2017.*

**MARIA DE ASSUNÇÃO RIBEIRO FRANCO**

## 2. ARTIGOS

## ARTIGO Nº 1

### **MORFOLOGIA URBANA E CORREDORES DE VENTILAÇÃO COMO SUBSÍDIO À RESILIÊNCIA URBANA**

#### *URBAN MORPHOLOGY AND VENTILATION CORRIDORS AS A SUBSIDY TO URBAN RESILIENCE*

RAFAEL GONÇALVES SANTOS, ALESSANDRA RODRIGUES PRATA-SHIMOMURA  
ANTÓNIO SARAIVA LOPES, EZEQUIEL CORREIA, MARIA DE ASSUNÇÃO RIBEIRO FRANCO

## **MORFOLOGIA URBANA E CORREDORES DE VENTILAÇÃO COMO SUBSÍDIO À RESILIÊNCIA URBANA**

### *URBAN MORPHOLOGY AND VENTILATION CORRIDORS AS A SUBSIDY TO URBAN RESILIENCE*

#### **RAFAEL GONÇALVES SANTOS**

Doutorando em Geografia e Investigador - Centro de Estudos Geográficos, CEG / Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa IGOT-ULisboa.

E-mail: rafaelgoncalves@campus.ul.pt

#### **ALESSANDRA RODRIGUES PRATA-SHIMOMURA**

Arquiteta, Profa. Dra. em Tecnologia da Arquitetura pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP.

E-mail: arprata.shimo@gmail.com

#### **EZEQUIEL CORREIA**

Professor e Investigador - Centro de Estudos Geográficos, CEG / Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa IGOT-ULisboa.

E-mail: ezequielc@campus.ul.pt

#### **MARIA DE ASSUNÇÃO RIBEIRO FRANCO**

Professora Titular do Depto. De Projeto pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP. /FAUUSP

E-mail: mariafranco@usp.br

#### **ANTÓNIO SARAIVA LOPES**

Professor e Investigador - Centro de Estudos Geográficos, CEG / Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa IGOT-ULisboa.

E-mail:antonio.lopes@campus.ul.pt

## **RESUMO**

Este artigo apresenta a análise de corredores de ventilação para um trecho da cidade de São Paulo. Este trecho é parte integrante do projeto de Infraestrutura Verde que contempla quatro parques da cidade de São Paulo: Parque Estadual da Cantareira, Parque Dr. Fernando Costa (Água Branca), Parque do Ibirapuera, e Parque Tenente Siqueira Campos (Trianon); formando um retângulo com configurações urbanas diferenciadas no eixo norte-sul. Este eixo percorre áreas da cidade ao longo de avenidas importantes, que interligam os quatro parques, a qual recebeu o nome de “Trilha Norte-Sul”. O objetivo, aqui, é a elaboração de cartografias de classificação morfológica

utilizando variáveis que descrevem a morfologia urbana. É apresentado, também, um método simplificado de análise e mapeamento dos corredores de ventilação, cujos resultados poderão servir de insumo tanto para orientações climáticas ao planejamento urbano como para intervenções urbanísticas.

**Palavras-chave:** Morfologia Urbana; Rugosidade; Porosidade; Fator H/W; Corredores de Ventilação.

### ABSTRACT

*This article presents an analysis of ventilation corridors for a stretch of São Paulo City. Such a stretch is part of the Green Infrastructure Project that includes four parks: Cantareira State Park, Dr. Fernando Costa Park (Água Branca), Ibirapuera Park and Tenente Siqueira Campos Park (Trianon), which form a rectangle with differentiated urban configurations on the north-south axis, that crosses areas of the city along important avenues interconnecting the four parks, which is named “North-South Trail”. The target is to draw up cartographies of morphological classification using variables that describe the urban morphology. It is also presented a simplified method of analysis and mapping of ventilation corridors, which results may serve as a guideline for both climatic orientations and urban planning interventions.*

**Keywords:** Urban Morphology; Roughness; Porosity; H/W Factor; Ventilation Corridors.

### INTRODUÇÃO

O espaço urbano pode ser compreendido como um sistema resultante da integração de três subsistemas: sistemas de espaços com construções; sistemas de espaços de integração viária e sistemas de espaços livres de construção (CAVALHEIRO e DEL PICCHIA, 1992). O sistema espaço urbano, apresenta respostas diferentes às modificações geográficas introduzidas pelo homem, dado as especificidades de cada escala do clima urbano (ALCOFORADO et al., 2000). A aglomeração de calor, sobretudo, o efeito das Ilhas de Calor Urbano – ICU é o principal resultado dessas modificações (ALCOFORADO et al., 2005; LOMBARDO et al., 2012).

Nos diferentes sistemas de espaços urbanos a componente térmica é influenciada pelas condições de penetração e absorção da radiação solar (albedo, capacidade térmica, emissividade) (PARLOW, 1998; SCHERER et al., 1999), pela presença da vegetação (ANDRADE, 2005), por alterações no uso e cobertura da terra, pelas propriedades dos

materiais utilizados e por modificações da circulação do ar (LOPES, 2009).

A morfologia dos espaços urbanos interfere nos ventos locais, enquanto os materiais de construção alteram o balanço energético (OKE, 1987). No sistema espaço urbano, o efeito de circulação do ar representa uma componente essencial para atenuar as aglomerações de calor, com potencial para arrefecer a atmosfera, dificultar a formação da ICU (OKE, 1995; LOPES, 2003) e modificar sua estrutura espacial (RATTI et al., 2006). O efeito da circulação do ar apresenta, ainda, consequências no conforto térmico e mecânico (LOPES et al., 2011), além de atuar na dispersão de poluentes, melhorando a qualidade do ar (OKE, 1989).

A morfologia urbana e sobretudo o efeito da urbanização estão ainda associados a redução da fração de céu visível (OKE, 1987). A verticalização e o adensamento dos espaços construídos, dificulta a dispersão de partículas no ar, resultando na diminuição do arejamento das cidades (ALCOFORADO et al., 2005).

As cidades representam as mais ásperas superfícies subjacentes sob a camada limite atmosférica, onde os ventos regionais são constantemente alterados em velocidade e direção (LOPES, 2003), o que torna o fluxo de ar um elemento complexo de ser analisado (GRIMMOND e OKE, 1999). Nesse sentido, a velocidade e direção do fluxo de ar depende da rugosidade dos elementos presentes na superfície. O conhecimento exato das características aerodinâmicas das cidades é importante para descrever, modelar e prever o comportamento da ventilação em todas as escalas.

O progressivo aumento da rugosidade e redução da fração de céu visível nas cidades, tem resultado na diminuição da velocidade do vento na ordem dos 20 a 30% e um aumento de 50 a 100% nas turbulências, com elevações em decorrência das características da geometria urbana e a topografia do terreno (FARIÑA, 1998; PRATA SHIMOMURA et al., 2009; LOPES et al., 2011).

A presença do extrato arbóreo em ambientes urbanos, também, necessita ser planejada. A vegetação, ainda que apresente maior porosidade que os espaços construídos, pode modificar a velocidade e fluxo dos ventos, atuando no incremento da rugosidade em áreas de possíveis corredores de ventilação natural. O impacto da vegetação urbana na ventilação está associado ao incremento das condições de estabilidade atmosférica (dificultando a dispersão de poluentes) com reflexos negativos na qualidade do ar, na temperatura local e nas condições de conforto térmico, além de aumentar o risco de quedas em condições de vento forte (NG e CHAU, 2012; GROMKE e RUCK, 2012; VOS et al., 2013).

As áreas com baixa rugosidade, apresentam condições favoráveis para os corredores de ventilação urbana. Nesse sentido, o mapeamento e planejamento destes espaços, apresenta potencialidades na ventilação urbana, nas condições de conforto térmico, na dispersão de poluentes e dispersão de calor.

Este estudo propõe uma abordagem baseada em métodos morfométricos para calcular as propriedades aerodinâmicas em um trecho da cidade de São Paulo. A inexistência de estudos anteriores relacionados à espacialização de diferentes indicadores morfológicos leva-nos a propor a caracterização morfológica, para fins climáticos, com base em indicadores presentes no sistema de espaços construídos em um banco de dados 3D da cidade de São Paulo. Por fim, apresenta-se uma análise e mapeamento dos corredores de ventilação em sistemas de espaços de integração viária e sistemas de espaços livres de construção, cujos resultados poderão servir de insumos tanto para orientações climáticas ao planejamento urbano como para intervenções urbanísticas.

### **CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ÍNDICES DE RUGOSIDADE, POROSIDADE, FATOR H/W E CORREDORES DE VENTILAÇÃO**

A área de estudo compreende um eixo que percorre áreas da cidade ao longo de avenidas importantes, que interligam quatro importantes parques, intersectando 25 subprefeituras da cidade de São Paulo, a qual recebeu o nome de “Trilha Norte-Sul”. A área de estudo é parte integrante do projeto de Infraestrutura Verde<sup>1</sup> que contempla os parques (áreas verdes “âncora”): Parque Estadual da Cantareira, Parque Dr. Fernando Costa (Água Branca), Parque do Ibirapuera, e Parque Tenente Siqueira Campos (Trianon); que tem como objetivo verificar em que medidas os parques urbanos e suas bordas interligados a outras áreas verdes, podem tornar-se fatores de resiliência e adaptação à cidade de São Paulo.

Para uma análise destes locais, foram definidas 2 faixas de transecto de Infraestrutura verde propositivas de “Cenários Ambientais”, denominadas “trilhas Norte-Sul 1 e 2”; formando um retângulo com configurações urbanas diferenciadas. Estas trilhas percorrem de norte a sul o Município de São Paulo, ao longo de avenidas importantes da cidade, a maioria ocupando fundos de vales, contendo rios canalizados, ou ocultos e tubulados,

---

<sup>1</sup> Projeto de Pesquisa Auxílio Regular FAPESP de nº 2015/10597-0, intitulado - “**Infraestrutura Verde para a Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas da Cidade de São Paulo**”, tendo a Profa Dra Maria de Assunção Ribeiro Franco como Pesquisador Responsável.

e canteiros centrais geralmente arborizados. O retângulo de estudo constitui-se, assim, numa área piloto de experimentação a qual foi dividida transversalmente por 5 linhas de transepto com subdivisões em 6 zonas de compartimentação ambiental, seguindo lógicas de geomorfologia, morfologia urbana, mobilidade e bem estar social, Figura 1.

Mapa Temático com Cenários Ambientais - TRANSECTOS E TRANSEPTOS

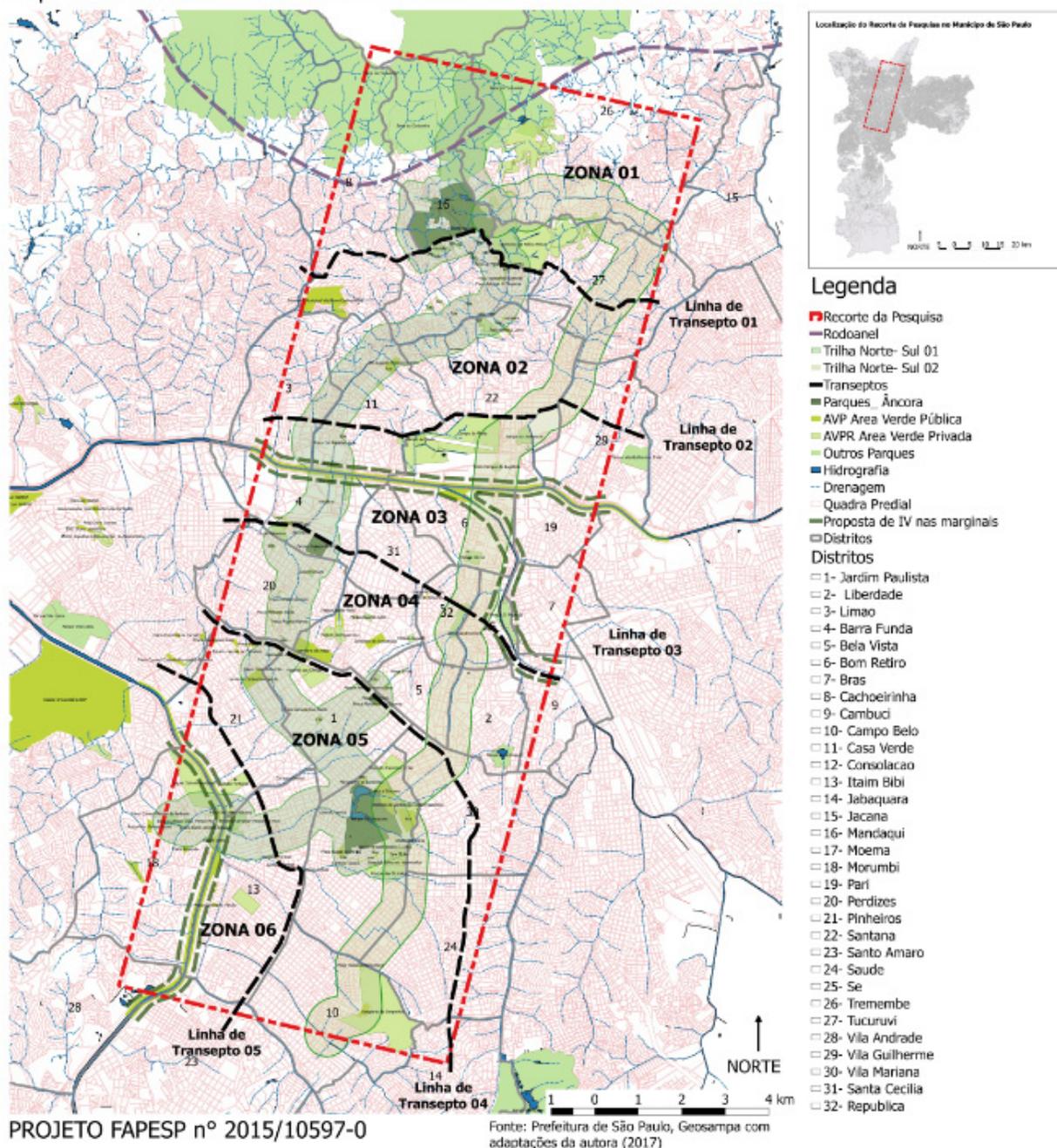


Figura 1 – Mapa da área de estudo: Transectos e Transeptos.

Fonte: Maria de Assunção Ribeiro Franco (Projeto de Pesquisa Auxílio Regular FAPESP de nº 2015/10597-0).

A Trilha Norte-Sul foi idealizada a partir das hipóteses inspiradas em Benedict e McMahon (2006), sendo: 1. considera que a cidade de São Paulo, devidamente estruturada por uma infraestrutura verde, possa tornar-se resiliente às mudanças climáticas; 2. que os parques devem ser entendidos como áreas núcleo, ligações ou sítios resilientes estratégicos daquela infraestrutura verde, considerando as áreas verdes do entorno dos mesmos como áreas borda, ou 'buffer zones' e como possíveis faixas de compensação ambiental; e, 3. que a arborização urbana intensiva conjugadas à reformulação das calçadas das ruas da cidade é elemento fundamental na amenização das ilhas de calor.

Para os estudos realizados, como mencionado anteriormente, foram criados Cenários Ambientais denominados de "Trilha Norte-Sul 1" (Cenário Ambiental A) e "Trilha Norte-Sul 2" (Cenário Ambiental B).

A "Trilha Norte-Sul 1" (Cenário Ambiental A) consiste num corredor verde experimental, em escala urbana, constituindo uma 'ligação' de infraestrutura verde, cujo eixo segue ao longo de avenidas, ladeado por uma 'buffer zone' (zona de amortecimento) de 500 metros para cada lado do eixo das referidas vias. Este corredor acontece entre o Horto Florestal (e por extensão o Parque Estadual da Cantareira) e o Parque do Ibirapuera (atrelado ao parque do Povo e ao Parque Alfredo Volpi). Esta ligação Norte/Sul da cidade, por meio de um corredor verde, que longe de ser um corredor ecológico constitui-se um "corredor eco-social" de extremo interesse para a cidade de São Paulo<sup>2</sup>.

Já a "Trilha Norte-Sul 2" (Cenário Ambiental B) percorre o retângulo da área de estudo, igualmente de Norte a Sul entre o Horto Florestal e o Ibirapuera, perfazendo um percurso paralelo ao primeiro que interliga outras áreas verdes e/ou permeáveis importantes e emblemáticas da cidade, tais como: a área da Invernada da Polícia Militar, o Parque da Juventude, o Campo de Marte e a Praça Campo de Bagatelle, o Jardim da Luz e a Pinacoteca, o Parque Anhangabaú e a Praça Ramos de Azevedo.

Para o processo de desenvolvimento dos mapas de indicadores morfoclimáticos, foram tratados dados vetoriais urbanos da cidade de São Paulo fornecidos pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano - SMDU. Os dados vetoriais existentes

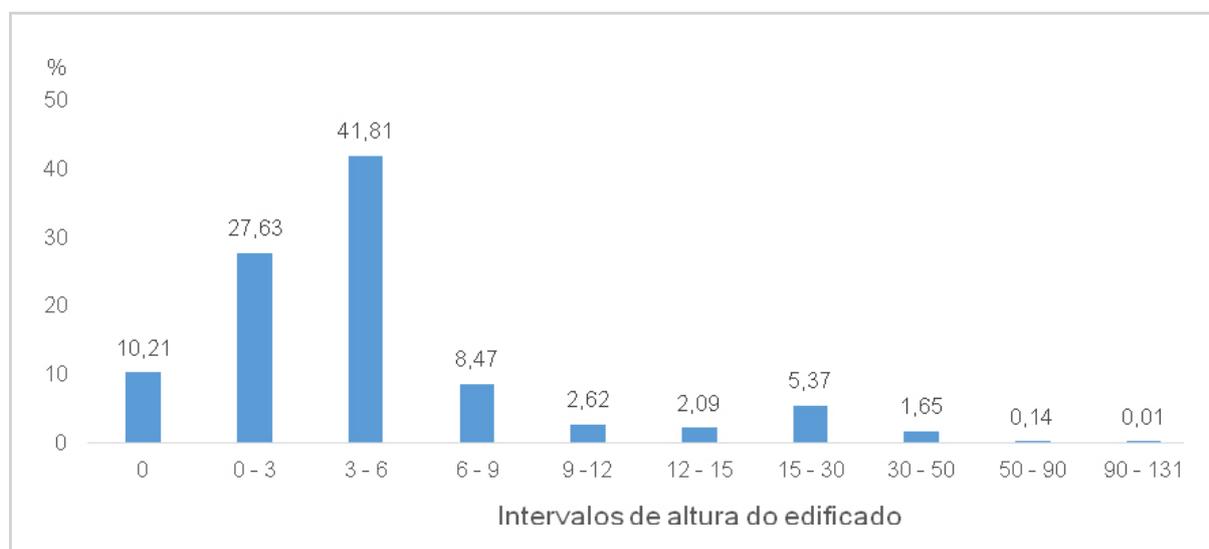
---

<sup>2</sup> A ideia de "corredor eco-social" vem sendo estudada pela Profa. Dra. Maria de Assunção Ribeiro Franco há mais de uma década e foi empregada pela autora como conceito no "Projeto Beira Rio" em Piracicaba no ano de 2002; e, posteriormente, em Franco (2010).

consistem em cadastros realizados em 2008, em formato *shapefile* (arquivo de forma), com informações do Sistema de Espaços Construídos (edifícios, lotes, quadra predial), Espaços de Integração ou Circulação viária (logradouros, quadra viária); bem como informações sobre Espaços Livres (áreas verdes, áreas não edificadas).

A primeira etapa do processo, consistiu em agrupar os polígonos dos edifícios por altura. Na segunda etapa, os polígonos com a mesma altura e paredes geminadas foram dissolvidos em blocos de edifícios. Essa etapa é necessária para reduzir o volume de informação presente na base de dados e construir blocos de edifícios contínuos, quando estes apresentam mesma altura em um mesmo lote.

Com base no modelo 3D dos sistemas de espaços urbanos para o município de São Paulo, a segunda cartografia desenvolvida caracteriza a altura dos blocos de edifícios presentes nos lotes intersectados pela “Trilha Norte-Sul”. Os resultados apontam que dos 89.821 lotes situados na área de estudo, o sistema de espaços edificados, apresenta altura média de 5,74m e máxima de 131,25m (Figura 2 e 3).



**Figura 2** – Altura média dos edifícios por lotes.

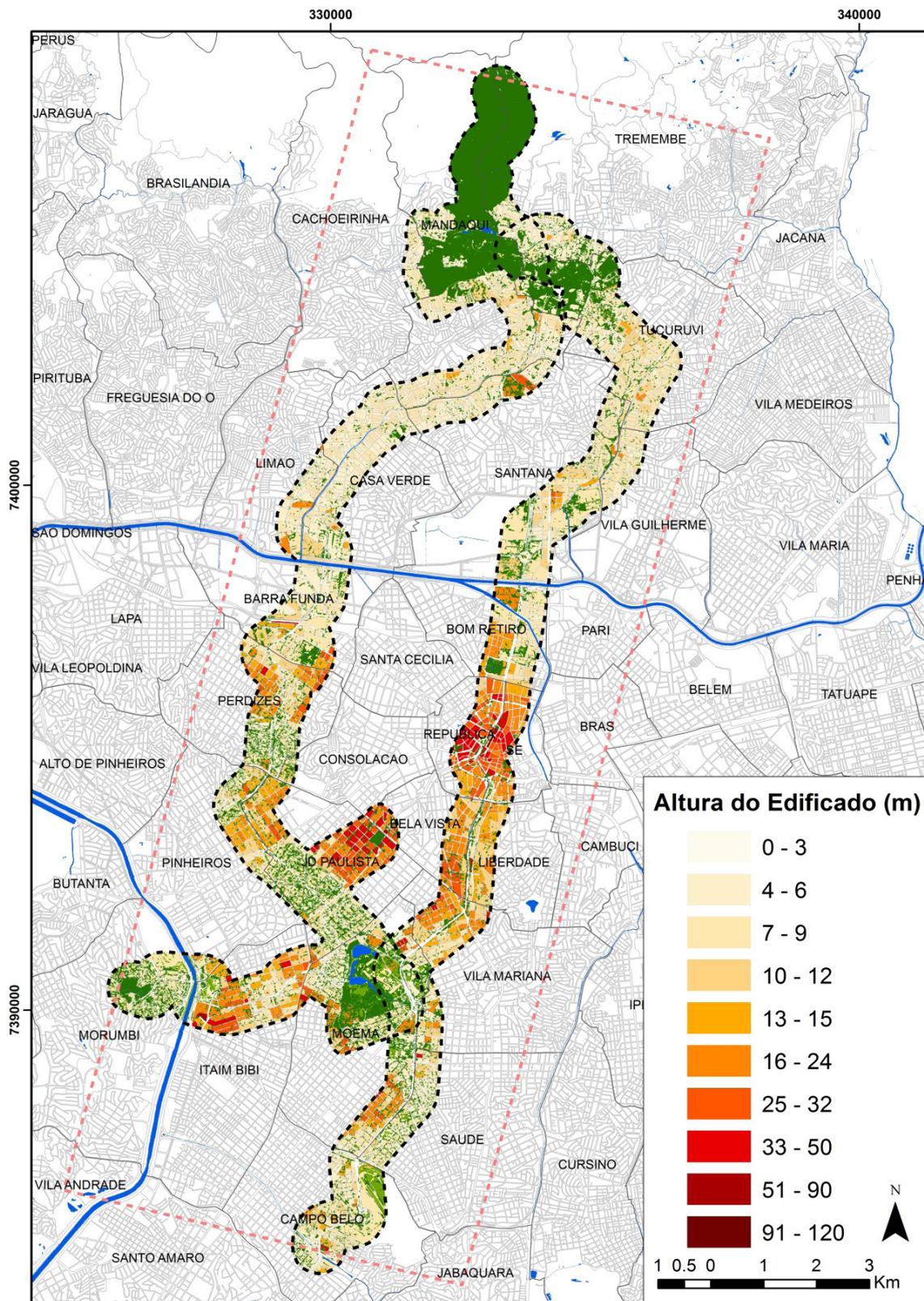


Figura 3 – Mapa da altura média do edificado por lote.

A terceira cartografia apresenta a densidade de construção dos espaços edificados por lotes. Este indicador corresponde à soma das áreas construídas dividida pela área total do lote (Figura 4).

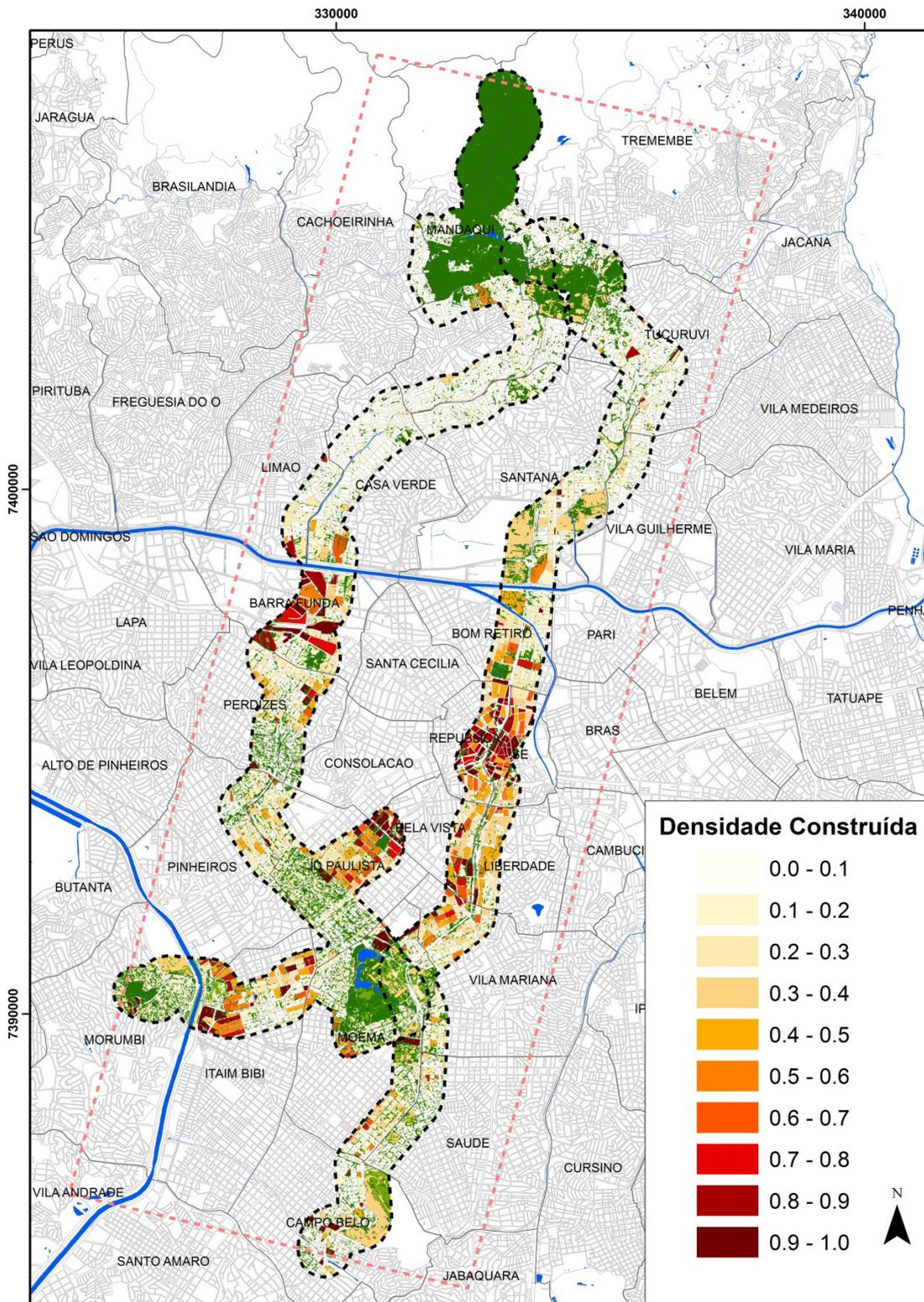
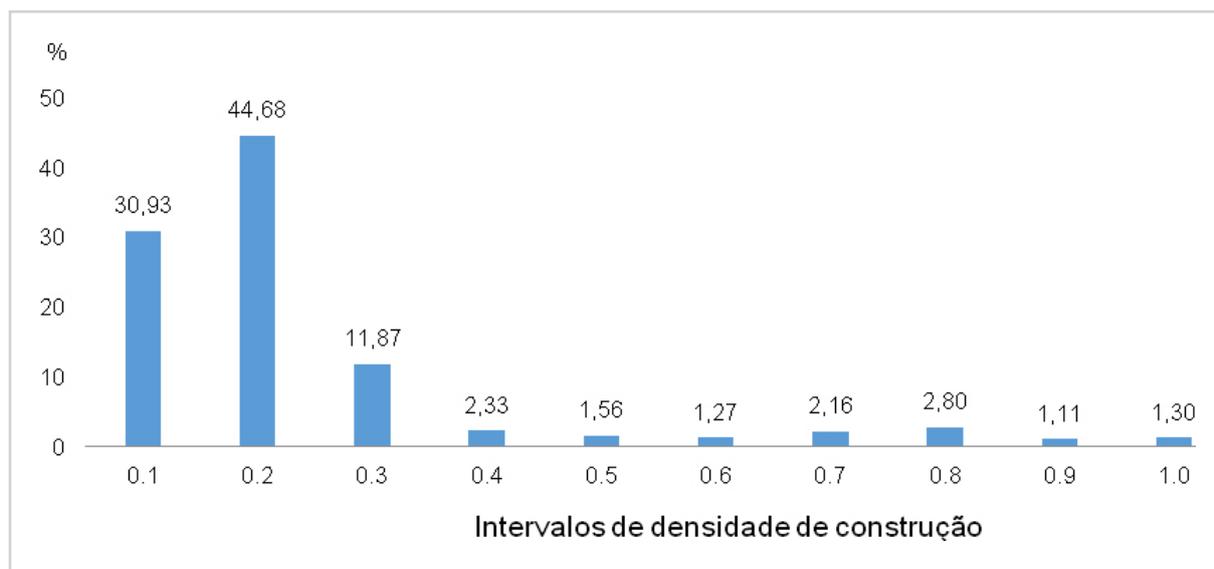


Figura 4 – Mapa da Densidade de Construção por lote da “Trilha Norte-Sul”.

Os resultados foram transformados em um índice que variou de 0 – 10, sendo 0 para lotes sem edificação ou com baixa densidade de construção e 10 para os lotes densamente edificados. Os resultados indicam que aproximadamente 95% do sistema de espaços edificados são classificados com baixa densidade de construção (0 - 2) e menos de 1% corresponde a elevados níveis de densidade, como pode ser verificado na Figura 5.



**Figura 5** – Densidade de construção do edificado por lotes.

## RUGOSIDADE AERODINÂMICA

Para Oke (1988), o parâmetro superficial crítico que governa a produção de turbulência do fluxo perpendicular em vales urbanos é a rugosidade da superfície. Quanto maior a rugosidade, maior a intensidade da interferência e a influência do atrito.

É um parâmetro chave para o estudo da atmosfera urbana, com oportunidade de identificar potenciais corredores de ventilação. A rugosidade aerodinâmica ainda pode ser utilizada, por exemplo, na modelagem da dispersão de poluentes e em modelos para simulação do perfil dos ventos com o software WasP - *Wind Atlas Analysis and Application Program* (RATTI et al., 2006).

A rugosidade dos obstáculos presente em superfície está diretamente relacionada com a altura da camada limite inferior da atmosfera urbana (*Urban Canopy Layer* - UCL).

Assim, a velocidade e capacidade de escoamento do vento depende da rugosidade presente na superfície (GÁL e UNGER, 2009 ).

Diversos parâmetros (indicadores) podem ser utilizados para descrever a rugosidade aerodinâmica a partir de dados da geometria ou textura da superfície. Os parâmetros de rugosidade descrevem quão eficaz é uma área de superfície na transformação da energia do vento médio, fluindo sobre ela, em movimento turbulento na camada limite acima (DAVENPORT et al., 2000). O comprimento de rugosidade afeta a magnitude de turbulência e quantidades dos fluxos acima da camada limite (GRIMMOND e OKE, 1999).

Para a caracterização da rugosidade aerodinâmica, os parâmetros mais importantes e comumente utilizados são  $z_0$  (comprimento da rugosidade) e  $z_d$  (altura de deslocamento do plano zero) (DAVENPORT et al., 2000; GÁL e UNGER, 2009). Esses parâmetros podem ser estimados com base na medida das fachadas dos edifícios expostos à direção do vento dominante, atuando como barreira à progressão do vento com efeitos na sua velocidade (CORREIA et al., 2015).

Dependendo da direção do vento, a área exposta de fachada dos edifícios pode ser diferente e, por conseguinte, a rugosidade irá ser alterada também. Um mesmo edifício pode atuar como barreira ao vento, com maior intensidade em uma direção ou em outra. Assim, o cálculo do comprimento de rugosidade ( $z_0$ ) e a altura de deslocamento ( $z$ ) dependem, inicialmente, da análise da direção dos ventos.

Tarifa e Armani (2001), caracterizaram o vento em São Paulo com base nos dados da estação meteorológica do Aeroporto de Congonhas para o período de 1961 a 1990. Segundo os autores, a predominância anual é na direção Sudeste (SE) com 19,6% e Sul (S) com 16%, como primeiras predominâncias. Em menor frequência, ocorrem os ventos no vetor Leste (E) com 8,8%, Noroeste (NO) com 6,3%, Norte (N) com 5,8% e Nordeste (NE) com 5,6%. Os menores vetores correspondem aos ventos de Sudoeste (SO) 2,1%, e 1,8% na direção Oeste (O).

Após a análise do vento dominante para a área de estudo, foram criadas, em ambiente SIG, linhas paralelas distanciadas a cada 20 metros em direção perpendicular (NE – SO), simulando as sessões dos edifícios que atuarão como barreiras ao fluxo do ar, uma vez que se encontram expostas a direção do vento dominante (SE). As linhas ao serem intersectadas com os blocos de edifícios permitem obter o comprimento, altura e área das fachadas. Conforme descrito por Correia et al. (2015), estas métricas são

necessárias para calcular o Índice de Rugosidade Aerodinâmica. Os resultados da aplicação desta metodologia podem ser visualizados na Figura 6 e 7.

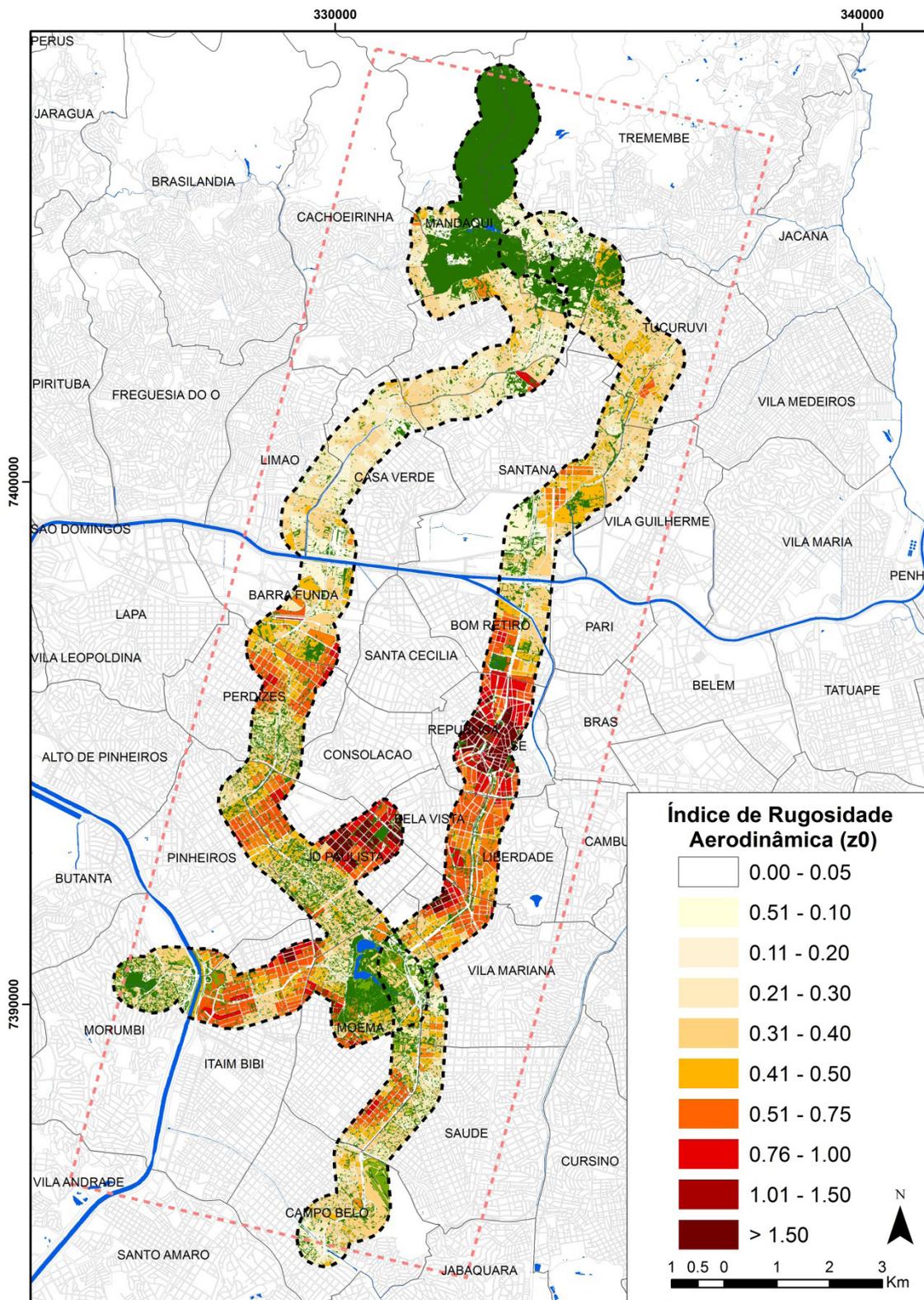


Figura 6 – Mapa da Rugosidade Aerodinâmica por lote para a “Trilha Norte-Sul”.

Quanto maior for este indicador, maior é a altura média do edificado presente no lote. Os maiores valores de rugosidade presente na superfície, estão associados aos maiores segmentos de fachadas dos edifícios, orientados à principal direção do vento para São Paulo (SE). Observa-se que, a rugosidade aerodinâmica apresenta uma média de valores inferiores a 0.5, perfazendo aproximadamente 70% da área de estudo. Os valores de elevada rugosidade aerodinâmica, compreendidos entre 1.0 (4,52%) e 1.5 (2,52), correspondentes as áreas mais adensadas verticalmente e horizontalmente, podem ser verificados principalmente nas áreas situadas próximo as subprefeituras Bela Vista, Consolação, Jardim Paulista, Itaim Bibi, Sé e República.

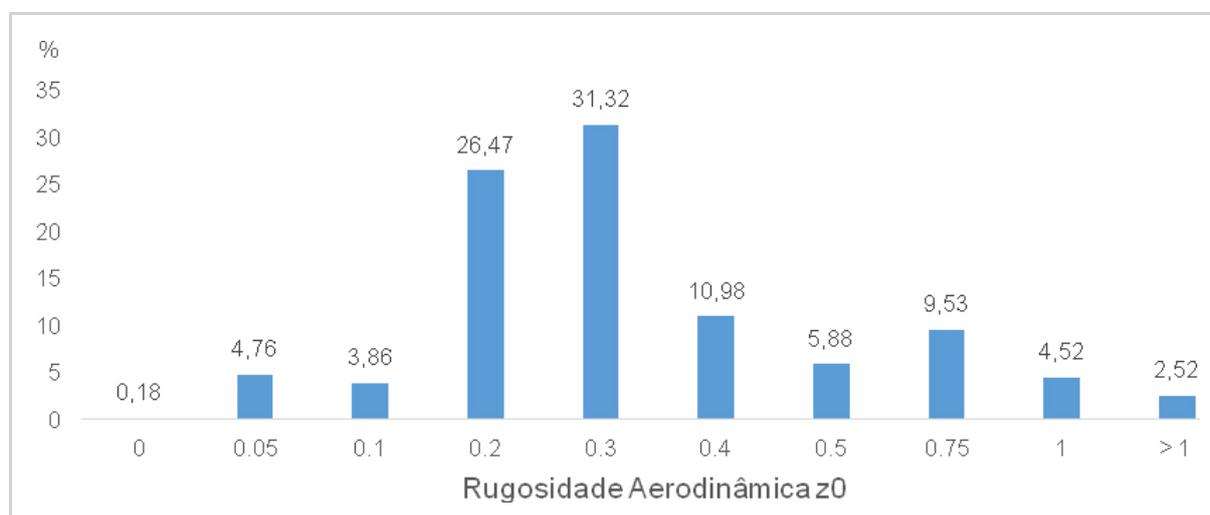


Figura 7 – Índice de rugosidade aerodinâmica – z0.

## FATOR H/W

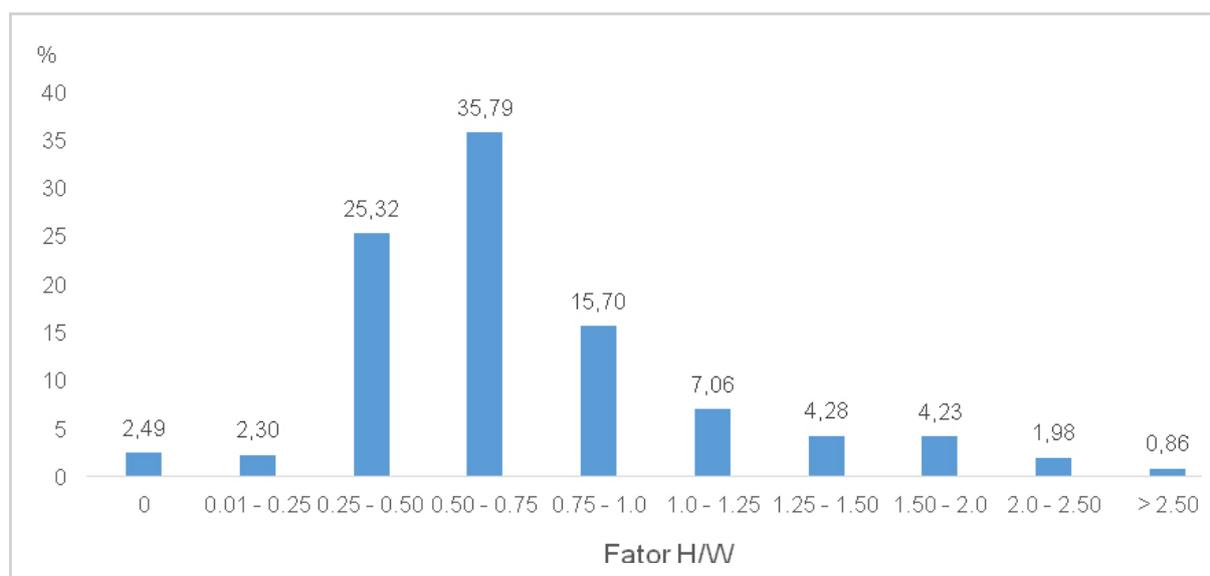
A relação entre a altura média do edificado, presente no sistema de espaços contruídos, em razão com a distância que separam os edifícios no sistema de espaços de circulação viária e espaços livres, pode ser representada pelo Fator H/W. Este indicador apresenta relação direta com a fração de céu visível (*Sky View Factor*), constituindo um dos principais indicadores utilizados em análises climáticas urbanas para estimar e caracterizar a intensidade do efeito da ICU (OKE, 1987; Alcoforado et al., 2005).

O Fator H/W, possibilita caracterizar o nível de obstrução do conjunto edificado em relação ao céu e ao sol, e avalia a influência da morfologia urbana em termos da radiação solar recebida (MARTINS et al., 2013). Quanto mais obstruído for um local,

maior o Fator H/W e, então, maior será a dificuldade do tecido urbano dispersar para a atmosfera a carga térmica armazenada em sua estrutura durante o dia.

Este indicador permite, ainda, auxiliar no estudo do balanço radiativo dos espaços urbanos, inferindo em termos térmicos na quantidade e disponibilidade de luz natural. Para a ventilação urbana, este indicador caracteriza a obstrução ou disponibilidade de espaço junto a superfície disponível para o fluxo de ar dispersar poluentes e calor.

O Fator H/W (OKE, 1987) foi estimado, para a área de estudo, com base na razão da altura dos edifícios pela largura dos espaços que os separam conforme descrito por Correia et al. (2015). Este índice determina o impacto da obstrução dos edifícios em relação ao seu entorno, indicando as áreas com menor fração de céu visível, como ilustram as Figuras 8 e 9.



**Figura 8** – Resultados do Fator H/W.

Os resultados apresentam, em sua maioria, valores inferiores a 0.75 correspondendo à aproximadamente 65 % da área de estudo, indicando áreas em que a altura média do edificado por lote não é superior aos espaços abertos circundantes.

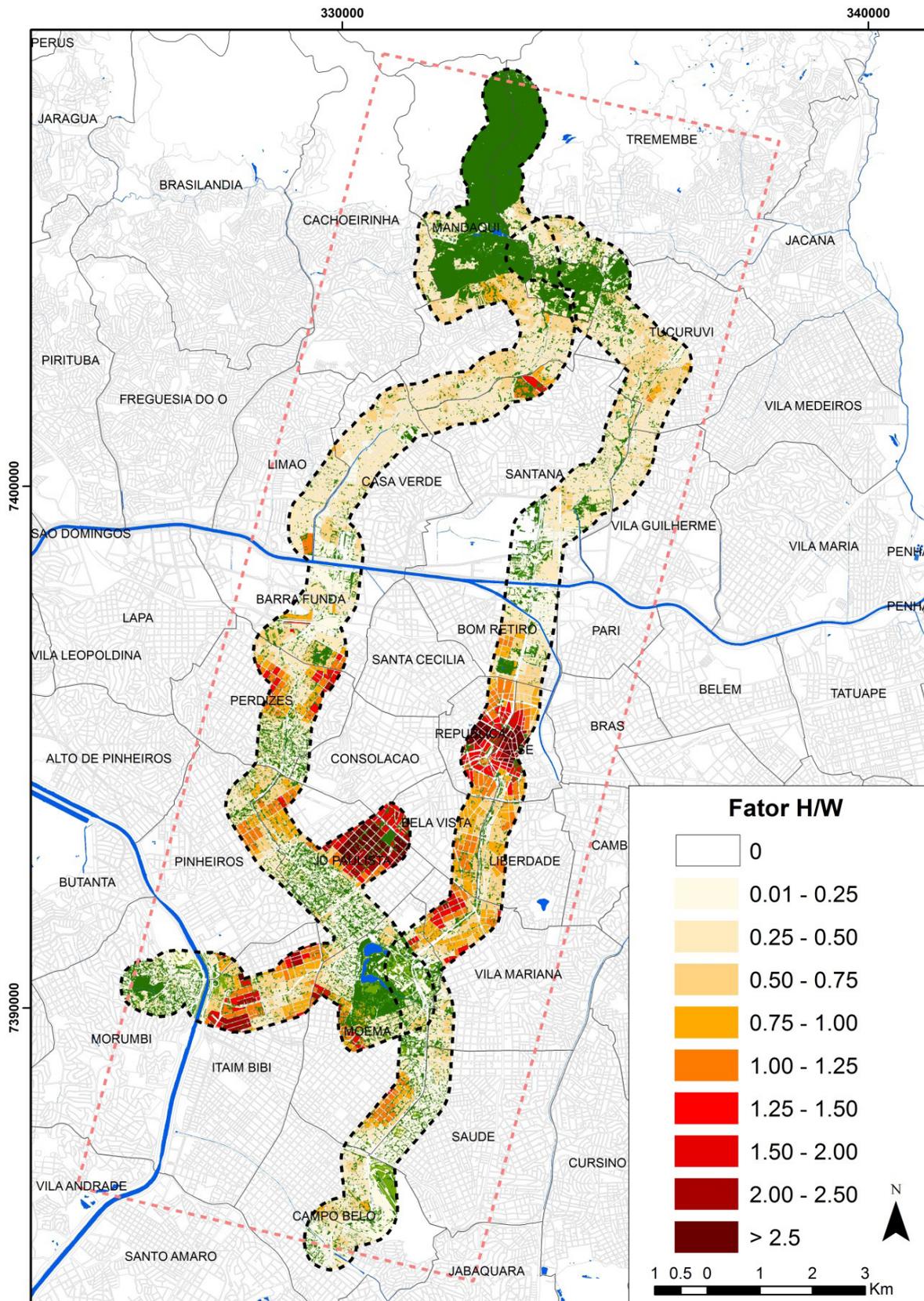


Figura 9 – Fator H/W, dado pela razão da altura dos edifícios pela largura dos espaços que os separam.

Nas áreas em que a altura média do edificado por lote é maior que a distância dos espaços que os separam (superior a 2.0), o Fator H/W apresenta os valores superiores para menos de 3% dos espaços presentes na “Trilha Norte-Sul”. Essas regiões apresentam no sistema de espaços de circulação viária e espaços livres, menores condições de insolação e maior aptidão a concentração de poluentes. Os maiores valores do Fator H/W, podem ser verificados principalmente nas áreas situadas próximo as subprefeituras Bela Vista, Consolação, Jardim Paulista, Itaim Bibi, Sé e República.

## **POROSIDADE**

A porosidade urbana pode ser interpretada como a razão que quantifica o volume de ar livre sobre a camada de cobertura do sistema de espaços construídos - volume da UCL. A porosidade está relacionada com o quão penetrável é uma área para a circulação do fluxo de ar. Gàl et al. (2015), refere-se a porosidade urbana como a relação entre as partes penetráveis e impenetráveis de uma camada de ar sobre uma determinada área. A porosidade caracteriza o efeito global do tecido urbano no incremento ou na redução da velocidade média do vento, respectivamente, responsáveis por alterar significativamente a forma de deslocamento das massas de ar.

De acordo com estas definições, segundo Correia et al. (2015), para a avaliação da porosidade urbana é necessário, como parâmetro de entrada, estimar o volume dos elementos presentes no sistema de espaços construídos. Ou seja, o volume de ar que é ocupado por edifícios em relação altura limite da UCL e independente da orientação do edificado. Essas medidas foram elaboradas considerando a altura média dos edifícios presentes nos lotes, multiplicados pela área do edificado.

Para além do volume do edificado são necessárias informações referentes às áreas de lote e a altura de toda a UCL, que foi definida como constante para definir o volume de ar livre. Este valor constante é definido com base no levantamento da altura máxima do edificado presente na camada limite inferior para a área de estudo. Os resultados do índice de Porosidade Urbana, podem ser verificados nas Figuras 10 e 11.

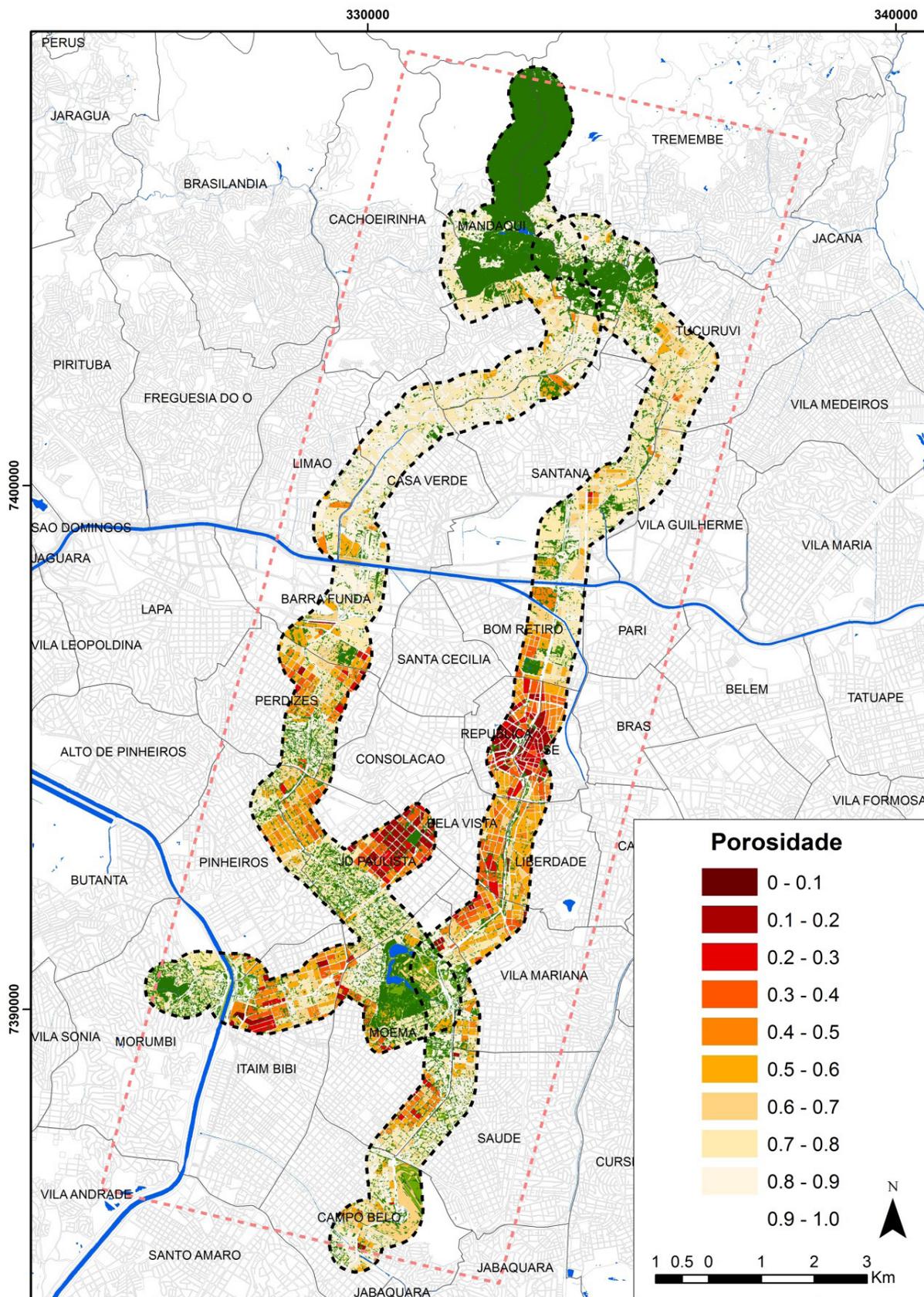


Figura 10 – Mapa da Porosidade do tecido urbano.

A porosidade urbana na “Trilha Norte-Sul”, apresenta as maiores porcentagens nas classes com intervalos superiores a 0.8 (68%), ou seja, compreende uma elevada proporção do sistema de espaços edificados definida por baixa volumetria, refletindo boas condições para a circulação do ar.

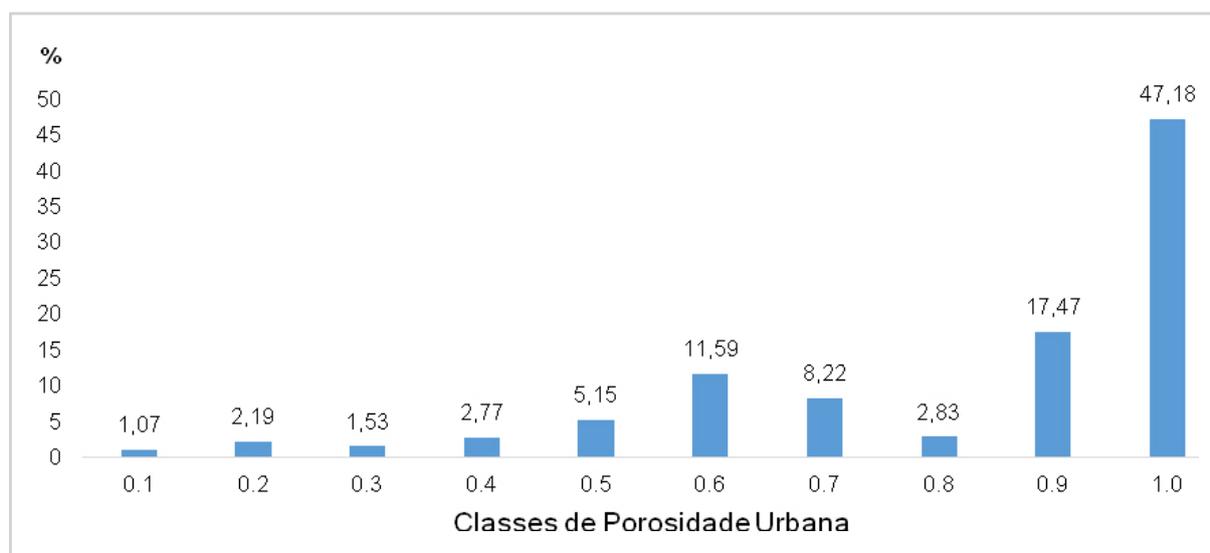


Figura 11 – Resultados do índice de Porosidade Urbana.

Os menores índices de porosidade urbana, quando somados, representam valores inferiores a 5%, destacando as áreas situadas junto às subprefeituras da Sé e República. Nestas áreas, por vezes, os lotes de edificados apresentam intensa densidade de ocupação e, em alguns casos, a inexistência de espaços livres. Já nas regiões intersectadas pelas principais avenidas de comércio, em que há elevada verticalização, os resultados apontam para um elevado volume do edificado.

## CORREDORES DE VENTILAÇÃO

Os corredores de ventilação podem desempenhar um importante papel na redução da poluição do ar na parte interna das áreas urbanas. Conforme ressalta Alcoforado et al. (2005), o vento predominante em uma localidade possui a capacidade de “limpar” a cidade. A obstrução dos corredores de ventilação natural, implica no aumento dos picos de poluição e consequências na saúde da população. O aumento da poluição pode ser ainda associado a um incremento na intensidade da ICU e desconforto térmico.

O sistema de espaços de integração viária e o sistema de espaços livres de construção, apresentam alta probabilidade de escoamento do vento e um alto grau de conectividade. Essas características permitem que ventilação em ambientes urbanos oriente-se por caminhos com menor número de obstáculos, ou seja, espaços com menor resistência ao escoamento.

Diversos estudos de caracterização da morfologia urbana, para fins climáticos, mostram as potencialidades do uso da informação para determinação de corredores de ventilação (GÀL e UNGER, 2009; WONG et al., 2010). Para caracterização dos corredores de ventilação, Matzarakis e Mayer (1992), resumiram os requisitos necessários considerando os seguintes pontos:

- (A)  $z_0$  inferior a 0,5 m;
- (B)  $z_d$  deve ser inferior a 3 m;
- (C) comprimento do corredor suficientemente grande numa direção, pelo menos 1 km;
- (D) largura do corredor suficientemente grande (relação com a altura do obstáculo), mas não inferior a 50 m;
- (E) as bordas dos corredores de ventilação devem ser lisas;
- (F) a largura dos obstáculos num percurso não deve ser superior a 10% da largura do percurso;
- (G) a altura do obstáculo num percurso não deve ser superior a 10 m;
- (H) os obstáculos dentro de um percurso devem ser orientados de modo que sua maior largura seja paralela ao eixo do percurso;
- (I) os únicos obstáculos dentro de um percurso devem ter uma razão de altura para a distância horizontal, entre dois obstáculos sucessivos, de 0,1 para edifícios e 0,2 para árvores.

A última cartografia deste estudo espacializa os possíveis corredores de ventilação presentes na área de estudo. O mapa resultante foi desenvolvido com base na morfologia urbana ( $z_0 < 0.5$ ,  $z_d < 3$  m,  $W > 50$  e 1 km de extensão), e na metodologia descrita por Matzarakis e Mayer (1992).

A área de estudo apresenta propensão a ter 8.30% da área total limite e 12.62% dos espaços não edificadas, como possíveis áreas com condições para serem corredores de ventilação (Figura 12 e 13).

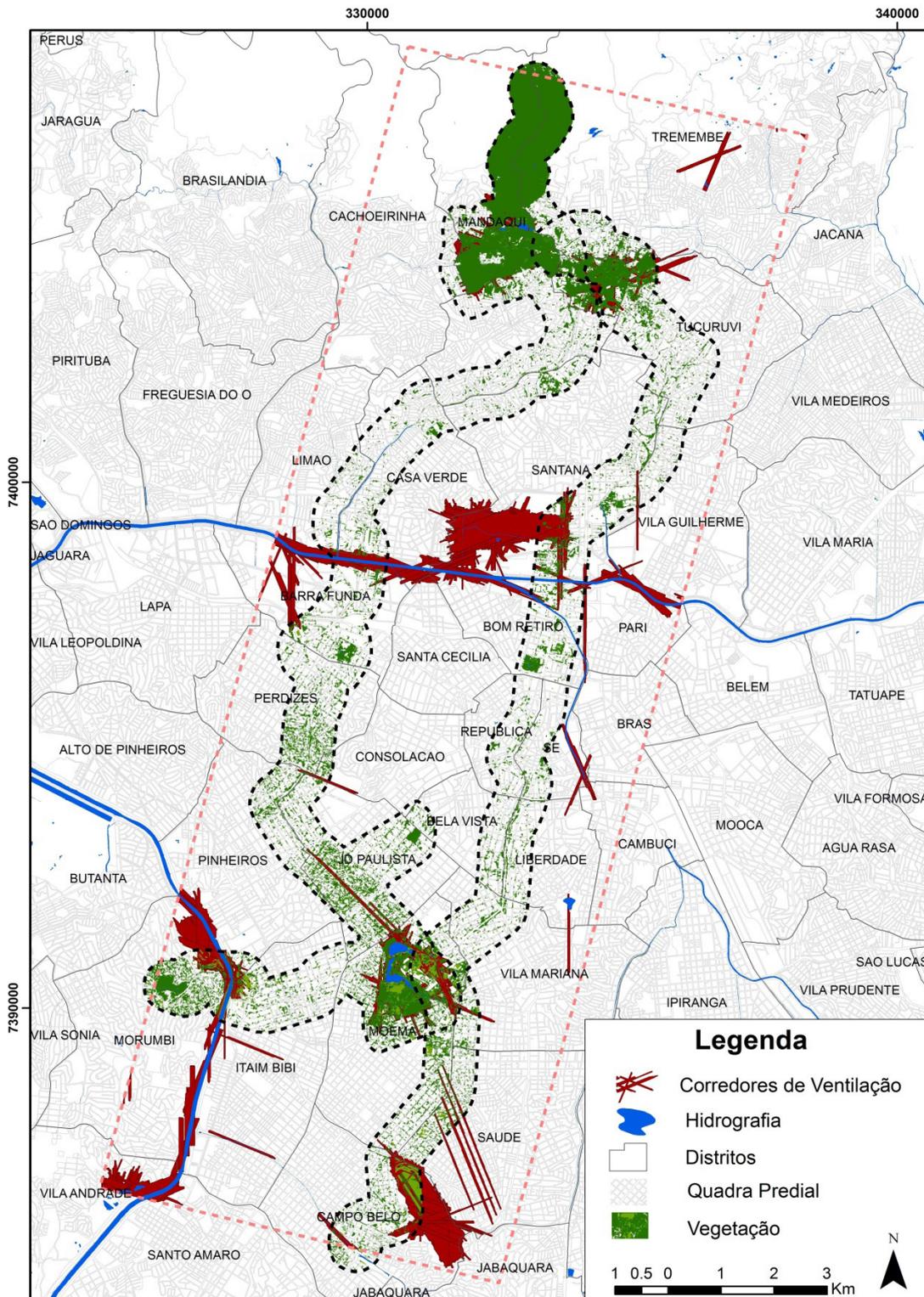
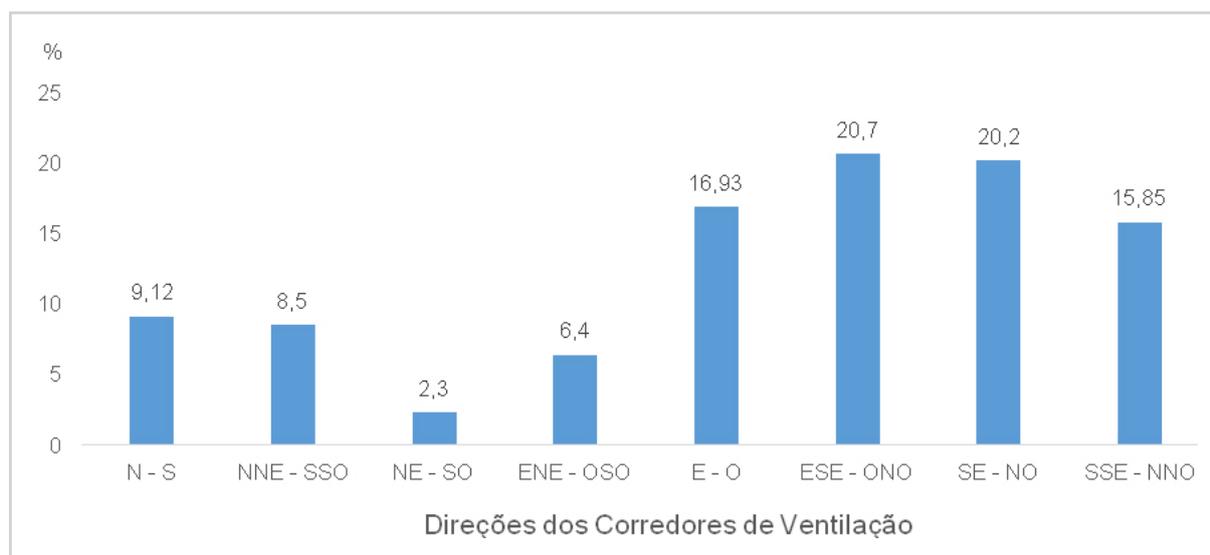


Figura 12 – Corredores de ventilação na área de estudo.

É possível verificar uma maior disponibilidade de corredores de ventilação, orientados para as direções: ESE – ONO (20,70%), SE – NO (20,20%), E – O (16,93 %) e SSE – NNO (15,85 %). Os valores intermediários estão representados pelos vetores em direção N – S (9,12%) e NNE – SSO (8,50%) e os menores valores para as direções de vento ENE– OSO (6,40%) e NE – SO (2,30%).

A distribuição espacial dos espaços, com boas condições de serem corredores de ventilação, mostra correlação com a predominante dos ventos em São Paulo. As maiores áreas disponíveis para os corredores de ventilação estão orientados nas direções ESE – ONO e SE – NO, inseridas no vetor de direção do vento predominante da cidade (SE).



**Figura 13** – Gráfico dos corredores de ventilação por direção do vento.

Destacam-se, ainda, como áreas com boas condições para corredores de ventilação, os espaços intersectados pelos ventos na direção N – S e E – O. Estes últimos apresentam como característica principal as áreas ocupadas pelo Rio Tietê e, parcialmente também, parte do Rio Pinheiros (parte sul). Apesar dos ventos de E - O corresponderem a menos de 11% dos ventos, o bom potencial de ventilação nesses espaços pode ajudar na dispersão de poluentes concentrados ao longo das principais vias. Representa, também, uma oportunidade de conectar a circulação entre o vento das áreas mais frescas para o centro.

## CONCLUSÕES

A caracterização morfológica para fins climáticos da “Trilha Norte-Sul”, com base nos elementos presentes no sistema de espaços urbanos, possibilitou a análise e distribuição espacial dos índices de rugosidade aerodinâmica ( $z_0$ ), Fator H/W e porosidade urbana. Estes indicadores foram fundamentais para a delimitação de possíveis corredores de ventilação na área de estudo.

A manutenção de corredores de ventilação em áreas urbanas desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da circulação do ar, com reflexos na distribuição espacial e intensidade da ICU, além de atuar na dispersão da poluição do ar na parte interna da cidade.

É possível estabelecer, com base nos resultados apresentados, as áreas em que o planejamento urbano deve considerar manter baixo os níveis de rugosidade do tecido urbano. Estes níveis podem ser mantidos, no sistema de espaços edificados, tendo como base a inserção da cobertura vegetal ao longo de corredores de ventilação que estão orientados na direção do vento dominante em São Paulo. Estas medidas poderiam maximizar os reconhecidos benefícios da vegetação em ambiente urbano e, também, permitir a maior eficiência da atuação do vento, dois elementos fundamentais na dispersão de calor e no conforto bioclimático.

Observou-se que o comportamento da morfologia urbana em relação à direção dos ventos predominantes (SE e S), apresenta reflexos no campo térmico urbano da área de estudo. As possíveis regiões a serem mais afetadas pelo sobreaquecimento das superfícies, considerando a análise das propriedades aerodinâmicas, apontam para as subprefeituras (Bela Vista, Consolação, Jardim Paulista, Sé e República), pois estas não apresentam critérios morfológicos para a caracterização de possíveis corredores de ventilação.

No entanto, os resultados da caracterização morfológica devem ser analisados com cautela, considerando a complexidade das diferentes áreas que a “Trilha Norte-Sul” atravessa no tecido urbano da cidade de São Paulo e a complexidade da análise do vento em ambientes urbanos. Cada sistema de espaço urbano apresenta resposta diferente na capacidade de atuar como barreira à progressão do vento.

Estudos futuros para o modelo apresentado podem incluir a análise dos tipos de superfície, uma vez que, os ventos que atravessam superfícies cobertas por vegetação

arbórea com elevada porosidade, têm uma capacidade de arrefecimento superior à aqueles que atravessam superfícies impermeáveis.

Simulações computacionais para verificação dos efeitos na velocidade e direção do vento, a partir de agora, poderiam ser desenvolvidas tendo como base a cartografia de rugosidade aerodinâmica apresentada e o modelo de topografia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCOFORADO, M. J.; ANDRADE, H., LOPES, A.; VASCONCELOS, J.; VIEIRA, R. **Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa.** Área de Investigação de Geo-Ecologia, Relatório n.º 4, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 81 p, 2005.

ANDRADE, H. **O clima urbano – natureza, escalas de análise e aplicabilidade.** Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia, Lisboa. XL (80): p. 67-91, 2005.

BENEDICT, Marc A.; MCMAHON, Edward T. **Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities,** Washington, Island Press, 2006.

CAVALHEIRO, F.; DEL PICCHIA, P. C. D. Áreas Verdes: conceitos, objetos e diretrizes para o planejamento. Vitória/ES, **Anais I e II...** Congresso Brasileiro Sobre Arborização Urbana. p. 29-35, 1992.

CORREIA, E.; LOPES, A.; MARQUES, D. An automatic GIS procedure to calculate urban densities to use in Urban Climatic Maps. In: **9th International Conference on Urban Climate 12th Symposium on the Urban Environment,** Toulouse – France, 2015.

DAVENPORT, A. G.; GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R.; WIERINGA, J. Estimating the roughness of cities and sheltered country. In: **Proceedings of the 12th conference on applied climatology.** Boston: American Meteorological Society. p. 96-9, 2000.

FARIA, J. R. G. Caracterização do vento na camada intra-urbana da cidade de Bauru-SP. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia,** Rio de Janeiro. SBMet. p. 3967–3976, 2000.

FARIÑA, T. J. **La ciudad y el medio natural.** Madrid: Akal, 1998.

FRANCO, M. A. R. **Infraestrutura Verde em São Paulo: o caso do Corredor Verde Ibirapuera-Villa Lobos**. Revista LabVerde, Departamento de Projeto – FAUUSP, n.1, 2010, <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p135-154>.

GÁL, T.; UNGER, J. Detection of ventilation paths using high-resolution roughness parameter mapping in a large urban area. **Building and Environment**. p.198-206, 2009.

GRIMMOND, C.; OKE, T. R. Heat storage in urban areas, local-scale observations and evaluation of a simple model. **Applied Meteorology**. v. 38, p. 922-940, 1999.

GROMKE, C. RUCK, B. Pollutant concentrations in street canyons of different aspect ratio with avenues of trees for various wind directions. **Bound. Layer Meteorol.** 144, p. 41-64, 2012.

LOMBARDO, M. A.; SILVA FILHO, D.; FRUEHAUF, A. L.; PAVAN, D. C. O Uso de Geotecnologias na Análise da Ilha de Calor, Índice de Vegetação e Uso da Terra. **Revista Geonorte**. v.1, p. 520-529, 2012.

LOPES, A. **Modificações no Clima de Lisboa como consequência do crescimento urbano, vento, ilha de Calor de superfície e balanço energético**. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física. Lisboa. 375p, 2003.

LOPES, A. Sobreaquecimento das cidades. Causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa. **Territorium**. p.15: 39-52, 2009.

LOPES, A.; LOPES, S.; MATZARAKIS, A.; ALCOFORADO, M. J. The influence of the summer sea breeze on thermal comfort in Funchal (Madeira). A contribution to tourism and urban planning. **Meteorologische Zeitschrift**. p. 553-564, 2011.

MARTINS, T. A. de L.; BONHOMME, M.; ADOLPHE, L. Análise do impacto da morfologia urbana na demanda estimada de energia das edificações: um estudo de caso na cidade de Maceió, AL. **Ambiente Construído**, Porto Alegre. v. 13, n. 4, p. 213-233, 2013.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H. **Mapping of urban air paths for planning in Munchen**. Wiss Ber Inst. Meteorol. Klimaforsch. Univ. Karlsruhe. p. 16, 13-22, 1992.

NG, W. Y.; CHAU, C. K. **Evaluating the role of vegetation on the ventilation performance in isolated deep street canyons.** *Int. J. Environ. Pollut.* p. 50, 98-110, 2012.

OKE, T. R. **Boundary layer climates.** Routledge, London. 1987.

OKE, T. R. The urban energy balance. **Progress in Physical Geography.** p. 471-508, 1988.

OKE, T. R. The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects. **Wind Climate in Cities.** p. 81-107, 1995.

PARLOW, E. **Net radiation of urban areas. Future trends in remote sensing.** MCR Lab. Balkema Roterdã. p. 221-226, 1998.

PRATA SHIMOMURA, A. R.; FROTA, BARROS, A.; CELANI, G. Modelos Físicos na Análise de Ventilação Urbana: o uso de Túnel de Vento. Fórum Patrimônio : **Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável** (UFMG. Online), v. 3, p. 2, 2009.

PRATA SHIMOMURA, A. R.; LOPES, A. S. ; CORREIA, E. . Urban Climatic Map Studies in Brazil: Campinas. In: Edward Ng; Chao Ren. (Org.). **The Urban Climatic Map: A Methodology for Sustainable Urban Planning.** New York, NY: Taylor & Francis Group. v.1, p. 1-528, 2015.

RATTI, C.; DI SABATINO, S.; BITTER, R. Urban texture analysis with image processing techniques: wind and dispersion. **Theor. and Appl. Climatol.** p. 84, 77-99, 2006.

SALAT, S. **Les et les formes. Sur L'urbanisme durable.** 1. ed. Paris: CSTB, v. 1, 2011.

SÃO PAULO (Município), Secretaria Municipal de Planejamento Urbano /Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente. Atlas. MDC - **Mapa Digital da Cidade de São Paulo.** Disponível em: <<http://downloadfolhasscm.prefeitura.sp.gov.br>>. Acesso em 10, dez. 2016.

SÃO PAULO (Município), Secretaria Municipal de Planejamento Urbano /Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente. **Atlas Ambiental do Município de São Paulo.** São Paulo, 2002.

SCHERER, D.; FEHRENBACH, K.; BEHA, H. D.; PARLOW, E. Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning processes. **Atmospheric Environment**, p. 33: 4185-4193, 1999.

TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T.R. (Org.). **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática**. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 199p, 2001.

VOS, P. E.; MAIHEU, B.; VANKERKOM, J.; JANSSEN, S. Improving local air quality in cities: to tree or not to tree? **Environ. Pollut.** p. 183, 113-122, 2013.

WONG, M. S.; NICHOL, J. E.; TO, P.H.; WANG, J. A simple method for designation of urban ventilation corridors and its application to urban heat island analysis. **Building and Environment**. p. 45(8), 1880–1889, 2010. doi:10.1016/j.buildenv.2010.02.019.

## ARTIGO Nº02

### **O POTENCIAL DAS AVENIDAS DE FUNDO DE VALE PARA RECEBER A INFRAESTRUTURA VERDE-AZUL**

### *THE POTENTIAL OF AVENUES OF VALLEY FLOOR TO RECEIVE BLUE-GREEN INFRASTRUCTURE*

TAÍCIA HELENA NEGRIN MARQUES

## **O POTENCIAL DAS AVENIDAS DE FUNDO DE VALE PARA RECEBER A INFRAESTRUTURA VERDE-AZUL**

### *THE POTENTIAL OF AVENUES OF VALLEY FLOOR TO RECEIVE BLUE-GREEN INFRASTRUCTURE*

**TAÍCIA HELENA NEGRIN MARQUES**

Arquiteta e Urbanista pela PUC-Campinas, Msc Arquitetura da Paisagem e Planejamento pela Universidade de Wageningen – Holanda, Doutoranda pela FAU-USP, Departamento Paisagem e Ambiente  
e-mail: marques.taicia@usp.br

### **RESUMO**

Muitas das avenidas de São Paulo foram instaladas em áreas de fundo de vale. Frente aos atuais desafios ambientais, essas áreas surgem como potenciais para receber Infraestruturas Verde- Azuis, capazes de fornecer diversos serviços ecossistêmicos à cidade. O presente artigo apresenta os resultados de análises geoespaciais das bases de dados fornecidas pelo município de São Paulo (Geosampa), quanto à proporção de rios e córregos canalizados e vias em áreas de várzea na cidade. Além disso, apresenta o método multicriterial que vem sendo construído para a análise das avenidas em fundo de vale compreendidas no Transecto de Estudo delimitado pelo projeto aprovado pela Fapesp: “Infraestrutura Verde para a Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas da cidade de São Paulo” (FRANCO, M.A.R., 2015), quanto ao seu potencial para receber as intervenções de Infraestrutura Verde- Azul. O estudo apresentando faz parte das primeiras análises elaboradas para o desenvolvimento da tese doutoral da autora (em andamento).

**Palavras-chave:** Infraestrutura Verde-Azul; Infraestrutura Verde; Paisagem como Infraestrutura; Avenidas em fundo de vale; Cidade como Ecossistema

## ABSTRACT

*Many avenues in São Paulo City have been built in areas of valley floors. Confronted with the current environmental challenges, those areas present a potential to receive Green-Blue infrastructures, able to provide several ecosystem services to the city. This article presents the results of geospatial analysis of the databases provided by the city authorities (Geosampa), regarding the proportion of channelled rivers and streams as well as roads in floodplain areas inside the city. In addition, it presents the multicriteria method which is being constructed to analyze the valley floor avenues considered in the Study Transect delimited by the project approved by FAPESP: “Green Infrastructure for Urban Resilience to Climate Change in the City of São Paulo” (FRANCO, MAR, 2015), regarding its potential to receive the interventions of Green-Blue Infrastructure. This study is part of the preliminary analysis elaborated for the development of the doctoral thesis of the author (in progress).*

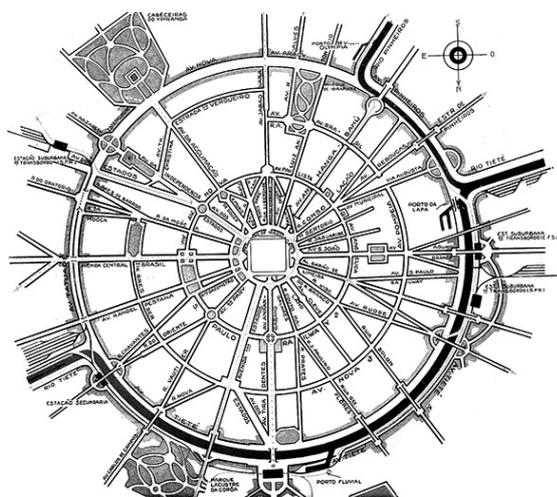
**Keywords:** *Green-Blue Infrastructure; Green Infrastructure; Landscape as Infrastructure; Valley Floor Avenues; City as Ecosystem*

## INTRODUÇÃO

São Paulo acompanhou um crescimento urbano desordenado e rápido durante o século XX, com um fluxo migratório intenso devido à expansão da industrialização no país (BRITO, F.e SOUZA, J. 2005, p. 49). A instalação de infraestruturas capazes de suprir as necessidades das milhares de pessoas que chegavam a este centro urbano levou à redução drástica de suas áreas verdes, à canalização e enterramento de muitos de seus rios e córregos, distanciando a população dos cursos d’água e promovendo a ocupação extensiva das várzeas. De forma geral, as infraestruturas foram pensadas como sistemas centralizados, rígidos e monofuncionais destinados a fornecer um único serviço (FARR, 2008). Tampouco foram considerados o funcionamento e as dinâmicas dos sistemas ambientais intrínsecos às paisagens existentes e o sistema de áreas verdes e hídrico natural foi desconfigurado (HERZOG, C.P. e ROSA, L. Z., 2010).

Impulsionados por planos urbanos sanitaristas e hidráulicos, as várzeas, responsáveis pela retenção e condução lenta das águas de chuva, receberam tubulações subterrâneas com o objetivo de coletar e afastar o mais rápido possível as águas pluviais e residuais e

assim, minimizar os riscos de alagamentos e doenças. A urbanização das várzeas também foi fortemente influenciada pelo Plano de Avenidas, publicado em 1930<sup>1</sup>. Tendo no transporte automobilístico o suporte de desenvolvimento da cidade, o plano propunha uma rede de avenidas, como pode ser visto na Figura 01, disposta de forma radial e perimetral, muitas delas instaladas nas áreas mais planas das várzeas dos rios meandrosos da cidade (Figura 02), como as avenidas marginais dos rios Tietê e Pinheiros, reforçando assim a prática de canalização e urbanização de fundos de vale (TRAVASSOS,L. 2010, p. 22-23).



**Figura 01** – “Esquema Teórico para São Paulo no Plano de Avenidas” de Prestes Maia e Ulhôa Cintra — 1930. Fonte: TOLEDO, B. L (1996).



**Figura 02** – Mapa de 1930, com os rios Tietê e Pinheiros ainda meandrosos. Fonte: SARA Brasil (1930)

Como suporte ao crescimento urbano contínuo de São Paulo, as avenidas radiais foram desenhadas de forma a conectar as zonas centrais àquelas periféricas, onde ainda persistem as duas principais unidades de conservação de São Paulo, da Serra da Cantareira, a norte, e da Serra do Mar, a sul. Durante as décadas seguintes a 1930 outros planos e programas, como por exemplo o Procav<sup>2</sup> (1987), reforçaram a ocupação das várzeas por vias e canalizações. Atualmente, mesmo com propostas e planos de abrangência regional e municipal que questionam a canalização de córregos, o *modus operandi* da década de 1930 ainda predomina ao longo de grande parte dos fundos de vale da cidade (TRAVASSOS,L. 2010, p. 23).

<sup>1</sup> “Plano de Avenidas para a Cidade de São Paulo” Elaborado pelo engenheiro Francisco Prestes Maia e publicado em 1930.

<sup>2</sup> Procav – Programa de Canalização e Implantação de vias de fundo de vale (1987)

Como resultado desse processo as ameaças ambientais, tanto nas unidades de conservação, devido ao espraiamento urbano, quanto nas áreas mais consolidadas, devido à falta de áreas verdes e azuis permeáveis ao tecido urbano, passaram a ser cada vez mais visíveis e afetar diretamente a qualidade de vida das pessoas. A poluição intensiva das águas, por cargas difusas<sup>3</sup> e pontuais<sup>4</sup>, reflete essa ameaça e resulta na busca desse recurso com qualidade potável em lugares cada vez mais distantes.

Impactadas tanto pelo uso do solo quanto por fenômenos globais, as próprias infraestruturas vem se tornando ineficientes e obsoletas. Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change as mudanças climáticas esperadas irão resultar na falência das infraestruturas tradicionais (IPCC, 2014). Quando estas mudanças irão ocorrer é difícil dizer, porém seus efeitos já começam a ser sentidos, por exemplo a partir principalmente do segundo semestre de 2012, quando a cidade de São Paulo passou a enfrentar o paradoxo de ter bons índices de chuva local, contar com uma vasta rede de rios e córregos, porém, devido à estiagem na área das principais represas de abastecimento, enfrentar sua pior crise hídrica, trazendo graves consequências sociais, econômicas e políticas para a maior economia do país.

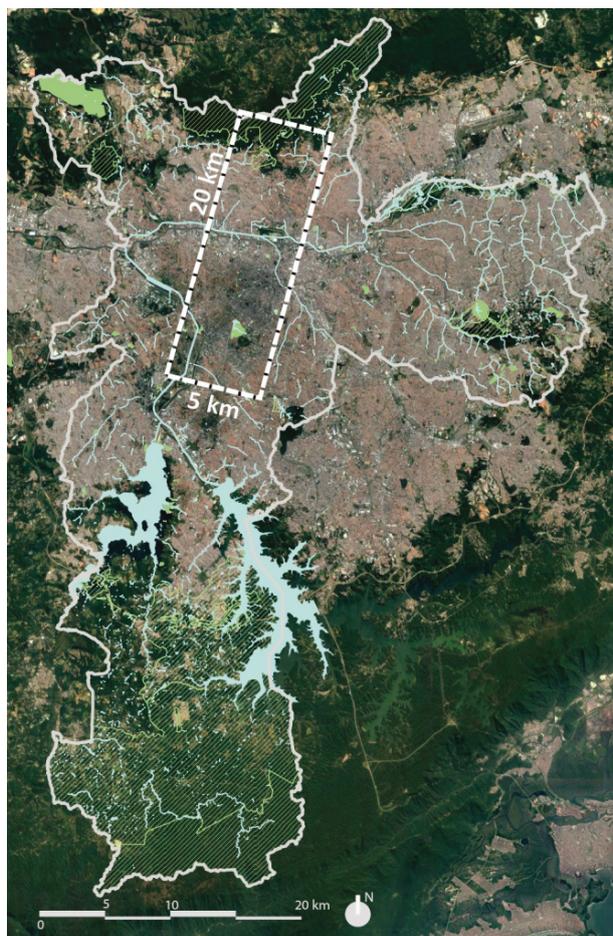
Surge aí a necessidade, e ao mesmo tempo a oportunidade, de se repensar São Paulo a partir de suas infraestruturas. Não mais deterministas, mas flexíveis, que possam se adaptar a fenômenos climáticos cada vez mais difíceis de prever e posicionar a problemática das águas não apenas como uma questão hidráulica, mas sim urbana e de paisagem.

Neste sentido, o presente artigo apresentará o resultado de análises iniciais feitas por geoprocessamento a partir das bases de dados fornecidas pela Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP), via Geosampa, tanto para a escala da cidade, quanto para a área delimitada pelo transecto de estudo referente ao projeto aprovado pela Fapesp:

---

<sup>3</sup> “A poluição por cargas difusas se origina (...) com o arraste dos poluentes pelas precipitações e posterior transporte pelo escoamento superficial e, por esta razão, é um fenômeno de natureza aleatória(...) Os problemas decorrentes da poluição difusa são de natureza qualitativa e quantitativa. (PMSP, 1999, p. 269)

<sup>4</sup> “(...)decorrentes de lançamentos de esgotos domésticos não tratados e efluentes industriais”. (PMSP, 1999, p. 264)



“Infraestrutura Verde para a Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas da cidade de São Paulo” (FRANCO, M.A.R., 2015)<sup>5</sup>. O objetivo destas análises foi dar início à elaboração de uma ferramenta capaz de auxiliar a tomada de decisão quanto à identificação de avenidas de fundo de vale com maior ou menor potencial para receber Infraestruturas Verde- Azuis. Os critérios utilizados relacionam a condição física dos córregos e a conexão direta ou indireta das avenidas com áreas verdes do tipo parque. O presente artigo faz parte das primeiras análises efetuadas pela autora, relacionadas ao desenvolvimento de sua tese doutoral.

**Figura 03** – Localização área do Transecto de Estudo. Elaboração: autora

## PAISAGEM COMO INFRAESTRUTURA VERDE-AZUL

Podemos resgatar abordagens ecológicas propostas no século XIX por Frederick Law Olmsted, a partir da criação de sistemas de parques urbanos que cumpriam funções ambientais, infraestruturais, e socio-culturais. Ian McHarg nos anos 60, (MCHARG, I. 1969) reforça esses ideais e, diante de cidades norte americanas cada vez mais consolidadas, propõe a utilização de sistemas naturais como estratégia de desenho e planejamento regional. Somados a estes conceitos, a utilização de definições biológicas como metabolismo e ecossistema, passaram a dar o apoio necessário para que

<sup>5</sup> “Como resultados, esta pesquisa produzirá métodos e procedimentos de planejamento ambiental e projeto sustentável, na escolha e implementação de áreas estratégicas, para uma rede de infraestrutura verde eficiente para a ‘cidade resiliente’”. Coordenado pela Profa. Dra. Maria de Assunção Ribeiro Franco (FRANCO, M. A. R., 2015)

a cidade contemporânea pudesse ser tratada como parte integral do meio ambiente (FRANCO, M.A.R., 2003). Esse processo corroborou para a ampliação da disciplina de Arquitetura da Paisagem e a deixaram cada vez mais multidisciplinar.

A cidade vista como um ecossistema dinâmico e complexo (TJALLINGII, S. P., 1993 apud NEWMAN, P.W.G., 1999), se interconecta com outros ecossistemas e assim como tal, possui um metabolismo, ou seja, recebe entradas (*inputs*) de materiais, água e energia e produz resíduos (*outputs*). A grande diferença é que a cidade moderna vinha tratando o seu metabolismo de forma linear, ou seja, todos os recursos que entravam em seu meio eram consumidos uma única vez e então descartados enquanto no meio natural, o descarte de um produto (*output*) por um organismo é utilizado como alimento (*input*) por outro, formando uma cadeia complexa de benefícios múltiplos e ciclos fechados de nutrientes (TJALLINGII, S. P., 1993 apud NEWMAN, P.W.G., 1999).

Charles Waldheim analisa conjuntamente os aspectos da paisagem, ecologia e urbanismo contemporâneo e propõe um manifesto onde apresenta o conceito Paisagismo Urbanístico (*Landscape Urbanism*), afirmando que: “a Arquitetura da Paisagem vem se tornando uma lente através da qual a cidade contemporânea é representada e um meio pelo qual é construída” (WALDHEIM, C., 2006, p. 15). O arquiteto paisagista Jussuck Koh, incrementa esse posicionamento alegando que o paradigma infraestrutural seja quebrado pela aplicação de Infraestruturas Ecológicas, e reforça o objetivo de buscar um planejamento sustentável, multiescalar e evolutivo que não considera as cidades como entidades isoladas ou segregadas da natureza, mas sim como entidade única, como um único ecossistema (KOH, 2011). A Infraestrutura Ecológica seria capaz de conectar áreas naturais isoladas através de uma paisagem metropolitana cada vez mais fragmentada (AHERN, 1995).

Somando e discutindo o Paisagismo Urbanístico e as Infraestruturas Ecológicas, Bélanger (2013) defende voltarmos a pensar a Paisagem como Infraestrutura (*Landscape Infrastructure*) como estratégia do urbanismo superar os métodos de engenharia civil que dominaram o desenho desses sistemas de forma centralizada, monofuncional e não resiliente.

Nos contextos urbanos consolidados como o da cidade de São Paulo, esses conceitos são atrelados aos novos desafios das redes e sistemas, onde a própria infraestrutura surge como uma estratégia de transição de um sistema rígido, monofuncional e centralizado para um sistema complexo, multifuncional e flexível, capaz de se adap-

tar a cenários futuros difíceis de prever. Essa infraestrutura, retoma os conceitos de Olmsted e das Infraestruturas Ecológicas e relaciona meio urbano e não urbanizado. Ao assumir uma postura mais integrada à paisagem e ao ambiente e, portanto, mais “verde” permeia o tecido urbano e cria um mosaico de áreas verdes que impacta o uso e a ocupação do solo ao longo do tempo (AHERN, J. 2007).

Oferecendo serviços ecossistêmicos, essa rede verde pode por exemplo, beneficiar o ciclo da água urbana, melhorar o microclima e o metabolismo das cidades, beneficiando a vida das pessoas, enriquecendo a fauna e a flora e reconectando ecossistemas. Esses preceitos formam a base da Infraestrutura Verde (IV), uma ferramenta que vem ganhando espaço dentre os arquitetos de paisagem, planejadores e disciplinas afins, preocupados tanto com suas aplicações mais conservacionistas, como aquelas propostas por BENEDICT e MCMAHON (2006), quanto àquelas mais focadas em suas possibilidades nas áreas urbanas, defendidas por exemplo por CORMIER e PELLEGRINO (2008), a partir das possibilidades para o manejo das águas pluviais, atralendendo as funções “verdes” àquelas “azuis” da infraestrutura.

A utilização de técnicas que retomem os processos naturais de manejo local das águas de chuva vem sendo aplicada e desenvolvida em vários países, tais como *Low Impact Development* – LID (EUA), *Sustainable Urban Drainage Systems*- SUDS (Reino Unido), *Water Sensitive Urban Design* – WSUD (Austrália e Reino Unido), *Best Management Practices* BMPs (EUA), *Low Impact Development*- LID (EUA), *Sustainable Urban Drainage Systems*- SUDS (Reino Unido), *Water Sensitive Urban Design* - WSUD (Austrália e Reino Unido), *Best Management Practices* BMPs (EUA). Há também exemplos focados na recuperação ambiental e urbana de várzeas, originalmente ocupadas por vias, tais como: *Madrid Rio* (West 8, Madri, Espanha); *Mill River Park* (OLIN, Stamford, EUA); *ISAR-Plan* (*State Office of Water Management Munich*, Munique, Alemanha), dentre outros.

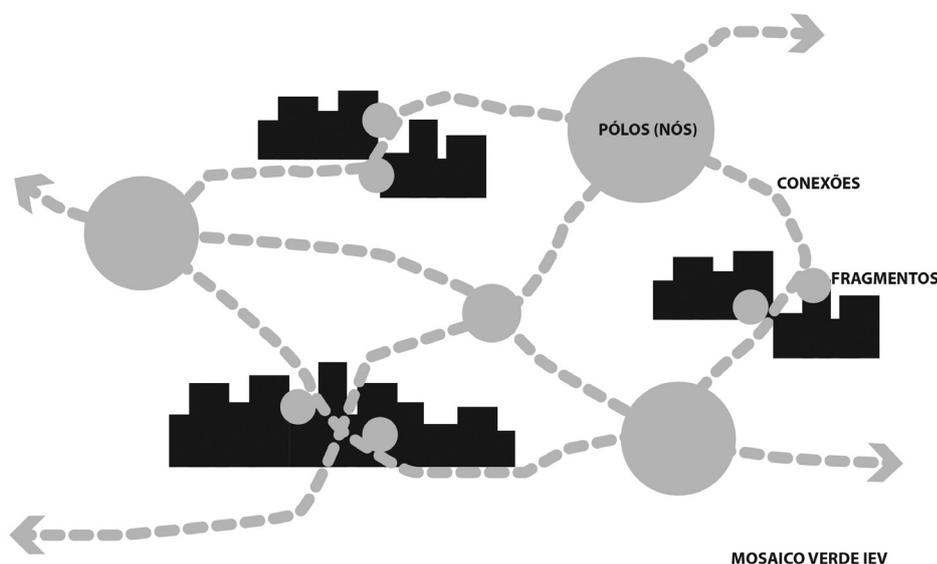
A partir do entendimento dos desafios infraestruturais urbanos e das possibilidades de retomarmos qualidades ambientais perdidas durante o processo de urbanização, o presente estudo utilizará métodos para identificar avenidas em fundo de vale com potencial para receber Infraestruturas Verde-Azul. Futuramente, cada uma das avenidas com maior potencial poderá ser analisada por critérios específicos a fim de serem consideradas particularidades econômicas, sociais, culturais e do próprio uso e ocupação do solo a partir tanto do recorte geográfico das bacias hidrográficas às quais pertencem quanto dos limites geopolíticos municipais do bairro, distrito e sub- prefeitura. Os critérios utilizados neste estudo inicial são apresentados em seguida.

## MÉTODOS

A partir de manipulações por geoprocessamento, primeiramente foram feitas análises territoriais na escala da cidade de São Paulo quanto à localização dos córregos, abertos ou não, do sistema viário e avenidas instaladas em áreas de fundo de vale, além da localização das áreas verdes representadas pelos parques municipais e estaduais, Unidades de Conservação (UC) e de áreas demarcadas pela Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA) como área de reservas da Mata Atlântica.

O segundo passo foi adaptar a metodologia proposta por BENEDICT e MCMAHON (2006) quanto à identificação *hubs*, *sites* e *links* na área de transecto. De acordo com os autores, *hubs* são áreas verdes capazes de ancorar uma rede de Infraestrutura Verde, promovendo fluxos ecossistêmicos, espaço para a vida selvagem de animais e desenvolvimento da flora e atraindo também atividades de lazer. *Sites* são áreas verdes menores que os *hubs* e podem não ser integradas a estes, porém ainda são capazes de promover serviços ecossistêmicos e de valor social. *Links* são as estruturas que garantem a unidade do sistema, pois são essenciais para manter ativos os processos ecológicos entre os *hubs*.

Esse método, focado inicialmente numa análise conservacionista espacial na escala de regiões, foi adaptado para ser aplicado na área urbana do estudo. Assim, *hubs* foram denominados pólos, *sites* são chamados de fragmentos e *links* representam as conexões, (Figura 4).



**Figura 04** – Esquema adaptado “Mosaico Verde”- Pólo, Fragmento, Conexão.  
Fonte: Marques, T. (2017, p. 228)

A conectividade, seja física, de processos ou fluxos, é enfatizada por diversos autores focados tanto no desenvolvimento da Infraestrutura Verde, conceitualmente ou como ferramenta de transição (BENEDICT e MCMAHON, 2006; CORMIER e PELLEGRINO, 2008; AHERN, 1995), como por autores que defendem a abordagem de cidade como ecossistema (KOH, 201; TJALLINGII, S. P., 1993 apud NEWMAN, P.W.G., 1999) ou como parte integral do meio ambiente (FRANCO, M.A.R., 2003). Sendo assim, o método mantém o critério de conectividade como o objetivo de maior relevância.

Quando abordamos a conectividade em uma área extremamente degradada e manipulada ambientalmente como a cidade de São Paulo, este critério passa a ter um caráter investigativo na tentativa de encontrar espaços abertos que potencialmente possam ser convertidos ou receber elementos capazes de retomar alguns dos serviços ecossistêmicos suprimidos pelas atividades urbanas ao serem conectados em rede. Por seu caráter linear e sua localização topográfica, as avenidas em fundo de vale, representam uma tipologia de espaço aberto potencial para reconectar fragmentos verdes que, no caso da cidade de São Paulo, muitas vezes assumem um caráter de quase oásis, ou ilhas verdes em áreas densamente ocupadas por construções e infraestruturas (de mobilidade principalmente).

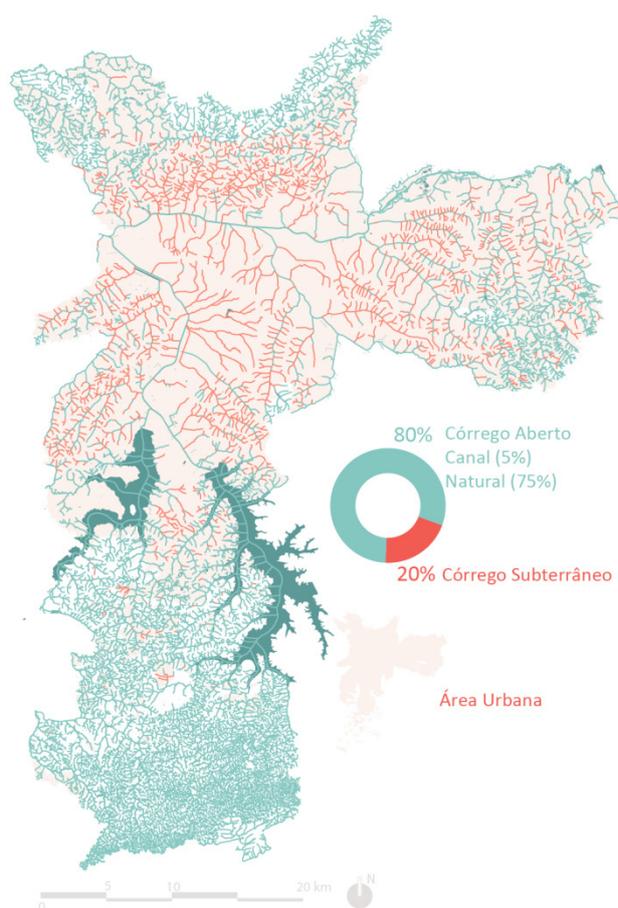
Seguindo a identificação de Pólos, Fragmentos e Conexões, foram aplicados critérios quanto à condição física dos córregos em relação às avenidas de fundo de vale e o número de possíveis conexões, diretas ou indiretas, que estas estruturas tem às áreas verdes mais expressivas (parques). O objetivo metodológico foi construir uma base de critérios iniciais que auxilie a tomada de decisão quanto à identificação de avenidas em fundo de vale com maior ou menor potencial para receber Infraestruturas Verde-Azul.

## **ANÁLISES PRELIMINARES: ESCALA SÃO PAULO**

A partir da análise das bases fornecidas pelo portal Geosampa, gerenciado pela Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP), foi possível relacionar os mapas de Drenagem (FCTH, 2015) com a delimitação das Macrozonas Urbana e Rural (SMUL, 2014). A partir desse cruzamento foi gerado o mapa disponível na Figura 05, onde é possível identificar que atualmente cerca de 20% dos córregos da cidade de São Paulo se encontram subterrâneos e aproximadamente 5% daqueles ainda abertos estão confinados em canais de concreto. Além disso, verifica-se que praticamente 100% dos córregos subterrâneos ou canalizados por estruturas de concreto, se encontram nas

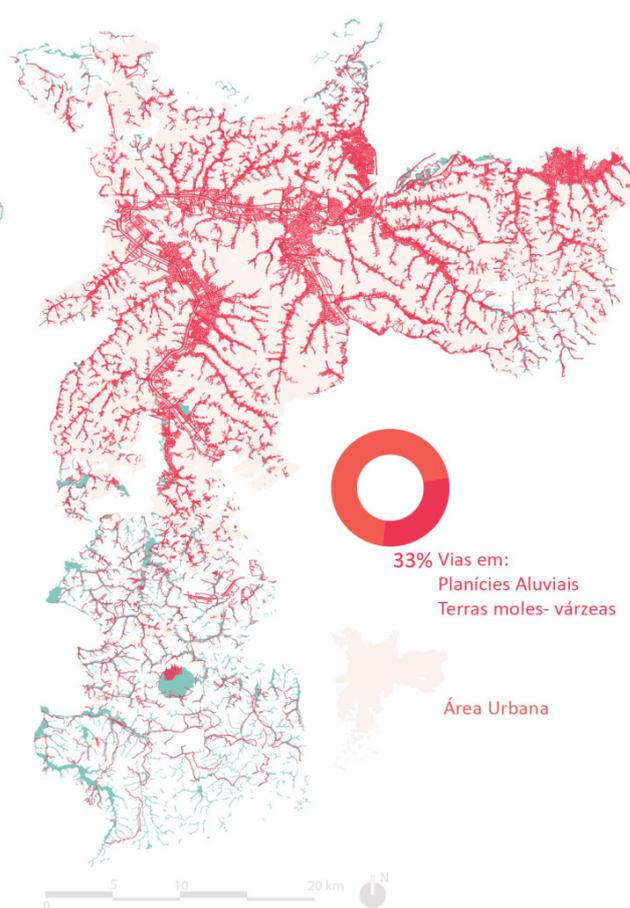
áreas urbanas do município, o que torna largas porções da cidade completamente áridas quanto à presença de água na superfície e também, muitas vezes áridas pela ausência das áreas verdes que originalmente acompanhavam a rede hídrica.

Secas e desmatadas pelas infraestruturas de drenagem e saneamento as planícies aluviais foram ocupadas por uma grande extensão viária como pode ser observado na Figura 06. As análises feitas a partir das informações contidas na Carta Geotécnica (IPT, 1993) e no mapa de Logradouros da cidade (SMUL/ DEINFO, 2014), indicam que cerca de 33% de todo o sistema viário de São Paulo se encontra atualmente instalado em áreas de várzeas e terras moles que acompanhavam os traçados originais de rios e córregos.



**Figura 05** – Mapa de Córregos Abertos e Subterrâneos nas Macrozonas Urbana e Rural.

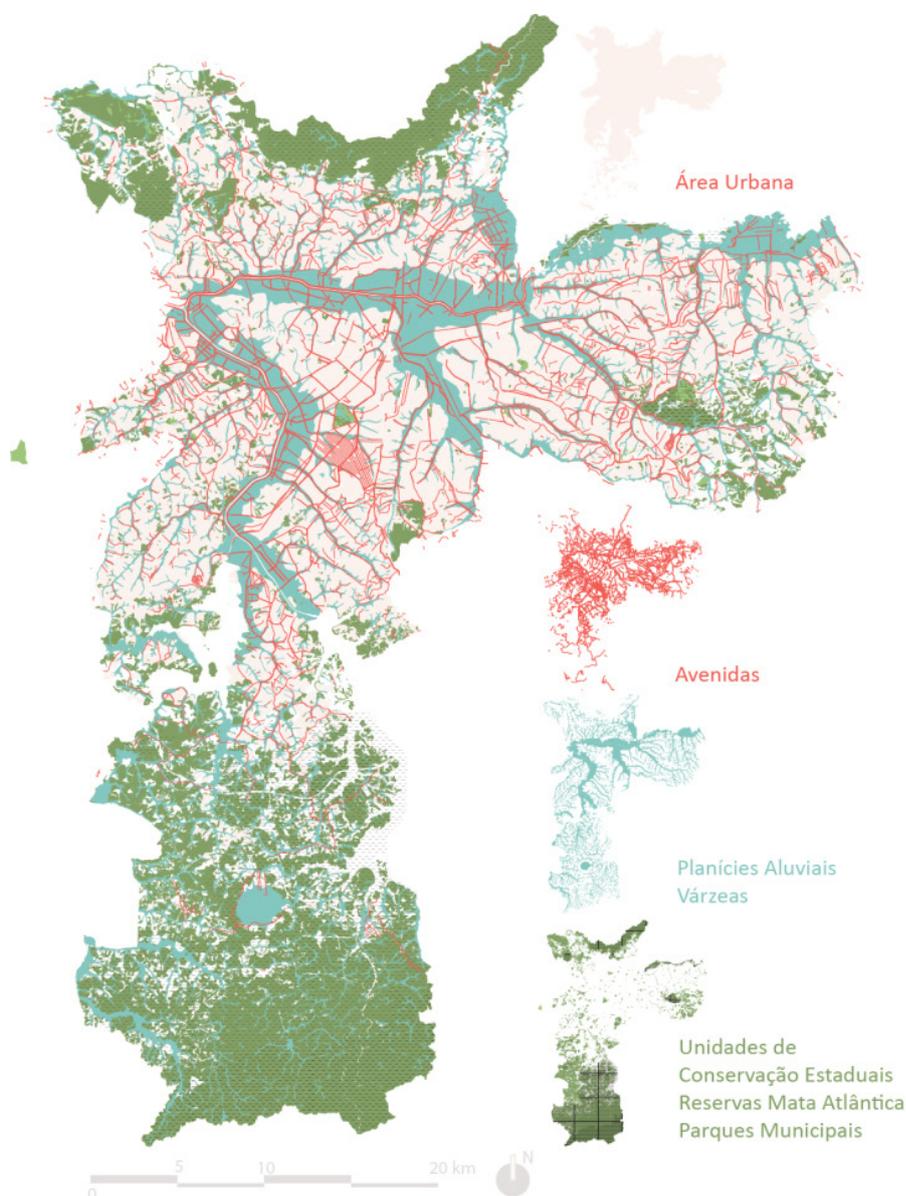
Elaboração: autora



**Figura 06** – Mapa de Logradouros em Fundo de Vale. Elaboração: autora

Na Figura 07 as bases de dados encontradas na Carta Geotécnica de São Paulo (1993), Logradouros, (2014) e Unidades de Conservação, Parques Municipais e Esta-

duais e Plano Municipal da Mata Atlântica (PMMA), (SVMA, 2016) foram manipuladas. Como resultado destacam-se as avenidas radiais e perimetrais. Pode-se observar que algumas seguem pelas várzeas em direção aos parques estaduais e unidades de conservação encontradas a norte (Serra da Cantareira) e a sul (Serra do Mar), onde também se encontram grande parte dos rios e córregos em estado natural. Como resultado desse processo de espraiamento urbano em direção às importantes áreas verdes e azuis de São Paulo, as ameaças ambientais nessas áreas vêm se tornando cada vez mais intensas. Ao mesmo tempo, a falta de áreas verdes e azuis nas áreas mais consolidadas também afetam diretamente a qualidade ambiental da cidade.



**Figura 07** – Mapa de Avenidas, Planícies Aluviais e Parques e Unidades de Conservação. Elaboração: autora

Aplicando-se o método “Pólos-Fragmentos- Conexões”, pode-se classificar os grandes parques, como o da Cantareira, e as áreas de conservação a norte e a sul, como pólos, onde seria possível ancorar uma rede verde multifuncional tanto de escala regional quanto municipal. Enquanto em escalas regionais a abordagem na escala da paisagem pode ter intensões focadas na conservação e conexão ecossistêmica dos pólos existentes, na escala do município o desafio será justamente a busca de caminhos que possam romper a impermeabilidade urbana e conectar os fragmentos isolados. Vale lembrar que uma vez que a conexão com as áreas de conservação é enfatizada, deve-se tomar um cuidado especial, pois espécies vegetais e animais indesejáveis poderão acessar essas áreas, causando danos ao ecossistema (BENEDICT e MCMAHON, 2006).

## **ANÁLISE DA ÁREA DE ESTUDO: TRANSECTO**

Transecto de Estudo está localizado majoritariamente sobre a zona urbana da cidade de São Paulo (ver Figura 08). Conta com grande parte dos córregos presentes aí em estado subterrâneo ou canalizado aberto além de um sistema viário denso nas áreas de várzea. Os parques municipais encontrados na área estão em sua maioria distribuídos pelo tecido urbano, enquanto os parques estaduais e a UC da Cantareira estão concentrados no extremo norte do transecto. Tais parques podem ser visualizados na Figura 09 em relação às vias localizadas em áreas de Planície Aluvial e Terras moles. Duas ligações entre as vias de várzeas e os parques chamam a atenção, uma delas parte do Parque Ibirapuera até o Parque do Povo, nas áreas marginais do rio Pinheiros, e a outra parte dos parques concentrados no extremo norte em direção à marginal do rio Tietê. O parque da Cantareira e a UC da Cantareira foram considerados como um único parque que poderá ser usado para a ancoragem de uma rede de Infraestrutura Verde regional ou municipal, ou seja, um pólo. Os demais parques, por estarem normalmente imersos ao tecido urbano, foram considerados fragmentos e as avenidas de fundo de vale como potenciais conexões entre essas áreas.

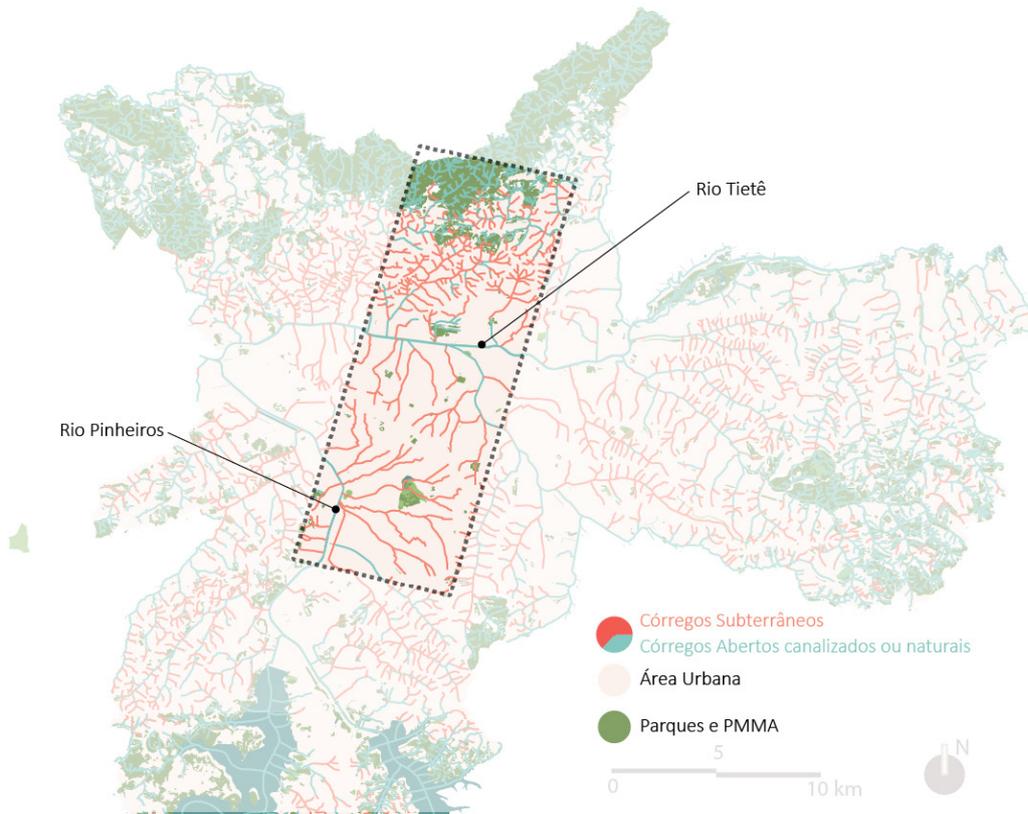


Figura 08 – Mapa de Drenagem no Transecto. Elaboração: autora

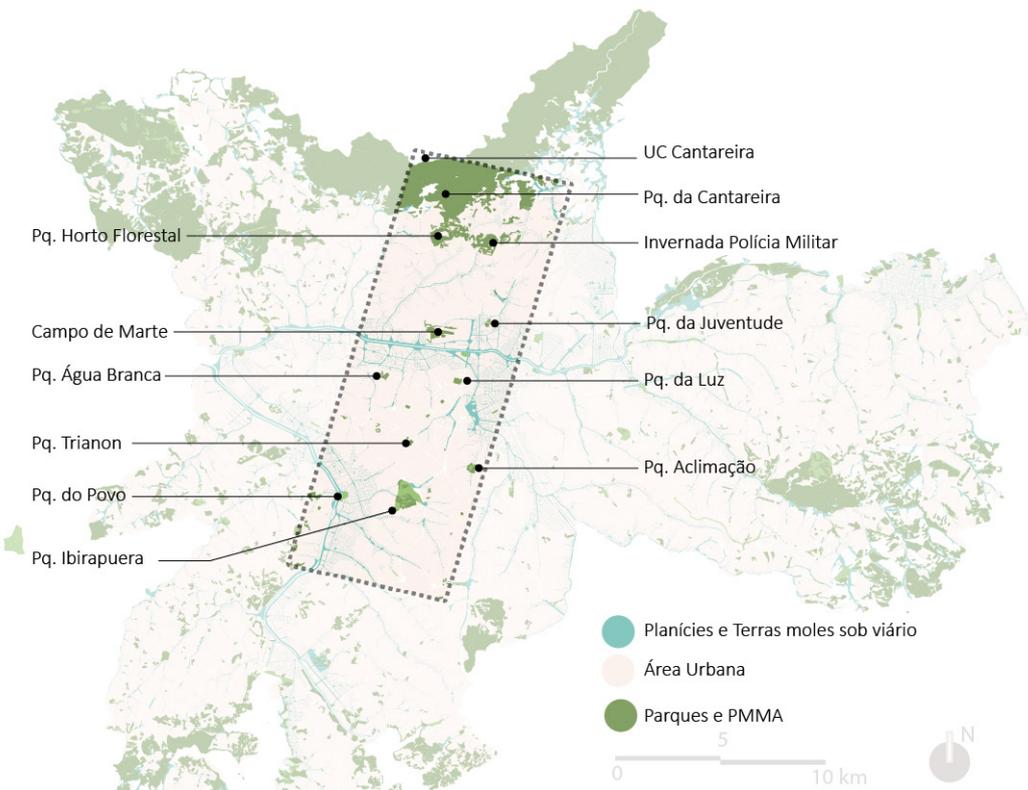


Figura 09 – Mapa de grandes áreas verdes e Viário sobre várzeas. Elaboração: autora

Ao resultado dessas análises, foi adicionada mais uma camada, com a identificação dos logradouros, o que permitiu listar 14 avenidas em fundo de vale presentes no Transecto. Na Tabela 01, essas vias são listadas, assim como são apresentadas suas relações com os seguintes critérios de análise: Situação do Córrego; Infraestruturas Sobrepostas; Conexão Pólo; Conexão Fragmento; Necessidade de Ancoragem. As “Infraestruturas Sobrepostas” são aquelas tais como, túneis e viadutos sobre a área de córrego e/ ou avenida que podem comprometer ou dificultar a conectividade da Infraestrutura Verde-Azul. O Critério “Necessidade de Ancoragem” baseou-se na ausência de pólo ou fragmento em um dos extremos ou em ponto específico da avenida.

Das 14 vias listadas inicialmente, apenas 01 possui potencial “muito bom”, 02 potencial “bom”, 04 “médio” e as demais “ruim” ou “muito ruim”. Para chegarmos a esta classificação foram sugeridos pesos de acordo com a importância de cada critério sendo, 2 a melhor e -1 a pior situação. As “Conexões” direta e indireta com pólos e diretas com fragmentos receberam peso 2, assim como a “Situação Córrego Aberto”. As “Conexões Indiretas” com os fragmentos e “Situações de Córrego semi-aberto” receberam peso 1 e as situações de “Córrego Subterrâneo” peso 0. As “Infraestruturas Sobrepostas” e “Necessidade de Ancoragem” foram consideradas com peso negativo, -1, impactando os outros dois critérios.

As categorias “Muito bom”, “Bom”, “Médio”, “Ruim” e “Muito Ruim”, foram definidas em 04 momentos:

1. À somatória dos pesos dados ao critério “Situação dos Córregos”, foram dadas a seguinte equivalência:

Muito Bom	não há no estudo de caso
Bom	2
Médio	1
Ruim	0
Muito Ruim	-1

A classificação “Muito Ruim”, poderia ser atingida caso o córrego estivesse subterrâneo e houvessem interferências de outras Infraestruturas de grande porte, como por exemplo, os túneis da avenida Juscelino Kubitschek.

2. À somatória dos pesos dados ao critério “Conexão Pólos” e “Conexão Fragmentos”, foram dadas as seguintes equivalências:

Muito Bom	4
Bom	2 ou 3
Médio	1
Ruim	0
Muito Ruim	< -1

A classificação “Muito Ruim” poderia ser atingida devido à existência de situações onde há “Necessidade de Ancoragem”, como por exemplo nas avenidas Pacaembú, Antártica e Jornalista Roberto Marinho.

3. Após equalizar os critérios “Situação do Córrego”, “Conexão Pólos” e “Conexão Fragmentos”, seguindo os indicadores descritos nos itens 1 e 2, foi elaborado uma base para a ponderação das classificações geradas anteriormente, conforme segue:

Muito Bom	4
Bom	2
Médio	1
Ruim	-0.5
Muito Ruim	-1

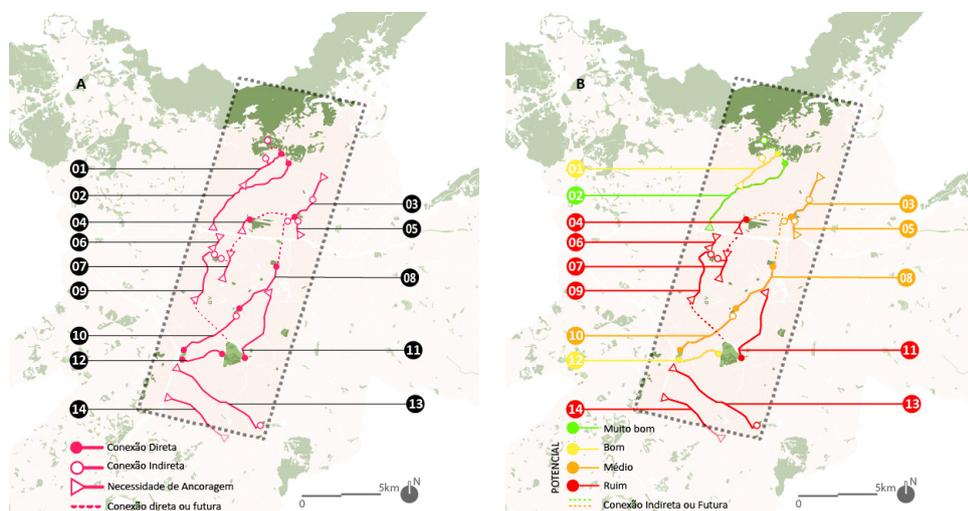
4. A partir da ponderação dos resultados foi possível gerar os indicadores de potencial:

Muito Bom	$\geq 4$
Bom	$\geq 3 < 4$
Médio	$\geq 1 < 3$
Ruim	$\geq -1 < 1$
Muito Ruim	$< -1$

O resultado da aplicação dessa metodologia pode ser visualizado na Tabela 01. Como apoio para a geração dessa tabela, foram utilizados os mapas dispostos na Figura 10, onde é possível visualizar espacialmente as condições das avenidas em relação às áreas verdes destacadas no transecto.

**Tabela 01 – Potencial Avenidas em Fundo de Vale**

No. REF MAPA	Nome Avenida	Situação Córrego			Infraestruturas Sobrepostas	Conexão Pólo		Conexão Fragmento		Necessidade Ancoragem	Potencial		
		0	1	2		-1	2	2	2			1	-1
		Subterrâneo	Semi Aberto	Aberto		Direta	Indireta	Direta	Indireta				
1	Direiros Humanos	x				0	1	1	1	1	bom		
2	Eng. Caetano Álvares		x			0	1	1	1	1	muito bom		
3	Pedro Leon Schneider/ Gen. Ataliba Leonel/ Luiz Dumont Villares	x				0	0	1	2	1	médio		
4	Bráz Leme	x				0	0	1	0	1	ruim		
5	Moysés Roysen			x		0	0	0	1	1	médio		
6	Antartica (Trecho até Ferrovia)	x				0	0	0	0	2	muito ruim		
7	Pacaembu (Trecho até Ferrovia)	x				0	0	0	0	2	muito ruim		
8	Nove de Julho (Trecho NORTE)/Tiradentes	x			**Túnel av. Paulista	0	0	1	1 <sup>*1</sup>	0	médio		
9	Sumaré	x				0	0	0	1	1	ruim		
10	Cidade Jardim/ Nove de Julho (Trecho SUL)	x			**Túnel av. Paulista	0	0	1	1 <sup>*1</sup>	0	médio		
11	23 de Maio (Trecho SUL)	x				0	0	1	0	1	ruim		
12	Juscelino Kubitchek/ Antonio Joaquim de Moura Andrade	x <sup>*2</sup>			**02 túneis	0	0	2	0		bom		
13	dos Bandeirantes	x				0	0	0	1	1	ruim		
14	Jornalista Roberto Marinho			x <sup>*3</sup>	**Monotrilho sobre área de córrego	0	0	0	0	2	ruim		



**Figura 10 –**  
**A - Avenidas Seleccionadas;**  
**B - Avenidas com Maior ou Menor Potencial.**  
 Elaboração: autora

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como resultado das análises descritas nesse estudo, foi possível identificar potenciais avenidas de fundo de vale que poderão ser convertidas em eixos de Infraestrutura Verde- Azul, capazes de demonstrar os conceitos defendidos por Waldheim, Koh, Bélanger e Ahern e testar as ferramentas para manejo das águas urbanas através de processos naturais. Os objetivos gerais atendidos pelo estudo foram definidos quanto às conexões físicas entre as áreas verdes existentes e as condições dos córregos nos fundos de vale analisados. A metodologia utilizada no estudo tem caráter exploratório, estando aberta para discussões acadêmicas.

O modelo apresentado foi utilizado como um primeiro filtro de critérios para tomada de decisão. Futuramente espera-se adicionar outros, itens considerando por exemplo, fatores abióticos, bióticos, culturais e temporais. Num segundo momento, uma leitura mais detalhada de cada área poderá ser feita caso a caso nas avenidas selecionadas incluindo também as necessidades da população local. Sugere-se que, uma vez focado o estudo, o contexto da bacia hidrográfica seja abordado, pois dessa forma será possível compreender as dinâmicas hidráulicas da área e como a paisagem poderá ser melhor desenhada para manejar as águas das chuvas em suas distintas intensidades, enquanto garante a multifuncionalidade dos eixos de Infraestrutura Verde- Azul, e do sistema criado a partir dessas conexões, evitando possíveis “Trade-offs” entre os serviços ecossistêmicos prestados (Ahern, 1995).

## REFERÊNCIAS

- AHERN, J. **Green Infrastructure for cities: The spatial dimension**. In: NOVOTNY, V; \_\_\_\_\_, **Greenways as a planning strategy**. Landscape and Urban Planning 33, p. 131-155. 1995.
- BROWN, P. (Orgs.). **Cities of the Future: Towards integrated sustainable water landscape management**. Londres: IWA Publishing, 2007.
- BÉLANGER, P. **Landscape Infrastructure, Urbanism beyond Engineering**. Wageningen University, Tese Doutoral, 2013.

BENEDICT, M. A. e MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities**. Island Press, Washington DC, 2006.

BRITO, F.e SOUZA, J. **Expansão Urbana Nas Grandes Metrópoles, o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza**. São Paulo em Perspectiva, v. 19, n. 4, p. 48-63, out./dez. São Paulo, 2005.

CORMIER, N. S. e PELLEGRINO, P.R.M. **Infra-Estrutura Verde: uma Estratégia Paisagística para a Água Urbana**. Paisagem e Ambiente n. 25, São Paulo, p. 127- 142, 2005.

FARR, D. **Sustainable Urbanism: Urban Design with Nature**. John Wiley & Sons, New Jersey, 2008.

FRANCO, M. A. R. **Desenho ambiental. Uma introdução à arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico**. São Paulo, Annablume, FAPESP, 2003.

\_\_\_\_\_, M. A. R. . **Infraestrutura Verde para a Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas da cidade de São Paulo**. FAPESP, 2015.

HERZOG, C.P. e ROSA, L. Z. **Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e Resiliência para a Paisagem Urbana**. Revista Labverde, n. 1, p. 92-115. FAU-USP, São Paulo, 2010.

KOH, J. **Ecological Infrastructure: enabling Landscape Urbanism**. Lecture at Wageningen University, 2011.

MARQUES, Taícia. **A Infraestrutura Verde na Gestão de Energia**. In: PELLEGRINO, P. e BECKER, N. (Orgs.). Estratégias para uma Infraestrutura Verde. Cap. 10, p. 211-241, Figura 10.9. Ed. Manole. São Paulo. 2017

MCHARG, I. L. **Design with Nature**. 1969.

NEWMAN, P.W.G. **Sustainability and cities: extending the metabolism model**. Landscape and Urban Planning, 44, 219±226, 1999.

TRAVASSOS, L. R. C. **A Dimensão Socioambiental da Ocupação dos Fundos de Vale Urbanos no Município de São Paulo**. Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM-USP). São Paulo, 2010.

TOLEDO, Benedito Lima. **Prestes Maia e as Origens da Urbanismo Moderno em São Paulo**. São Paulo, Empresa das Artes, 1996. Figura 206

PMSP. **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. Elaborado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999.

WALDHEIM, C. (editor). **Landscape Urbanism Reader**. 2006.

#### SITES CONSULTADOS

Geosampa: Mapas em formato Shape- Projeção SIRGAS 2000.

Acessado em 01/ 05/ 2017. Disponível em:

[http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/\\_SBC.aspx](http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx)

IPCC. Acessado em 05/12/ 2014. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/>

## ARTIGO Nº 3

**PERCEÇÃO E CONFORTO DOS USUÁRIOS DO  
PARQUE TRIANON EM SÃO PAULO/SP**  
*PERCEPTION AND COMFORT OF USERS OF THE  
TRIANON PARK IN SÃO PAULO CITY*

LÉA YAMAGUCHI DOBBERT, ALESSANDRA R. PRATA-SHIMOMURA,  
HELENA CRISTINA PADOVANI ZANLORENZI, MARIA DE ASSUNÇÃO RIBEIRO FRANCO

**PERCEPÇÃO E CONFORTO DOS USUÁRIOS DO  
PARQUE TRIANON EM SÃO PAULO/SP**

*PERCEPTION AND COMFORT OF USERS OF THE  
TRIANON PARK IN SÃO PAULO CITY*

**LÉA YAMAGUCHI DOBBERT**

Arquiteta, doutora em Recursos Florestais pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP.  
leadobbert@gmail.com

**ALESSANDRA RODRIGUES PRATA-SHIMOMURA**

Arquiteta, Professora doutora do Depto. de Tecnologia da arquitetura – FAU/USP  
arprata.shimo@gmail.com

**HELENA CRISTINA PADOVANI ZANLORENZI**

Arquiteta, doutoranda pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU/USP  
helenapadovani@gmail.com

**MARIA DE ASSUNÇÃO RIBEIRO FRANCO**

Professora Titular do Depto. de Projetos – FAU/USP  
mariafranco@usp.br

**RESUMO**

O excesso de impermeabilização do solo e a crescente verticalização, unidos ao adensamento dos grandes centros metropolitanos, têm prejudicado as condições térmicas do espaço urbano. A presença de vegetação em parque urbanos pode atenuar esses efeitos na medida em que proporciona maior conforto aos seus usuários. O presente estudo analisou a percepção e conforto dos usuários do parque Tenente Siqueira Campos (Trianon) na cidade de São Paulo. A quantidade de cobertura arbórea na área de estudo, assim como em seu entorno, foi calculada pelo método de classificação supervisionada. Para a avaliação das condições térmicas foram aferidas as seguintes variáveis climáticas: temperatura e umidade relativa do ar, temperatura de globo e a velocidade do vento, a fim de verificar as condições do microclima local. Questionários, contendo questões relacionadas ao conforto e à sensação térmica foram aplicados aos usuários para detectar o grau de satisfação em relação ao parque. Constatou-se, pelo relato dos entrevistados, que estes demonstraram satisfação

e bem estar no local analisado. As variáveis climáticas aferidas mostraram condições de microclima agradável com temperatura (máx. 29°C e mín. 22,80°C) e umidade relativa (máx. 69% e mín. 49%) contribuindo assim para o conforto de seus usuários. Evidenciou-se a interferência da presença de vegetação na sensação de bem estar da população entrevistada comprovando a influência positiva das árvores inseridas no meio urbano.

**Palavras-chave:** Conforto térmico; Ambiente urbano; Microclima; Parque Trianon; Classificação supervisionada

### **ABSTRACT**

*The excess of soil sealing and the growing verticalization, together with the densification of the great metropolitan centers, have been affecting the thermal conditions of the urban environment. The presence of vegetation in urban parks may mitigate these effects as it provides more comfort to its users. The present study analyzes the perception and comfort of the users of the Tenente Siqueira Campos Park (Trianon) in São Paulo City. The quantity of arboreal covering in the study area, as well as in its surroundings, was calculated by the supervised classification method. For the thermal conditions evaluation, the following climatic variables were considered: temperature and relative air humidity, globe temperature and the speed of the wind, aiming to verify the conditions of the local microclimate. Questionnaires containing queries related to comfort and thermal sensation were applied to the users aiming to detect the degree of satisfaction in relation to the park. It was observed through the interviewees' reports, that they showed satisfaction and well-being at the analyzed site. The measured climatic variables showed pleasant microclimate conditions with temperature (max. 29°C and min. 22,80°C) and relative air humidity (max. 69% and min. 49%), thus contributing to the comfort of the users. It was highlighted the interference of the presence of vegetation in the sense of well-being of the interviewed population, testifying the positive impact of the trees inserted in the urban environment.*

**Keywords:** Thermal Comfort; Urban Environment; Microclimate; Trianon Park; Supervised Classification

## 1 INTRODUÇÃO

A remoção de cobertura vegetal e sua substituição por várias estruturas edificadas causam alterações no microclima urbano provocando desconforto térmico aos seus habitantes. O excesso de pavimentação do solo e a crescente verticalização, unidos ao adensamento dos grandes centros metropolitanos, têm prejudicado as condições térmicas do espaço urbano, refletindo diretamente no conforto térmico humano. Um dos impactos observados por estas mudanças na estrutura das cidades é o aumento da temperatura de superfície e conseqüente alteração do microclima urbano.

Este tipo de impacto pode ser minimizado por meio de identificação de problemas e implementação de sistemas adequados de planejamento urbano com soluções que visem melhorar as condições de conforto nas cidades (OLIVEIRA e MASCARÓ, 2008, SENANAYAKE et al., 2013). Neste sentido, Norton et al. (2015) destacam a importância de se implementar estratégias para melhorar a infraestrutura verde das cidades com o intuito de atenuar a temperatura de superfície e conseqüentemente melhorar as condições climáticas dos locais onde a temperatura do ar e a radiação solar apresentam-se elevadas.

A vegetação, ao amenizar a temperatura do ar, contribui de forma significativa para o bem estar dos usuários do espaço urbano ao mitigar os efeitos negativos das ilhas de calor (DIMOUNDI e NIKOLOPOULOU, 2003; SPANGENBERG et al., 2008) contribuindo também na redução da temperatura radiante média, uma das variáveis climáticas que mais afetam as condições de conforto térmico humano (KÁNTOR E UNGER, 2011, COHEN et al., 2012).

A inserção de diferentes arranjos de cobertura arbórea tem se mostrado eficiente nas alterações microclimáticas conforme pesquisa realizada na Grécia por Shashua-Bar et al. (2010). Pesquisas demonstram efeitos positivos da arborização no microclima urbano ao contribuir para redução da temperatura e aumento da umidade relativa do ar (DOBBERT et al., 2014; SHASHUA-BAR et al., 2011). Além disso, as árvores contribuem também para o escoamento superficial e reduzem a poluição do ar (MC PHERSON et al., 2011). A influência positiva da vegetação sobre o microclima das cidades, bem como o conforto térmico de espaços abertos, podem ser evidenciados em estudos realizados por Dacanal e Labaki (2010); Cheng et al. (2009), entre outros.

No ambiente urbano a satisfação térmica dos cidadãos é importante para a promoção da saúde e bem estar de sua população. O contato com o ambiente natural é conside-

rado por muitos pesquisadores como peça chave para aumentar o bem-estar, aliviar o estresse e promover melhor qualidade de vida às pessoas (KAPLAN, 1995, ULRICH 2002, HARTIG, 2014).

Cenas da natureza são em geral preferidas pelo homem por conterem elementos que proporcionam tranquilidade e calma (KAPLAN e KAPLAN, 1983, ULRICH, 1981). Deste modo, áreas verdes por interferirem de forma positiva nas condições climáticas do meio ambiente urbano, proporcionam maior conforto térmico promovendo o bem-estar aos seus usuários.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a percepção e conforto dos usuários do parque Tenente Siqueira Campos (Trianon) na cidade de São Paulo, um dos parques contidos no Projeto de Pesquisa FAPESP N°2015/10597-0, coordenado pela Prof<sup>a</sup> Dra Maria de Assunção Ribeiro Franco, do qual sou pesquisadora associada.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

São Paulo está localizada no estado de São Paulo, latitude 23°32'52" S, longitude 46°38'09" W e altitude média de 760 m. O clima é o tipo Cwa segundo classificação de Köppen-Geiger, com verão quente e chuvoso e inverno seco e ameno, precipitação média anual de 1441 mm. Segundo as Normais Climatológicas (1961-1990) do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), as temperaturas máximas variam entre 25.1°C e 28.0°C no período de verão (novembro-abril) e mínimas entre 11.7°C e 12.8°C no período de inverno (junho-agosto); com temperatura média das máximas anual de 24.9°C e a média das mínimas anual de 17.7°C.

Esta pesquisa foi realizada no Parque Trianon na cidade de São Paulo/SP (Figuras 1 e 2), localizado no espigão da Avenida Paulista no bairro Bela Vista, um dos parques 'âncora' de infraestrutura verde do Projeto intitulado "Infraestrutura verde para a resiliência urbana às mudanças climáticas da cidade de São Paulo" (Projeto FAPESP N°2015/10597-0), cuja área de estudo abrange quatro parques, o parque da Cantareira, o parque da Água Branca, o parque Trianon e o parque do Ibirapuera (Figura 3).



Figura 1 – Parque Trianon - São Paulo/SP. Fonte: Google



Figura 2 – Parque Trianon - São Paulo/SP - a seta branca indica os pontos onde foram coletados os dados climáticos. Fonte: Aline Silva Santos

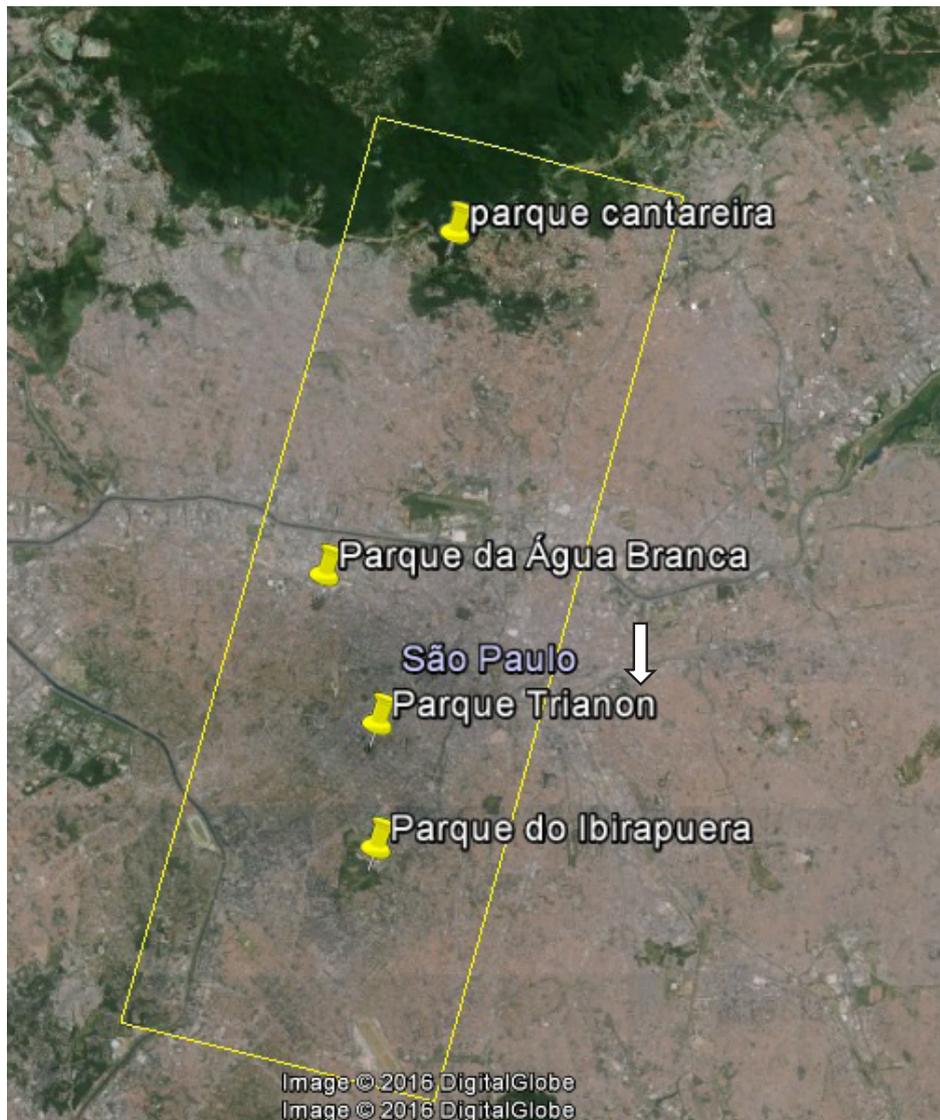


Figura 3 – Área de estudo do Projeto FAPESP N°2015/10597-0. Fonte: Google

## 2.2 MEDIÇÕES DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Variáveis climáticas foram aferidas por meio de duas estações meteorológicas portáteis posicionadas em dois pontos, sendo um ao sol e outro a sombra. Devido a grande quantidade de elementos arbóreos, em alguns momentos do dia os dois pontos permaneceram na sombra.

Foram monitoradas a temperatura do ar (°C), temperatura de globo (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s) por meio de equipamentos fixados a um

tripé a 1,50 m de altura. Os tripés foram compostos por um registrador de temperatura e umidade relativa do ar, modelo Testo 175, protegido da radiação; um sensor de temperatura, modelo Testo 175-T2; outro sensor de temperatura, modelo Testo 0613 1711 adaptado ao globo, e um anemômetro/termômetro digital Testo 445 com sensor 0635-1549, protegido por uma caixa de isopor (Figura 4). Todas as medidas foram feitas de 15 em 15 minutos durante o dia 3 de abril de 2017 das 9h às 17h. O tempo manteve-se estável, sem chuva, durante o dia de medição



**Figura 4** – Estação meteorológica portátil

### 2.3 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

A classificação supervisionada faz uso de algoritmos para determinar pixels, que representam valores de reflexão característicos para uma determinada classe. É o método mais utilizado na análise quantitativa de dados de sensoriamento remoto. O pro-

grama MultiSpec® 3.3 é utilizado para a classificação supervisionada, e opera a partir da seleção de campos de treinamento e de testes para classes específicas de áreas conhecidas. Nesse programa, o operador estabelece diferentes tipos de classe de acordo com as áreas de interesse, utilizando para isso imagens de satélite, que permitem elaborar classificações supervisionadas do mosaico e das imagens dos locais em análise. Foi feita a classificação supervisionada da área do parque Trianon, assim como um buffer de raio de 1km ao redor do parque, a fim de quantificar a cobertura arbórea da área de estudo. Na Figura 5 pode-se observar a quantidade de área vegetada no parque e seu entorno.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

Os resultados da classificação supervisionada (Figura 5) apresentaram um total de 14% de cobertura arbórea na área em análise. A quantidade de asfalto somada à quantidade de área edificada ficou na ordem de 40%. Estes resultados apontam uma grande impermeabilização do solo, fato que pode interferir nas condições de conforto térmico no local.

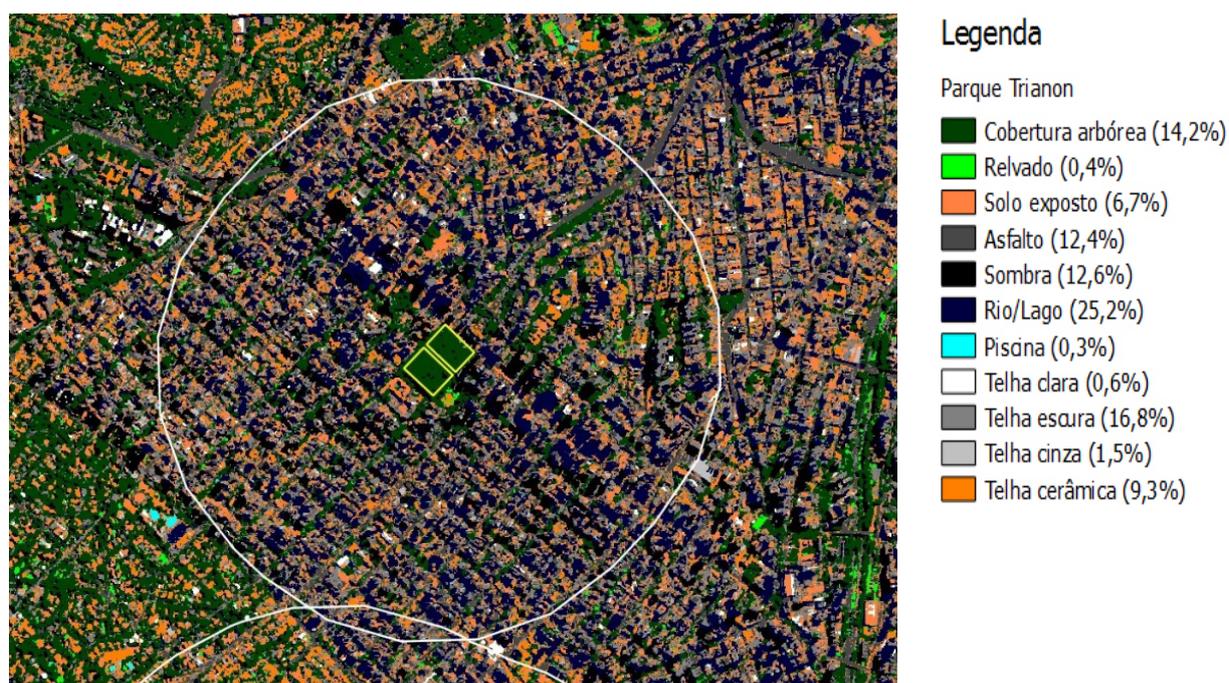


Figura 5 – Classificação Supervisionada do Parque Trianon e seu entorno

### 3.2 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

As variáveis microclimáticas: umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C) obtidas na área de estudos, ao sol e à sombra, não apresentaram diferenças significativas na umidade relativa e temperatura do ar. A velocidade do vento (m/s) máxima medida foi 1,40 m/s e mínima de 0,00 m/s (Figura 6).

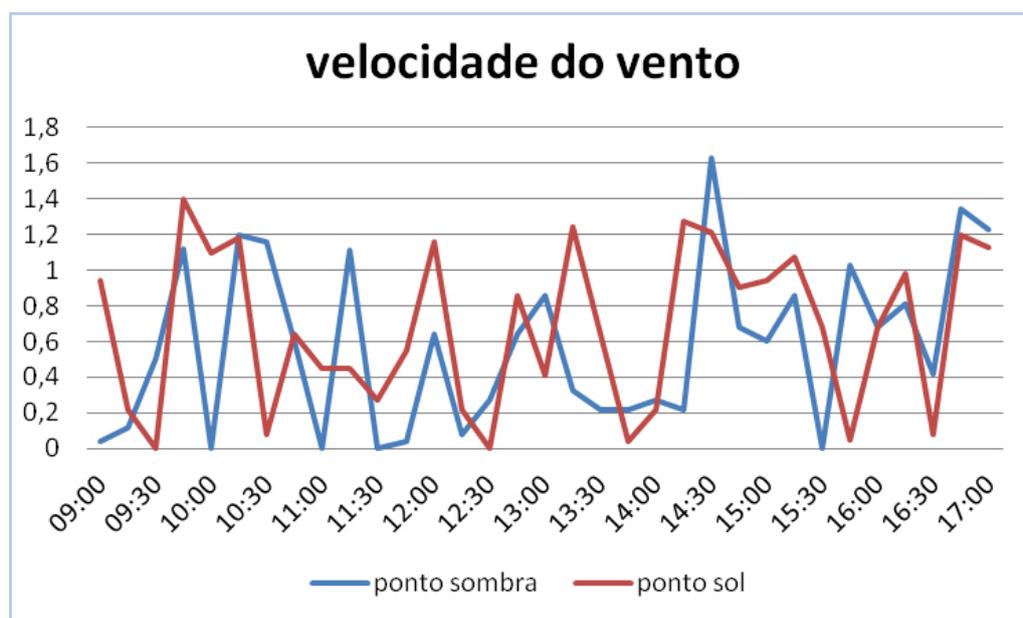


Figura 6 – Velocidades do vento aferidas nos pontos (sol e sombra)

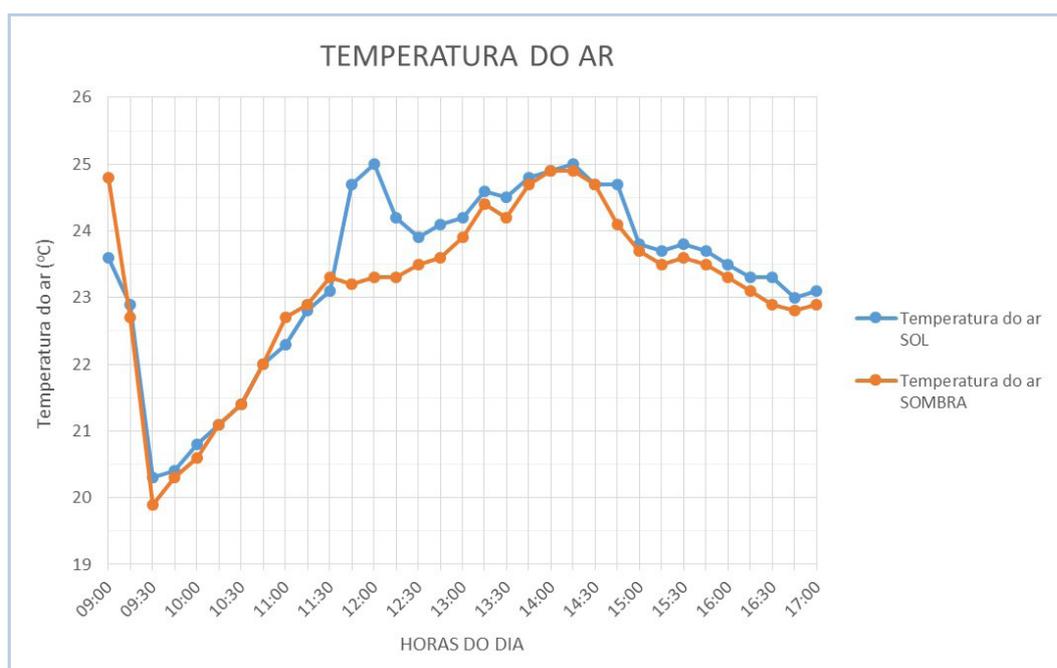
A média da temperatura do ar ao sol foi de 23,34 °C e à sombra de 23,12 °C. A média da umidade relativa do ar ao sol foi de 62,92% e à sombra de 64,30%, apresentando poucas alterações como pode ser observado na tabela 1.

A grande quantidade de maciços arbóreos no parque Trianon faz com que o microclima seja bastante homogêneo em toda a sua extensão, não havendo grandes variações entre os dados coletados nos dois pontos.

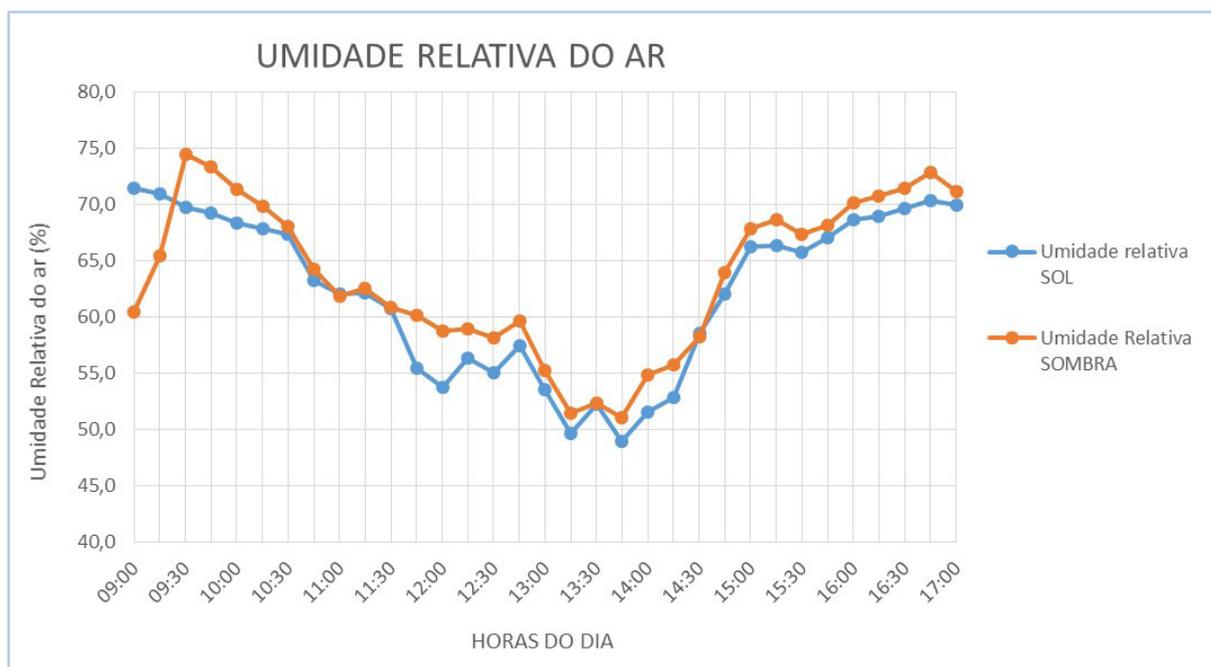
**Tabela 1 – Média dos dados climáticos aferidos em dois pontos no parque Trianon**

hora	temperatura ambiente		Umidade relativa	
	sol	sombra	sol	sombra
9:00	21,8	21,93	70,4	68,48
10:00	21,33	21,28	66,75	68,43
11:00	23,23	23,03	60,15	61,4
12:00	24,3	23,43	55,7	58,93
13:00	24,53	24,3	51,15	52,58
14:00	24,83	24,65	56,3	58,25
15:00	23,75	23,57	66,4	68,05
16:00	23,28	23,03	69,45	71,35
17:00	23	22,9	70	71,2
<b>médias</b>	<b>23,34</b>	<b>23,12</b>	<b>62,92</b>	<b>64,30</b>

O ambiente do parque apresenta-se bastante sombreado pelas árvores, impossibilitando posicionar uma das estações em local que permanecesse o tempo todo ao sol. Nas Figuras 7 e 8 observa-se pouca diferença entre os pontos medidos ao sol e à sombra, tanto para a temperatura como para a umidade relativa do ar.



**Figura 7 – Comparação da Temperatura do ar nos dois pontos de coleta de dados climáticos no Parque Trianon no dia 03 de abril de 2017**



**Figura 8** – Comparação da Umidade relativa do ar nos dois pontos de coleta de dados climáticos no Parque Trianon no dia 03 de abril de 2017

Apesar de se tratar de meses com grande ocorrência de chuva, o dia em que foi feita a coleta de dados, assim como o dia anterior, permaneceram estáveis e sem chuva.

### 3.3 PERCEÇÃO DOS USUÁRIOS

Para verificação da percepção dos usuários no local analisado, questionários foram aplicados a 50 indivíduos com idade mínima de quinze anos, sendo 21 do gênero feminino e 29 do gênero masculino. Foram abordados fatores que interferem nas sensações e percepções relacionadas ao local com o intuito de mapear as condições de conforto e satisfação em relação ao ambiente vivenciado.

Os entrevistados quando inquiridos sobre os motivos pelo qual frequentam o Trianon relataram diversos fatores, dentre eles os que mais ocorreram foram: a busca pelo contato com a natureza a fim de relaxar e reduzir o stress (44%), atividade física em busca de vida mais saudável (6%), o lazer (32%), o conforto térmico do local (10%) e o fator social, o encontro com pessoas e amigos (8%).

A localização do parque Trianon em local de alta concentração de escritórios e ins-

tituições comerciais e culturais aumenta a quantidade de usuários no local. Os motivos relatados pelos entrevistados em relação à frequência evidencia sua função restauradora na medida em que é procurado por pessoas que buscam momentos de tranquilidade e calma, corroborando com estudos de Kaplan que comprovam sua Teoria de Restauração da Atenção (KAPLAN,1995). Ao contrário do que se imagina, o Trianon não assume o papel de parque meramente como via de passagem, mas sim um local agradável de convívio e lazer, como pode ser constatado pelos dados obtidos nas entrevistas.

Com relação à sensação térmica do usuário, 66% dos entrevistados afirmaram estar confortáveis, 16% com pouco calor, 10% com calor e apenas 8% com pouco frio. Na sequência foi questionada a preferência térmica, ou seja, como os entrevistados preferiam que estivesse o clima. As repostas foram: 62% estavam satisfeitos com a condição térmica do parque, 2% preferia que estivesse mais calor, 14% um pouco mais frio, 6% mais frio, 6% muito mais frio e 10% um pouco mais calor.

O dia em que foi feita a pesquisa apresentou temperatura de 29°C (máxima) e 22,80°C (mínima), fator que influenciou na sensação térmica dos entrevistados. Os usuários mostraram-se muito satisfeitos com a estrutura e espaço físico do parque e com fatores relacionados à segurança, ao ruído e ao conforto térmico como pode ser observado na tabela 2. Os entrevistados pontuaram cada aspecto baseados em uma escala de 1 a 10, sendo 1 (nada satisfeito) e 10 (muito satisfeito).

**Tabela 2 – Grau de satisfação do usuário em relação ao parque Trianon**

Grau de satisfação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estrutura	-	-	-	-	-	-	10%	20%	24%	46%
Ruído	4%	8%	8%	2%	20%	6%	6%	16%	6%	24%
Temperatura	-	2%	-	-	2%	2%	-	-	8%	64%
Segurança	-	4%	2%	6%	14%	6%	22%	14%	10%	24%

Muitos dos entrevistados se encontravam no parque em razão de estarem próximo ao local de trabalho. A condição de **stress** também foi avaliada por meio de uma escala de 1 a 10 sendo o valor 1 sem **stress** e 10 com muito **stress** (Tabela 3).

**Tabela 3 – Nível de stress relatado pelos entrevistados.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
68%	8%	6%	2%	6%	-	-	10%	-	-

Os resultados demonstram que a maioria (68%) dos usuários do parque não estava estressada ou com leve grau de **stress** e apenas 10% da população entrevistada apresentou níveis de stress mais elevado. O contato com o ambiente natural, segundo os entrevistados auxilia na recuperação da fadiga do dia a dia.

## CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo apontaram a importância de parques urbanos nas cidades, na medida em que proporcionam bem-estar aos seus usuários, enfatizando a importância de ambientes naturais no meio urbano.

Os motivos relatados pelos entrevistados por frequentarem o parque evidenciou sua função restauradora das áreas verdes na medida em que é procurado por pessoas que buscam momentos de tranquilidade e calma, auxiliando assim na recuperação da fadiga mental.

Em relação ao microclima, faz-se necessário um monitoramento das variáveis climáticas por um período mais longo de tempo e em diferentes épocas do ano, nas áreas de estudo, assim como em seu entorno.

Assim sendo, destaca-se a importância da realização de mais pesquisas para que se possa comprovar os efeitos provocados pela inserção de árvores nos parques urbanos, não só relacionados ao conforto térmico mas também ao bem estar dos habitantes das cidades, tendo em vista a valorização da infraestrutura verde como elemento importante para resiliência urbana, visando um melhor desempenho ambiental das cidades.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CHENG, V.; NG, E.; CHAN, C.; GIVONI, B. **An experiment of urban human thermal comfort in hot and humid sub-tropical city of Hong Kong under high density urban morphological conditions**, Hong Kong. In: JAPANESE-GERMAN MEETING ON URBAN CLIMATOLOGY, 2009.Freiburg. Proceedings... Freiburg, 2009.p.179-184

COHEN, P.; POTCHTER, O.; MATZARAKIS, A. **Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort**, Building and Environment V.51, 2012, p. 285-295

DACANAL, C.; LABAKI, L. C. **Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos**, Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, p.115-132, 2010

DIMOUDI, A.; NIKOLOPOULOU M. **Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits**. Energy Building, v.35, p.69-76, 2003

DOBBERT, L. Y.; PRATA-SHIMOMURA, A. R.; MENDES, F. H.; SILVA FILHO, D. F. **The influence of tree canopy cover on urban thermal comfort**, Pluris - reinventar a cidade em tempos de mudança, 6º congresso luso-brasileiro para planeamento urbano, regional, integrado e sustentável, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, p.1509-1516,2014.

HARTIG, T.; MITCHELL, R.; DE VRIES, S.; FRUMKIN, H. **Nature and health**. Annu Rev Public Health, V.35, P. 207-228, 2014.

KÁNTOR, N.; UNGER, J. **The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment – the mean radiant temperature**, Central European, Journal of Geosciences v.3, p.90-100, 2011.

KAPLAN, S.; KAPLAN, R. **Cognition and environments, functioning in an uncertain world**. Ann Arbor: University of Michigan; Ed. Ulrich's Books, 287 p., 1983.

KAPLAN, S. **The Restorative Benefits of Nature: Toward an Integrative Framework**. Journal of Environmental Psychology, v. 15, p.169-182, 1995.

MC PHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R.; XIAO, Q.; WU, C. **Million trees Los Angeles canopy cover and benefit assessment**. Landscape and Urban Planning, Amsterdam, v. 99, p. 40–50. 2011.

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

OLIVEIRA, L. A.; MASCARÓ, J. J. **Análise da qualidade de vida urbana sob a ótica dos espaços públicos de lazer.** *Ambiente Construído*, v. 7, n. 2, 2007, p. 59 – 69.

SENANAYAKE, I. et al. **Remote sensing based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city,** Sri Lanka using Landsat-7 ETM+ data. *Urban Climate* 5, p. 19-35, 2013.

SHASHUA-BAR, L.; TSIROS, I. X.; HOFFMAN, M. E.. **A modeling study for evaluating passive cooling scenarios in urban streets with trees.** Case study: Athens, Greece, *Building and Environment* , 45, p.2798-2807, 2010.

SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. **The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment.** *International Journal of Climatology*, Chichester, v. 31, p. 498-506. 2011.

SPANGENBERG, J., SHINZATO, P., JOHANSSON, E., DUARTE, D. **Simulation of the influence of vegetation on microclimate and thermal comfort in the city of São Paulo,** *Revsbau*, V.3, n.2, p. 1-19, 2008.

ULRICH, R. S. **Natural versus urban scenes: some psychophysiological effects.** *Environment & Behavior*, Ann Arbor, v. 13, n. 5, p. 523-556, 1981.

ULRICH, R. S. **Health Benefits of Gardens in Hospitals.** Paper for conference, *Plants for People*, International Exhibition Floriade, 2002, 10p.

## ARTIGO Nº 4

**PLANEJAMENTO DE ESPAÇOS VERDES PARA MINIMIZAÇÃO DO  
ESCOAMENTO SUPERFICIAL DAS ÁGUAS PLUVIAIS**  
*GREEN SPACES PLANNING FOR REDUCTION OF SURFACE  
RAINWATER DRAINAGE*

MARCELA MINATEL LOCATELLI, PATRÍCIA MARA SANCHES,  
JEFFERSON LORDELLO POLIZEL, DEMÓSTENES FERREIRA DA SILVA FILHO

**PLANEJAMENTO DE ESPAÇOS VERDES PARA MINIMIZAÇÃO DO  
ESCOAMENTO SUPERFICIAL DAS ÁGUAS PLUVIAIS**

*GREEN SPACES PLANNING FOR REDUCTION OF SURFACE  
RAINWATER DRAINAGE*

**MARCELA MINATEL LOCATELLI**

Engenheira Florestal, Mestranda em Recursos Florestais na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.  
marcelalocatelli@usp.br

**PATRÍCIA MARA SANCHES**

Arquiteta e Urbanista, Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Doutoranda em Recursos Florestais na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.  
patricia.msanches@usp.br

**JEFFERSON LORDELLO POLIZEL**

Doutor em Geografia Física pela Universidade de São Paulo, Técnico em Informática do Laboratório de Métodos Quantitativos, ESALQ/USP.  
jlpolize@usp.br

**DEMÓSTENES FERREIRA DA SILVA FILHO**

Engenheiro Agrônomo, Professor Livre docente da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.  
dfilho@usp.br

**RESUMO**

Dentre os diversos serviços ambientais fornecidos pelas áreas verdes urbanas, podemos destacar o aumento da permeabilidade do solo e interceptação da água da chuva, principalmente pelas copas das árvores. Dessa forma, reduzem a quantidade e a velocidade do escoamento superficial da água da chuva, e, conseqüentemente os riscos de alagamentos e a sobrecarga nos sistemas de drenagem. Este trabalho teve por objetivo a identificação de áreas prioritárias para implantação de espaços verdes na cidade de São Paulo, visando a diminuição do escoamento superficial das águas pluviais e minimização das enchentes a jusante. As condicionantes que auxiliaram nesta priorização foram a quantidade de vegetação, expressa pelo mapa de TVI (*Transformed Vegetation Index*), e a topografia, processadas em ambiente SIG

(Sistemas de Informações Geográficas). Os dados obtidos foram sintetizados em um mapa que aponta as áreas prioritárias para arborização urbana. Os resultados mostram duas grandes manchas formadas por áreas prioritárias para arborização urbana, concentradas nas regiões centro-norte e centro-sul da área de estudo. Essas manchas devem receber maior atenção quanto à implementação de espaços verdes, principalmente através da arborização viária. Esses espaços verdes poderão conectar grandes fragmentos de vegetação da cidade.

**Palavras-chave:** Arborização urbana; Sensoriamento remoto; Planejamento Urbano; Índice de vegetação; escoamento superficial

### **ABSTRACT**

*Among several environmental services provided by urban green areas, it can be highlighted the increase of soil permeability and interception of rainwater, mainly through the treetops. Therefore, it is reduced the quantity and speed of surface rainwater drainage, and, consequently, the risks of flooding and drainage systems overloading. The objective of this study is to identify priority areas for the implantation of green spaces in São Paulo City, aiming to reduce the surface rainwater drainage and minimize flooding downstream. The conditions that supported this prioritization were the amount of vegetation, expressed by the TVI (Transformed Vegetation Index) map and the topography, processed in a Geographic Information Systems (GIS) environment. The obtained data were summarized in a map that indicates the priority areas for urban afforestation. The results show two large spots formed by priority areas for urban afforestation, concentrated in the north-central and south-central regions of the focused area. These spots should receive special attention regarding the implementation of green spaces, mainly through the road afforestation. These green spaces may connect large fragments of vegetation in the city.*

**Keywords:** Urban Forestation; Remote Sensing; Urban Planning; Vegetation Index; Surface Drainage.

## INTRODUÇÃO

Na cidade de São Paulo, assim como no contexto metropolitano brasileiro, os problemas ambientais têm aumentado consideravelmente, resultando na diminuição da qualidade de vida da população. O quadro se revela em um aumento desmesurado de enchentes e ilhas de calor, dificuldades na gestão dos resíduos sólidos, impactos cada vez maiores da utilização de automóvel, e da degradação dos recursos hídricos (JACOBI, 2006).

A presença de espaços verdes no ambiente urbano é um fator essencial no resgate dos aspectos positivos da relação das formas urbanas com a natureza e na amenização de diversos dos problemas citados (JESUS; BRAGA, 2005).

Espaço verde urbano corresponde a toda e qualquer área que contenha vegetação situada em solo permeável ou impermeável na cidade, podendo ser de uso público ou privado (HIJIOKA et al., 2007). Apesar de todos os serviços ambientais amplamente conhecidos oferecidos pelos espaços verdes - conforto térmico, controle da umidade, sombreamento, retenção de poluentes, redução de ruídos, manutenção da biodiversidade, aumento da permeabilidade do solo, controle de processos erosivos e contenção de encostas, efeitos paisagísticos e estéticos (MAGALHÃES, 2013) – o enfoque deste trabalho é direcionado à importância desses espaços para o regime hídrico urbano.

Sabe-se que os espaços verdes aumentam a permeabilidade do solo e interceptam a água da chuva, principalmente pelas copas das árvores. Dessa forma, reduzem a poluição, a quantidade e a velocidade do escoamento superficial da água, e retardam o pico de vazão (ALVES, 2015), diminuindo os riscos de alagamentos e a sobrecarga nos sistemas de drenagem. Estudos desenvolvidos por Silva et al. (2009) demonstram que as espécies arbóreas sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa*) e tipuana (*Tipuana tipu*) podem interceptar em até 60% a precipitação que incide sobre suas copas.

Segundo Duarte e Serra (2003), tão importante quanto a disponibilidade de espaços verdes, são sua distribuição e qualidade, uma vez que estes fatores influenciam diretamente nas funções desempenhadas por esses espaços.

Dentre as possibilidades para ampliação dos espaços verdes em áreas densamente edificadas destaca-se o uso da arborização viária para criação de corredores verdes (MAGALHÃES, 2013).

As geotecnologias, especialmente as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, são muito utilizadas para a quantificação e qualificação da cobertura arbórea urbana, uma vez que constituem um método eficiente e econômico, e possibilitam avaliações periódicas das áreas de interesse (SILVA FILHO, 2004; COSTA, 2010).

Diversos estudos utilizaram geotecnologia para avaliação e planejamento dos espaços verdes urbanos. Podemos citar os trabalhos de Torres (2003) em Viçosa, MG; Bargas e Matias (2012) em Paulínia, SP; Magalhães (2013) em Belo Horizonte, MG e Costa (2010) em São Paulo, SP. Esses estudos utilizam diferentes abordagens para a definição de áreas prioritárias para implementação de espaços verdes: hidrografia, renda da população, relevo, permeabilidade do solo, conectividade da paisagem, dentre outros.

O trabalho de Costa (2010) utiliza critérios para amenização dos riscos de alagamentos na cidade, e constitui uma referência conceitual e metodológica para a área do presente estudo, tendo em vista os problemas apresentados.

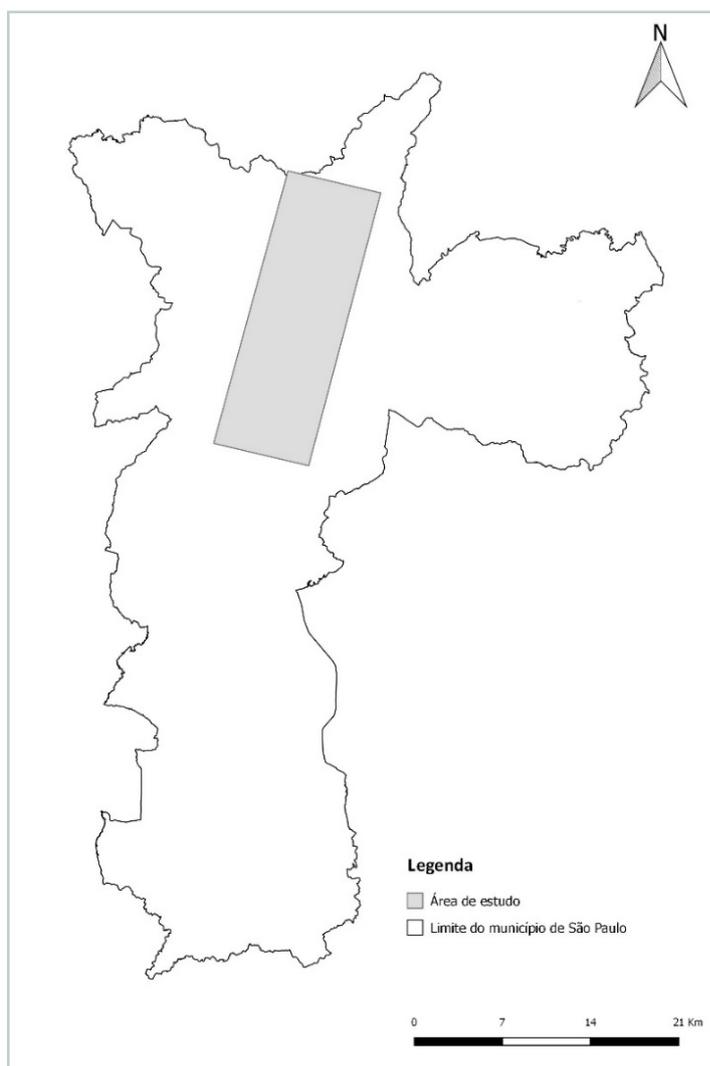
Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo a identificação de áreas prioritárias para implementação de espaços verdes na cidade de São Paulo, tendo como premissa a redução do escoamento superficial das águas pluviais, e visando a minimização de enchentes a jusante.

## **METODOLOGIA**

### **ÁREA DE ESTUDO**

O município de São Paulo (23° 32.0'S, 46°37.0'W) possui 1.521Km<sup>2</sup> de extensão e concentra 11.253.503 habitantes (IBGE, 2010). O clima é classificado como subtropical (Cwa), segundo Köppen (1948), com temperatura média anual de 19°C, e precipitação média anual de 1207 mm.

A área do município engloba diversas fitofisionomias da Mata Atlântica, como a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Montana e a Mata Nebular; além de campos naturais e formações de várzea.



A área do presente estudo corresponde a um retângulo de 5 x 20 Km do município de São Paulo, que vai do cume da serra da Cantareira ao rio Pinheiros (figura 1) e que corresponde ao objeto de estudo do Projeto de Pesquisa “Infraestrutura verde para a resiliência urbana às mudanças climáticas da cidade de São Paulo” financiado pela FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo<sup>1</sup>

**Figura 1** – Área de estudo. Fonte: elaborado pelos autores (2017).

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados Sistemas de Informações Geográficas e imagens do Satélite Wordview 2 do ano de 2016 com resolução de dois metros, cedidas pela Fundação DigitalGlobe.

Foram geradas e analisadas informações de declividade e índice de vegetação (TVI). O objetivo deste estudo foi identificar as áreas de maior declividade e com vegetação insuficiente, áreas estas indicadas para uma política de arborização urbana.

<sup>1</sup> Projeto em andamento e financiado pela FAPESP na modalidade Auxílio à Pesquisa - Programa de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais – Regular, cujo Processo é 15/10597-0.

O TVI (*Transformed Vegetation Index*) é um índice de vegetação derivado de imagens multiespectrais, que utiliza as bandas do vermelho e do infravermelho próximo para destacar as áreas vegetadas de uma imagem, e é obtido pela fórmula:

$$TVI = \sqrt{100[(IR - RED)] + [(IR + RED)]}$$

Em que: TVI é o índice de vegetação; IR = banda do infravermelho e; RED = banda do vermelho

O mapa de TVI foi gerado no programa QuantumGIS2.14.3, onde foi também reclassificado em quatro classes, sendo que para cada faixa do TVI foi atribuída uma nota (de 0 a 3).

Para o mapa de declividade foi utilizado o Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDT) da região. Com base no MDT, foi gerado um mapa hipsométrico, conhecido como TIN (*Triangulated Irregular Network*), e, partir deste, foi obtido o mapa de declividade da área de estudo. Este foi também reclassificado em quatro classes, conforme a tabela 1.

**Tabela 1** – Faixas de declividade da área de estu

Faixas de Declividade (%)	Reclassificação
0 – 5	0
5 – 10	1
10 – 25	2
25 – 50	3

Com os dados obtidos realizamos uma álgebra de mapas no programa QuantumGIS2.14.3, subtraindo os valores de TVI pelos valores de declividade. O resultado gerado compreende uma nova imagem, cujos valores de pixels variam de -3 a 3, correlacionados à prioridade muito alta e prioridade muito baixa para arborização, respectivamente (tabela 2). Dessa foram, obtivemos o mapa que aponta as áreas prioritárias para arborização urbana em função das variáveis mencionadas, conforme metodologia de Costa (2010).

**Tabela 2** – Classes de prioridade para arborização urbana, adaptado de Costa (2010).

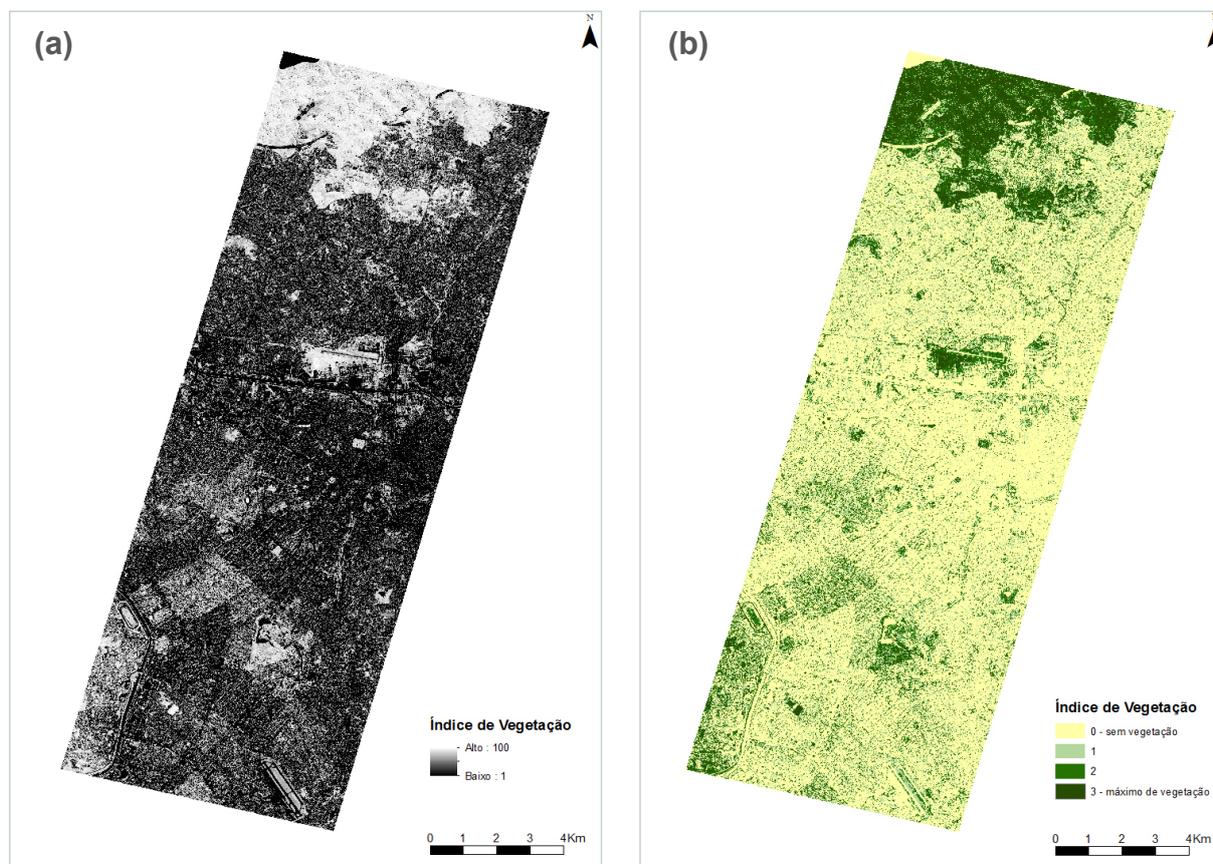
<b>Valores</b>	<b>Reclassificação</b>
-3	Muito Alta
-2	Alta
-1	Média Alta
0	Média
1	Média Baixa
2	Baixa
3	Muito Baixa

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (TVI)

Os resultados obtidos para o TVI são apresentados na figura 2(a), em que as áreas mais claras correspondem às áreas vegetadas, enquanto que as áreas escuras correspondem às áreas com ausência de vegetação.

A figura 2(b) contém os resultados da reclassificação da imagem, em que os valores variam de 0 a 3, sendo que o valor 0 representa áreas com ausência de vegetação (verde claro), valores 1 e 2 (verde médio) representa áreas compostas, predominantemente, por vegetação rasteira, e o valor 4 representa as áreas densamente arborizadas (verde escuro).



**Figura 2 – (a)** Índice de vegetação (TVI) da área de estudo; **(b)** Índice de vegetação (TVI) reclassificado em quatro classes da área de estudo, em que o valor 0 corresponde à ausência de vegetação; 1 e 2 a quantidades intermediárias e; 3 ao máximo de vegetação. Fonte: elaborado pelos autores (2017).

A figura 2(a) apresenta os valores de TVI na forma de gradiente, enquanto a figura 2(b) apresenta os resultados de TVI como valores únicos. A transformação destes valores é essencial para a realização da álgebra de mapas (citada abaixo).

Através da aplicação do TVI foi possível destacar as áreas densamente vegetadas, em contraposição àquelas áreas com ausência de vegetação. A eficiência do TVI foi comprovada por Costa (2010) para qualificação da cobertura arbórea de três subprefeituras de São Paulo, SP.

Podemos verificar que as áreas com máximo índice de vegetação correspondem a parques importantes da cidade de São Paulo, como o Parque Estadual da Cantareira, o Parque Ibirapuera, o Parque da Água Branca e o Parque Trianon, dentre outros. Esse resultado é encontrado também para bairros de classe alta da região, que são mais arborizados que os centros comerciais e os bairros de classe média-baixa.

## DECLIVIDADE

Os espaços verdes fornecem diversos benefícios às cidades, como a redução do escoamento superficial da água, aumento da permeabilidade e contenção do solo.

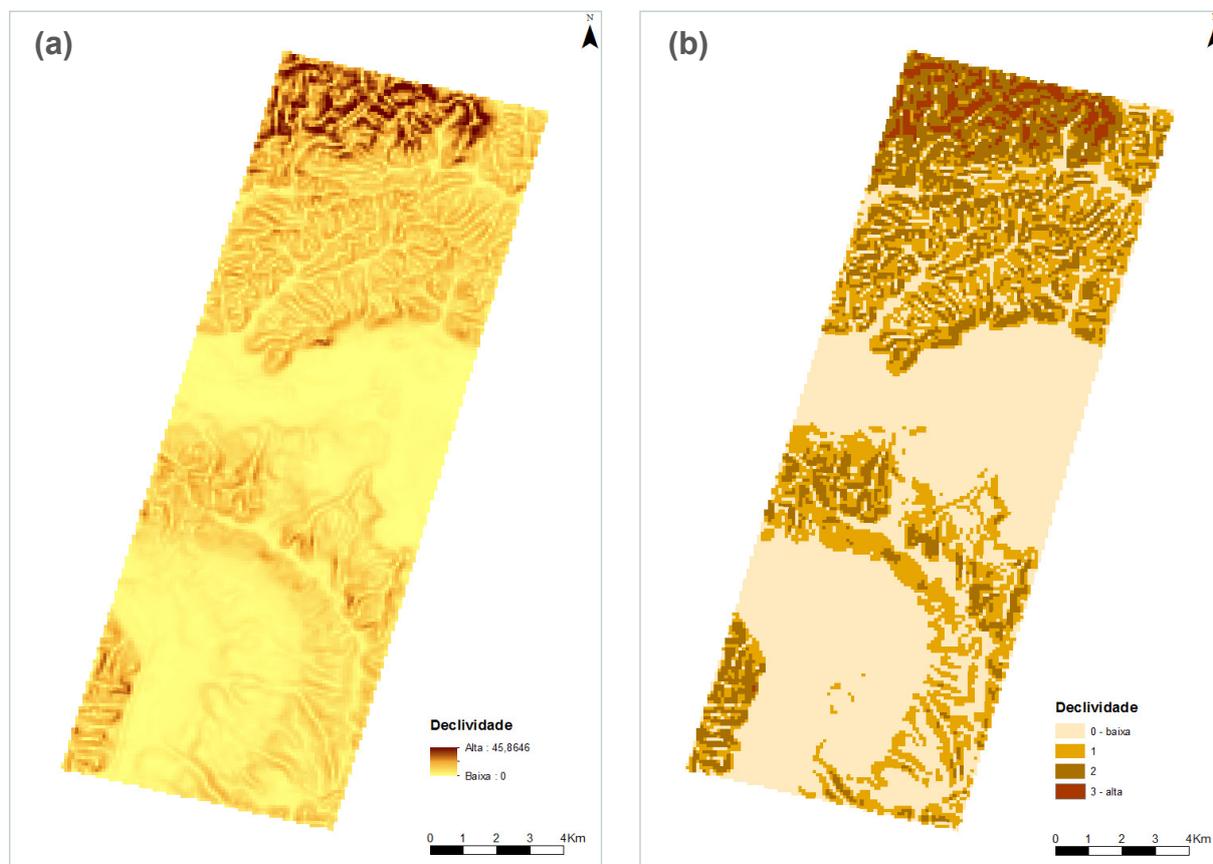
A partir do estudo da declividade em áreas urbanas é possível indicar as áreas favoráveis à ocupação humana, e as áreas onde esta deve ser realizada com maior prudência. Áreas declivosas são mais suscetíveis a processos erosivos e altas taxas de escoamento superficial, e, portanto, devem receber atenção especial quanto à presença de vegetação.

A Lei nº 6.766 de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, em seu artigo terceiro, parágrafo único, inciso III proíbe a construção em terrenos com declividade igual ou superior a 30%. Acima deste limiar, o risco de processos erosivos e deslizamentos de solo é muito elevado.

As áreas mais favoráveis à ocupação humana possuem declividade abaixo de 18%. Os valores intermediários de declividade (de 18 a 30%) correspondem a áreas onde o processo de ocupação deve ser realizado com prudência, favorecendo usos que mantenham a permeabilidade do solo (TORRES, 2003).

Em estudo sobre o macroplanejamento de áreas verdes urbanas, Torres (2003) discutiu diversos critérios a serem considerados para a distribuição adequada desses espaços. Dentre eles, considerou a declividade como critério extremamente relevante, uma vez que esta pode influenciar o regime hídrico do solo, causando, por exemplo, assoreamento dos rios.

A figura 3(a) apresenta o mapa de declividade da área de estudo, em porcentagem. Já a figura 3(b) contém o mapa de declividade reclassificado em quatro classes, em que o valor 0 representa as áreas de menor declividade, e o valor 3 as áreas de maior declividade.



**Figura 3** – Declividade da área de estudo: **(a)** em porcentagem; **(b)** reclassificada em quatro classes, em que o valor 0 corresponde à menor declividade e; o valor 3 corresponde à declividade máxima. Fonte: elaborado pelos autores (2017).

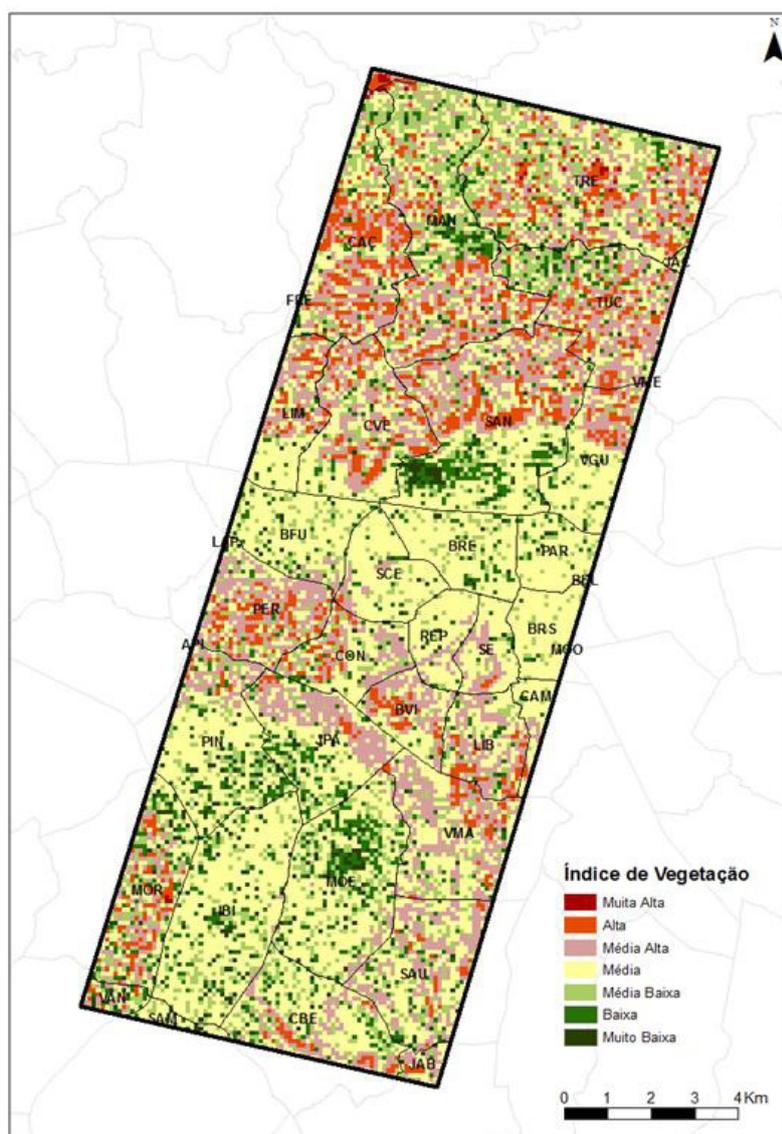
As figuras acima apresentam características semelhantes às demonstradas para o TVI. A figura 3(a) apresenta os valores de declividade na forma de gradiente, enquanto a figura 3(b) apresenta os resultados como valores únicos. A transformação destes valores é essencial para a realização da álgebra de mapas (citada abaixo).

## ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA

Diversos critérios podem ser analisados durante o planejamento de espaços verdes, como: densidade populacional, índice de áreas verdes e porcentagem de áreas verdes (OLIVEIRA, 1996); declividade e índice de vegetação (COSTA, 2010), hidrografia, tipos de solo, orientação solar, declividade, disposição e abundância de áreas verdes e renda média da população (TORRES, 2003), dentre outros. Neste trabalho analisamos os fatores declividade e índice de vegetação, devido à influência que estes crité-

rios exercem sobre o escoamento superficial da água da chuva, e conseqüentemente, sobre os alagamentos urbanos, considerado problema grave na área de estudo.

O resultado da álgebra dos mapas de índice de vegetação (TVI) e declividade, apresentado na figura 4, mostra as prioridades para arborização em sete classes para os distritos presentes na área de estudo.



**Figura 4** – Regiões prioritárias para arborização urbana nos distritos presentes na área de estudo. Fonte: elaborado pelos autores (2017). Em que:

MAN: Mandaqui, VAN: Vila Andrade, TRE: Tremembé, MOR: Morumbi, CAC: Cachoeirinha, TUC: Tucuruvi, MOE: Moema, PIN: Pinheiros, SAN: Santana, JPA: Jardim Paulista, CON: Consolação, PER: Perdizes, CBE: Campo Belo, JAB: Jabaquara, IBI: Itaim Bibi, SAM: Santo Amaro, SAL: Saúde, BFU: Barra Funda, LIB: Liberdade, VMA: Vila Mariana, CVE: Casa Verde, BRE: Bom Retiro, BVI: Bela Vista, PAR: Pari, JAC: Jaçanã, LIM: Limão, VME: Vila Medeiros, SCE: Santa Cecília, VGU: Vila Guilherme, SE: Sé, CAM: Cambuci, REP: República, BRS: Brás, API: Alto de Pinheiros, LAP: Lapa, FRE: Freguesia do Ó, BEL: Belém, MOO: Mooca.

A área de estudo possui poucas regiões com declividade acentuada. Estas concentram-se no extremo norte da área de estudo, na região da Serra da Cantareira, apresentando-se vegetadas. Portanto a classe de prioridade “muito alta” é pouco representativa na região. A declividade deste local resultou na prioridade média para arborização em alguns pontos, apesar do seu elevado índice de vegetação. Podemos notar que os pontos em vermelho (prioridade alta para arborização) correspondem às manchas não vegetadas da região (figura 2).

É possível visualizar no mapa grandes manchas da classe de prioridade “alta” e “média-alta” para arborização urbana, concentradas nas regiões centro-norte, nos distritos: Cachoeirinha, Freguesia do Ó, Mandaqui, Tucuruvi, Limão, Casa Verde, Santana, Vila Guilherme e Jaçanã; e centro-sul, nos distritos: Alto de Pinheiros, Perdizes, Consolação, Bela Vista, Liberdade, Vila Mariana e Sé. Essas manchas devem receber maior atenção quanto à implantação de espaços verdes, principalmente através da arborização viária.

Os distritos Mandaqui, Tucuruvi e Tremembé são razoavelmente arborizados, entretanto, a declividade dessa região é acentuada, o que resultou na prioridade média-alta para arborização. O aumento de espaços vegetados é especialmente importante nessas regiões para a constituição de uma zona de amortecimento do Parque Estadual da Cantareira. Dessa forma, o contraste da cobertura do solo seria menor entre o parque e os bairros adjacentes, favorecendo os fluxos biológicos e de pessoas. Além disso, melhorar a oferta e a acessibilidade de áreas verdes, trazendo-as para o cotidiano da população local, auxilia na educação ambiental e na conservação das áreas protegidas, inclusive do Parque Estadual da Cantareira.

Esses espaços verdes poderão também conectar os fragmentos de vegetação da cidade. Dessa forma, além de reduzir os problemas ambientais já mencionados, podem aumentar a conectividade da paisagem.

Os bairros Mooca, Brás, Bom Retiro, Pari e Santa Cecília, localizados na região central, possuem baixo índice de vegetação (figura 2), entretanto, por apresentarem topografia mais plana, não se enquadram nas zonas de prioridade para arborização deste trabalho.

Cabe salientar, que não propomos neste estudo a conversão total de uso do solo dessas áreas em espaços vegetados. O mapa apresentado constitui uma ferramenta para auxiliar na tomadas de decisão e na elaboração de diretrizes específicas para o regramento do uso e ocupação do solo nestas porções do território.

Podem ser utilizadas diferentes estratégias para o aumento de espaços verdes nas cidades, desde índices urbanísticos diferenciados e área mínima permeável, até incentivos fiscais aos proprietários para aumento da arborização e permeabilidade do solo... Oliveira (1996) apresenta quatro delas em estudo realizado no município de São Carlos, SP. A primeira estratégia seria o aumento da arborização de vias, em que o autor apresenta, inclusive, soluções para amenização dos conflitos entre as estruturas urbanas e a vegetação. A segunda estratégia visa a conversão de áreas verdes inacessíveis para a população (devido à falta de infraestrutura) em praças e parques, por meio da eliminação de barreiras (muros, cercas e portões), planejamento de trilhas e pistas para caminhada. A terceira estratégia corresponde à integração de áreas devolutas e com uso não planejado ao sistema de espaços verdes, por meio do manejo das áreas para atendimento de diversas demandas do meio urbano. Finalmente, a quarta estratégia representa a recuperação de áreas degradadas ou residuais, que estão vazias ou abandonadas, sendo que muitas são áreas públicas que apresentam enorme potencial para conversão em uma área verde multifuncional, cumprindo funções recreativas, ecológicas, de drenagem e mobilidade (SANCHES, 2014).

## CONCLUSÕES

Diferentemente da maioria das ações e políticas públicas que são voltadas ao fomento de espaços verdes em áreas inundáveis ou estabelecimento de infraestruturas que otimizam a drenagem, este trabalho propõe uma visão mais abrangente, enfrentando preventivamente os problemas de escoamento superficial à montante, onde é mais intenso.

O mapa de áreas prioritárias para arborização urbana indica as regiões que possuem menor índice de vegetação e maior declividade, e que, portanto, devem receber atenção do poder público para o aumento de espaços verdes, capazes de reduzir os problemas decorrentes da elevada velocidade de escoamento superficial da água da chuva, como alagamentos, erosão e deslizamentos de solo.

Nota-se que em diversos municípios brasileiros a distribuição dos espaços verdes é realizada de forma aleatória ou motivada por interesses particulares. Neste contexto, devem ser propostos novos modelos de planejamento que concilie a manutenção da integridade ambiental e as necessidades da população.

A combinação dos critérios abordados, visando a diminuição do escoamento superfi-

cial, mostrou ser eficiente para a determinação das áreas prioritárias para arborização urbana. O método utilizado apresenta soluções simples e de baixo custo, essas características, associadas às vantagens de uso de Sistemas de Informações Geográficas constituem uma ferramenta importante para tomada de decisão e desenvolvimento de diretrizes assertivas no planejamento urbano.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Capes pela concessão de bolsas e à Fundação DigitalGlobe pela doação de imagens de satélite de alta resolução.

## REFERÊNCIAS

ALVES, P.L. **Capacidade de interceptação pelas árvores e suas influências no escoamento superficial urbano**. 2015. 100p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais. 2015

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. **Mapeamento e análise de áreas verdes urbanas em Paulínia (SP): estudo com a aplicação de geotecnologias**. Soc. & Nat., Uberlândia, ano 24 n. 1, 143-156, 2012.

Brasil. Presidência da República. **Parcelamento do solo urbano**. Lei 6.766/79. Brasília, DF: Série Documentos Sociais, 1980.

COSTA, J. A. **Uso de imagens de alta resolução para definição de corredores verdes na cidade de São Paulo**. 2010. 114p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2010.

DUARTE, D. H. S; SERRA, G. G. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador**. Ambiente Construído, v. 3, n. 2, p. 7-20, 2003.

FORMAN, R.T.T., GORDON, M. **Landscape Ecology**. John Wiley & Sons, New York. 1986.

HIJIOKA, Akemi. et. Al. **Espaços livres e espacialidades da esfera pública: Uma proposição conceitual para o estudo de sistemas de espaços livres urbanos no país.** Paisagem Ambiente: ensaios. n. 23, São Paulo, 2007, p. 116 – 123.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=355030>. Acesso em: 06. set. 2016.

JACOBI, P. **Cidade e meio ambiente: percepções e práticas em São Paulo.** 2ª ed., Annablume, 2006, 206p.

JESUS, S. C., BRAGA, R. **Análise espacial das áreas verdes urbanas da Estância de Águas de São Pedro – SP.** Revista Caminhos de Geografia, v. 18, n. 16, p. 207-224, 2005. ISSN 1678-6343.

MAGALHÃES. **Análise dos espaços verdes remanescentes na mancha urbana conurbada de Belo Horizonte - MG apoiada por métricas de paisagem.** 2013. 163p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013.

OLIVEIRA, C. H. **Planejamento ambiental na Cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas.** 1996. 181p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 1996.

SANCHES, P.M. **De áreas degradadas a espaços vegetados.** São Paulo: Ed. Senac, 2014.

SILVA FILHO, D. F. **Aplicação de videogeografia aérea multiespectral na avaliação de floresta urbana.** 2004. 88p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal. 2004.

SILVA, L.F.; LIMA, A.M.L.P; SILVA FILHO, D.F.; COUTO, H.T.Z. **Capacidade de interceptação pelas árvores e suas influências no escoamento superficial urbano.** REVSBAU, Piracicaba – SP, v.4, n.3, p.32 – 48, 2009.

TORRES, E. M. **Metodologia para macroplanejamento de áreas verdes urbanas.** 2003. 68p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.

ARTIGO Nº 5

**HABITAR NAS 'BUFFER ZONES'**  
**DIRETRIZES ECO-SOCIAIS PARA UMA ARQUITETURA**  
**INTEGRADA À INFRAESTRUTURA VERDE**

*DWELLING IN 'BUFFER ZONES'*  
*ECO-SOCIAL GUIDELINES FOR AN ARCHITECTURE*  
*INTEGRATED TO GREEN INFRASTRUCTURE*

José Otávio Lotufo

**HABITAR NAS ‘BUFFER ZONES’  
DIRETRIZES ECO-SOCIAIS PARA UMA ARQUITETURA  
INTEGRADA À INFRAESTRUTURA VERDE**

*DWELLING IN ‘BUFFER ZONES’  
ECO-SOCIAL GUIDELINES FOR AN ARCHITECTURE  
INTEGRATED TO GREEN INFRASTRUCTURE*

**José Otávio Lotufo**

Arquiteto e urbanista pela Faculdade de Belas Artes da São Paulo (1996), mestre na área de Projeto Arquitetônico pela FAU-USP (2011), doutor na área de Projeto Arquitetônico pela FAU-USP (2016),  
e-mail: zkltf@uol.com.br

**RESUMO**

A pesquisa em Infraestrutura Verde se dá principalmente através do projeto da paisagem e da reconstituição da floresta urbana. Esta ênfase importante orienta transformações para o enfrentamento dos atuais desafios ambientais. Neste esforço conceitual e prático, surge uma questão de suma importância. Como o projeto arquitetônico, concomitante ao cumprimento de suas funções sociais, pode contribuir com os serviços ecossistêmicos prestados pela Infraestrutura Verde? O edifício, frequentemente um obstáculo aos processos ecossistêmicos, obstrui ou condiciona seus fluxos por desenhos distantes de uma abordagem ecológica. Ao propor o projeto da arquitetura como fator de contribuição à resiliência ecológica urbana, nós propomos diluir as fronteiras entre construção e paisagem, integrando o edifício à infraestrutura verde e redefinindo suas funções para além do programa arquitetônico tradicional.

**Palavras-chave:** Arquitetura; Urbanismo; Projeto sustentável; Resiliência ecológica urbana

**ABSTRACT**

*The Green Infrastructure research occurs mainly through the landscape design and the reconstitution of the urban forest. This important emphasis guides changes to face the current environmental challenges. In this conceptual and practical effort, an extremely important issue arises: how can the architectural project, together with the fulfillment of its social functions, contribute to the ecosystem services provided by the Green In-*

*frastructure? The building, usually an obstacle to ecosystemic processes, obstructs or conditions its flows through designs in conflict with an ecological approach. By proposing the architectural design as a factor of contribution to urban ecological resilience, it is suggested to dilute the border lines between construction and landscape, integrating the building with the green infrastructure and redefining its functions beyond the traditional architectural program.*

**Keywords:** *Architecture; Urbanism; Sustainable Design; Urban Ecological Resilience*

*“... por nossa saúde psíquica e bem-estar de nossas cidades, continuemos a encontrar maneiras de abrir espaço para a alma”. [James Hillman]*

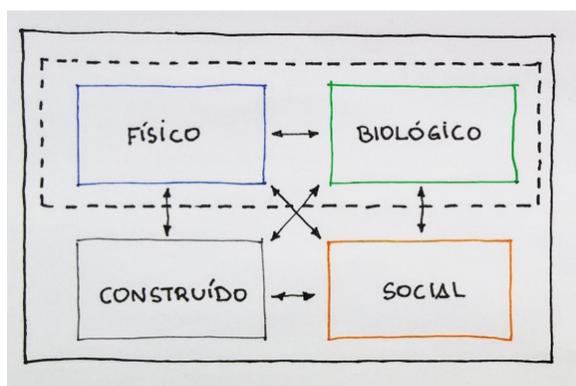
## **A natureza da cidade**

O conceito de Infraestrutura Verde veio para reafirmar a importância da natureza na cidade. Mais do que questões estéticas e de mitigação do impacto da urbanização, a natureza assume a função de prestadora de serviços socioecológicos. Quando valorados e devidamente contabilizados estes serviços demandam políticas de incentivo a projetos mais sustentáveis e menos imediatistas, investimentos em qualidade de vida com previsão de retornos a médio e longo prazo.

Mais frequentemente focadas no projeto da paisagem e na constituição da floresta urbana, as pesquisas em Infraestrutura Verde deixam em aberto uma lacuna importante que o presente trabalho se propõe a ocupar: o projeto arquitetônico. O edifício é, em maior ou menor grau, um obstáculo aos processos ecossistêmicos. Quando projetado para maior resiliência ecológica urbana, contribui na dissolução destas barreiras, enquanto integram-se construção e paisagem. Nosso objetivo é propor uma arquitetura que cumpra sua função social ao mesmo tempo que dê apoio e continuidade àquelas funções desempenhadas pela Infraestrutura Verde. Uma ética e estética alinhadas aos novos paradigmas.

Pensar o projeto da paisagem e o do edifício de forma isolada dificulta soluções integradas para os problemas abordados por cada um, criando conflitos e obstruções aos fluxos e funções por eles desempenhados. Para integrá-los se faz necessário adotar uma definição apropriada de ecossistema urbano.

No que consiste um ecossistema urbano? Quando na década de 60 os irmãos Odum desenvolveram o conceito de ecossistema, a cidade começou a ser vista como uma máquina metabólica onde interagem componentes físicos e biológicos. Ainda só eram considerados o solo, a água, flora e fauna, enquanto que as construções e a vida nas comunidades humanas não eram levadas em conta. O estudo se concentrava mais sobre os fragmentos de natureza na cidade, como os parques e áreas verdes. Um ecossistema urbano, no entanto, além dos elementos naturais, a saber, o meio físico (geologia, relevo e água) e biológico (fauna e flora), inclui elementos antrópicos, entendidos como construções (edifícios e infraestrutura), e a sociedade. Este conjunto se define como a “natureza *da* cidade” mais do que a “natureza *na* cidade” (PICKETT e CADENASSO, 2013) (fig.01). É a esse modelo que nos referimos neste trabalho como ecossistema urbano.



**Figura 1** – Conceito de ecossistemas urbanos segundo Pickett e Cadenasso. Adaptação do autor. (LOTUFO, 2016)

## Resiliência ecológica urbana

O conceito de resiliência se aperfeiçoou bastante desde sua concepção original pela física, adotada depois pela engenharia e aplicada nas primeiras gestões de ecossistemas. Por esta concepção inicial, um objeto era tomado de forma isolada em um estado de equilíbrio único. A resiliência referia-se à velocidade ou tempo de retorno ao seu estado original depois de sofrer uma deformação ou *stress*. Um exemplo simples é o do elástico. Há um ponto até onde ele pode ser deformado sem que sofra uma deformação definitiva ou ruptura. Este ponto, segundo esta definição, é o limite de resiliência. Quando este conceito foi aplicado à sistemas complexos, como os ecossistemas, a resiliência foi compreendida como a capacidade de retorno ao equilíbrio após sofrer um distúrbio. Pressupunha-se a existência de um estado único de equilíbrio para o qual deveria permanecer estável ou próximo da estabilidade, e um limite de resiliência

que não poderia ser transposto. No entanto esta concepção começou a se mostrar deficiente (GUNDERSON et al., 2010).

Observava-se, no caso de ecossistemas, que a imposição de estabilidade causava diminuição de resiliência. Um exemplo clássico: o controle total de incêndios em uma floresta resulta em tal acumulação de matéria inflamável que qualquer faísca desencadeia um incêndio incontrolável. Quando este acúmulo não existe, os pequenos focos de incêndio não se alastram com tanta rapidez e colaboram em manter mais baixas as taxas de material inflamável, tornando a floresta menos propensa a incêndios de grande porte. As áreas atingidas por pequenos focos de incêndio recebem suporte natural de seus entornos não atingidos (GUNDERSON *et al*, 2010). O paradigma do “comando e controle” entra em crise e surge o da “gestão flexível”.

Uma gestão eficiente deve reconhecer previamente quais atributos dão suporte à resiliência do ecossistema em questão. Uma vez que ecossistemas possuem diversos estados de equilíbrio, são naturalmente instáveis. A variabilidade e a imprevisibilidade são qualidades positivas. Não mais uma questão de estabilidade, a resiliência ecológica passa a ser compreendida como a medida de persistência de um sistema, ou seja, sua capacidade de absorver mudanças e perturbações enquanto mantém as funções e a constância das relações entre seus componentes (GUNDERSON et al, 2010).

Um gerenciamento ecológico eficiente é o que proporciona ao sistema maior capacidade adaptativa e imunológica, e oferece condições para um aperfeiçoamento constante. A dinâmica de sistemas ecológicos pôde ser melhor compreendida a partir dos conceitos de *ciclos adaptativos* e *panarquia*, como descritos por Gunderson e Holling (2002). Estes conceitos descrevem interações intra-escalares e inter-escalares, cuja dinâmica sustenta a resiliência de um sistema.

O modelo de ciclo adaptativo é descrito por quatro fases, a saber, (1) estruturação, (2) conservação, (3) desconstrução criativa e (4) reorganização. Relações de causa e efeito se estabelecem entre diversos ciclos adaptativos em diferentes escalas. Os ciclos em escalas maiores são geralmente mais lentos e em escalas menores mais rápidos. As relações de causa e efeito se dão em todas as direções. Quando de cima para baixo (*top-down*) recebem o nome de “recordação”. Nas cidades isto se dá, por exemplo, na administração pública ou por políticas regidas por determinantes econômicas ou ideológicas. No sentido contrário (*botton-up*) recebem o nome de “revolta”. Um exemplo de “revolta” na cidade é como um movimento de comunidade pode de-

sencadear uma reestruturação política. Uma rede de ciclos adaptativos dentro de um ecossistema configura uma panarquia.

A panarquia descreve como variáveis em diversas escalas interagem determinando transformações em ecossistemas naturais ou sociais. Sugere interações *top down* e *bottom up*, ou seja, que as transformações ecossistêmicas não estão submetidas a uma ordenação hierárquica clássica, ou exclusivamente de cima para baixo (fig. 02).

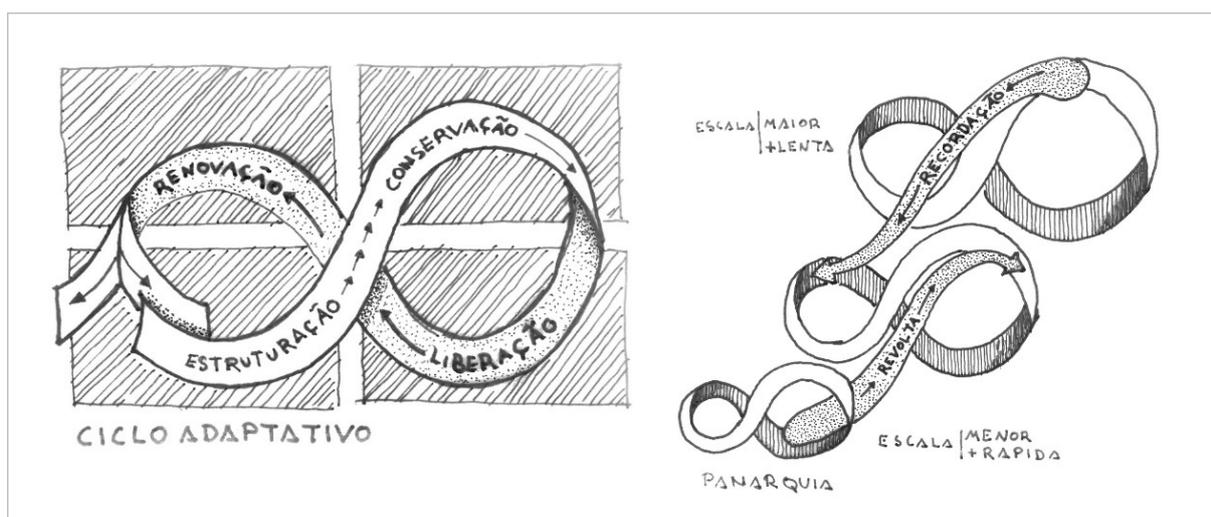


Figura 2 – Ciclo adaptativo e Panarquia, adaptado de Gunderson e Holling, 2002

A contribuição que este modelo nos traz é o reconhecimento da coexistência entre equilíbrio e mudança. As grandes transformações não se dão necessariamente a partir de decisões tomadas nas escalas superiores de governança. Podem e devem surgir nas comunidades e dos processos ecossistêmicos que ocorrem na escala das comunidades. Isto implica no reconhecimento destes processos, naturais e antrópicos, o que deve resultar em decisões importantes que inspirem gestões ambientais, assim como projetos ecológicos de arquitetura e urbanismo. Podemos listar alguns atributos importantes que contribuem a esta dinâmica e devem existir em ecossistemas urbanos resilientes (LOTUFO, 2016):

- **Diversidade.** Desde a biológica à econômica, passando pela social e cultural.
- **Variabilidade ecológica.** Livre da rigidez formal, os processos ecológicos no ambiente urbano devem fluir através de ciclos adaptativos. Isto exige presença

de áreas verdes naturalistas e espaços públicos democráticos para o convívio social, flexíveis e de múltiplo uso.

- **Modularidade.** Em oposição à uniformidade racionalista o desenho urbano ecológico se define como um mosaico dinâmico de lugares diversificados, o que impede o desencadeamento rápido de distúrbios, e possibilita a cooperação das partes não afetadas.
- **Capital social.** Criado através de estímulos às interações em rede social, à formação de lideranças locais e à participação comunitária.
- **Serviços ecossistêmicos.** Fornecidos principalmente pela infraestrutura verde na gestão hídrica e do verde, na oferta de espaços públicos verdes, no controle da temperatura e da poluição.
- **Mobilidade, transporte sustentável e acessibilidade.** Cidades caminháveis, livres de poluição e ruído excessivo. Integração das diversas escalas de locomoção através de sistemas multimodais.
- **Corredores e caminhos verdes.** Caminhos para fluxos humanos e de biodiversidade, incluindo estradas, avenidas, ferrovias, ruas, ciclovias, acessos locais e margens de rios.
- **Espaços Públicos Verdes.** Espaços abertos multiuso, para lazer, esporte, convívio e iniciativas comunitárias.
- **Construções Ecológicas.** Além de cumprirem sua função social oferecem suporte às funções ecossistêmicas.

### Forma e fluxo - Conciliando tendências urbanísticas

A arquitetura deve cumprir suas funções programáticas, sociais, culturais e econômicas, sem comprometer o fluxo das funções do ecossistema no qual ela se insere. E deve, na medida do possível, lhe dar suporte.

“Forma segue função” é ainda uma formulação válida, mas torna-se necessária, e aqui propomos, uma ressignificação desta fórmula. Para o propósito ecológico devemos ir além das funções estabelecidas em um programa arquitetônico tradicional. Devemos incorporar ao programa aquelas funções que dão suporte a um ecossistema urbano sadio.

Em um ecossistema urbano, como nos naturais, o fluxo de seus processos é um problema fundamental. Suas obstruções são patologias que causam mudanças nocivas à qualidade da vida na cidade. O ciclo das águas, a ventilação, a dispersão da biodiversidade, a luminosidade são alguns dos fluxos naturais. A mobilidade, a acessibilidade, o acesso a moradia, trabalho, educação e cultura, a economia, informação, destinação de resíduos etc. são alguns dos fluxos humanos.

Uma vez reconhecidos os fluxos, uma análise cuidadosa da forma urbana e arquitetônica poderá revelar quais obstruções estão enfraquecendo a resiliência do sistema. Um “desenho para os fluxos” tem como objetivo criar as condições espaciais para o desenvolvimento de uma vida social saudável na qual habitação, trabalho, cultura, lazer, esporte, encontro e convívio coexistam através do livre fluxo e confluência de seus processos. Uma arquitetura ecológica deve restaurar, preservar e harmonizar os fluxos inerentes ao ecossistema no qual se insere.

Os atributos da cidade tradicional, defendidos por movimentos como o New Urbanism e por pensadores importantes como Janes Jacobs e Jan Gehl, resgatam preceitos importantes, inerentemente humanos, que dão suporte a processos fundamentais ao ecossistema urbano, principalmente no que se refere à escala dos bairros e comunidades, à requalificação do espaço público e sua reconquista pelas pessoas. No entanto, não raro, esta abordagem tende a não considerar de forma satisfatória o papel da natureza na cidade, condicionando as áreas verdes em molduras rígidas, espaços fragmentados, desconexos, uniformes e ecologicamente frágeis.

Também na busca por um urbanismo mais sustentável, uma outra tendência do pensamento urbanístico contempla cenários futuros inéditos, principalmente nas escalas maiores, urbanas e regionais, ou em vazios urbanos subutilizados. Procura lidar com temas atuais, como a complexidade, a incerteza, mudanças climáticas, grandes infraestruturas. Dá grande ênfase aos processos ecossistêmicos e ocupa-se em superar a separação rígida entre arquitetura e paisagem. O movimento Landscape Urbanism é um exemplo desta abordagem que, por sua vez, falha em não contemplar de maneira satisfatória as escalas onde ocorre a vida cotidiana das pessoas e a dinâmica das comunidades.

São tendências aparentemente contraditórias. Se a primeira enfatiza a relação cidade-pessoas, a segunda enfatiza a relação cidade-natureza. Pode-se dizer que cada uma dá prioridade, respectivamente, à forma e ao fluxo. Propomos solucionar este

dilema a partir de uma relação tríade: construções-natureza-pessoas (fig.03). É uma abordagem que propõe olhar passado e futuro simultaneamente, a partir do presente.



**Figura 3** – Integração de tendências

Da contradição entre as necessidades humanas e as ambientais deve emergir uma resposta ecológica conciliadora. Esta tríade construções-natureza-pessoas não é nova. Foi contemplada na gênese do pensamento organicista do urbanismo moderno, ainda no século XVIII, no movimento inglês pelo Pitoresco. A visão de cidade tradicional do movimento pelo Pitoresco, como foi apresentado nos estudos de Pevsner nos anos 50 (2010), inspira conciliar estes três componentes através de uma sensibilidade que falta àquelas duas tendências. Difere do movimento New Urbanism por não estar contaminada pelo racionalismo moderno e pelo historicismo pós-moderno. Difere do Landscape Urbanism por trazer à escala humana problemas ecológicos que este contempla em escalas maiores (LOTUFO, 2016).

Oferece assim à escala comunitária atributos que estão atualizados no conceito de resiliência ecológica: A variabilidade das formas urbanas desde o desenho dos edifícios, passando pela largura das ruas e soluções de calçadas, arborização, formato das quadras, praças e jardins; a diversidade do uso do solo e das soluções estéticas que conferem aos lugares características únicas e marcantes; a irregularidade dos caminhos que reservam surpresas e enriquecem a experiência de quem vive e circula

na cidade; a estética naturalista, que é assimétrica e complexa. Por fim, nos mostra a relevância da experiência empírica e da sensibilização às funções ecológicas e culturais do lugar, principalmente na escala dos bairros e comunidades; inspira adaptações ecológicas profundas para a escala dos bairros, para as propostas contemporâneas de adensamento e a reconquista do espaço público pelas pessoas.

### **A comunidade como componente ecossistêmico**

A falta de afetividade e interesse entre as pessoas, e destas com o lugar, tem importante protagonismo no estado calamitoso das cidades (HILLMAN, 1993). A negação da cidade hoje em dia se dá, antes de tudo, como negação do espaço público. Condomínios fechados e shopping centers são exemplos reais e simbólicos de um fenômeno que precisa ser revertido. São ilhas de exclusão que interferem nos fluxos dos processos ecossistêmicos, naturais e culturais, que humanizam o campo social. Decorre disto uma estética desprovida de ética, uma estética do medo e da insegurança, com seus muros altos, suas cercas eletrificadas, arames farpados, seguranças armados, carros blindados, onde deveria haver conexão e fluidez. Como disse Hillman “a frustração da alma, em face à uniformidade e impessoalidade de grandes muros e torres, destrói, como um bárbaro, aquilo que não pode compreender (...) Por nossa saúde psíquica e bem-estar de nossas cidades, continuemos a encontrar maneiras de abrir espaço para a alma”.

Um desenho urbano que não contemple a adequação do lugar para as relações humanizadoras de convívio, afeto e participação comunitária enfraquece a resiliência, tornando a cidade ecologicamente frágil. Precisamos de espaços abertos aos fluxos que constroem o capital social.

Uma rua de tráfego pesado é hostil às pessoas. Isto melhora se houver segregação entre automóveis e pedestres, redução da velocidade de veículos, segurança para a circulação de bicicletas, calçadas largas e bem construídas. Melhora se houver na rua atividades que a mantenham viva e ocupada, sombra de árvores, presença do verde, lugares para descanso com mobiliário urbano bem desenhado. Mas o valor destes atributos se multiplica quando o fluxo humano se descondiciona do fluxo dos veículos motorizados.

Os caminhos para as pessoas, assim como o de outros fluxos, podem ser outros que os do automóvel. Podem ser mais pitorescos, sinuosos, com surpresas e espaços di-

versificados para encontros, repouso, convívio, atividades sociais, culturais e de lazer. Isso se torna possível quando a quadra urbana se abre para a cidade e seu térreo é tornado público. Projetos arquitetônicos que contemplem a escala da quadra têm enorme potencial de inovação, tanto para a humanização do espaço urbano como para a integração do edifício com a infraestrutura verde. A quadra aberta se apresenta como a antítese ao condomínio fechado.

### **A quadra urbana nas ‘buffers zones’, proposições na bacia do Córrego Mandaquí**

O conceito de Infraestrutura Verde, conforme Benedict e McMahon (2006), descreve um esquema simplificado composto por três elementos: Os **núcleos**, que correspondem aos parques e reservas florestais; os **sítios**, que correspondem aos jardins, praças e pequenos parques; e as **conexões**, que são corredores ecológicos, vias arborizadas, caminhos verdes, e parques lineares que conectam sítios e núcleos. Podemos adicionar a este modelo os amortecedores climáticos, ou **buffers zones**, que são os bairros jardins ou suficientemente arborizados.

As *buffer zones* devem ocupar os espaços entre os sítios, núcleos e conexões. Sua função é aumentar a área de influência da Infraestrutura Verde sobre o tecido urbano e diminuir o impacto do tecido urbano sobre as áreas verdes, rios e córregos, diluindo a fronteira rígida entre construção e paisagem. Quando as bordas da Infraestrutura Verde são projetadas com princípios ecologicamente orientados elas se transformam em *buffers zones*. Este estudo objetiva oferecer diretrizes para a criação de *buffers zones* na Bacia Hidrográfica do Córrego Mandaquí, na cidade de São Paulo.

Selecionamos um fragmento da cidade às margens do córrego Mandaquí numa área que abrange parte dos bairros do Limão (a Oeste do córrego) e Casa Verde (a Leste do córrego). Dentro deste fragmento assinalamos algumas quadras. O critério de escolha foi o de apresentar situações diversificadas de relevo e uso do solo, dentro da “Trilha Norte-Sul”, faixa determinada pela pesquisa “Infraestrutura Verde para a Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas da cidade de São Paulo” ao qual este trabalho se vincula. (fig.04)

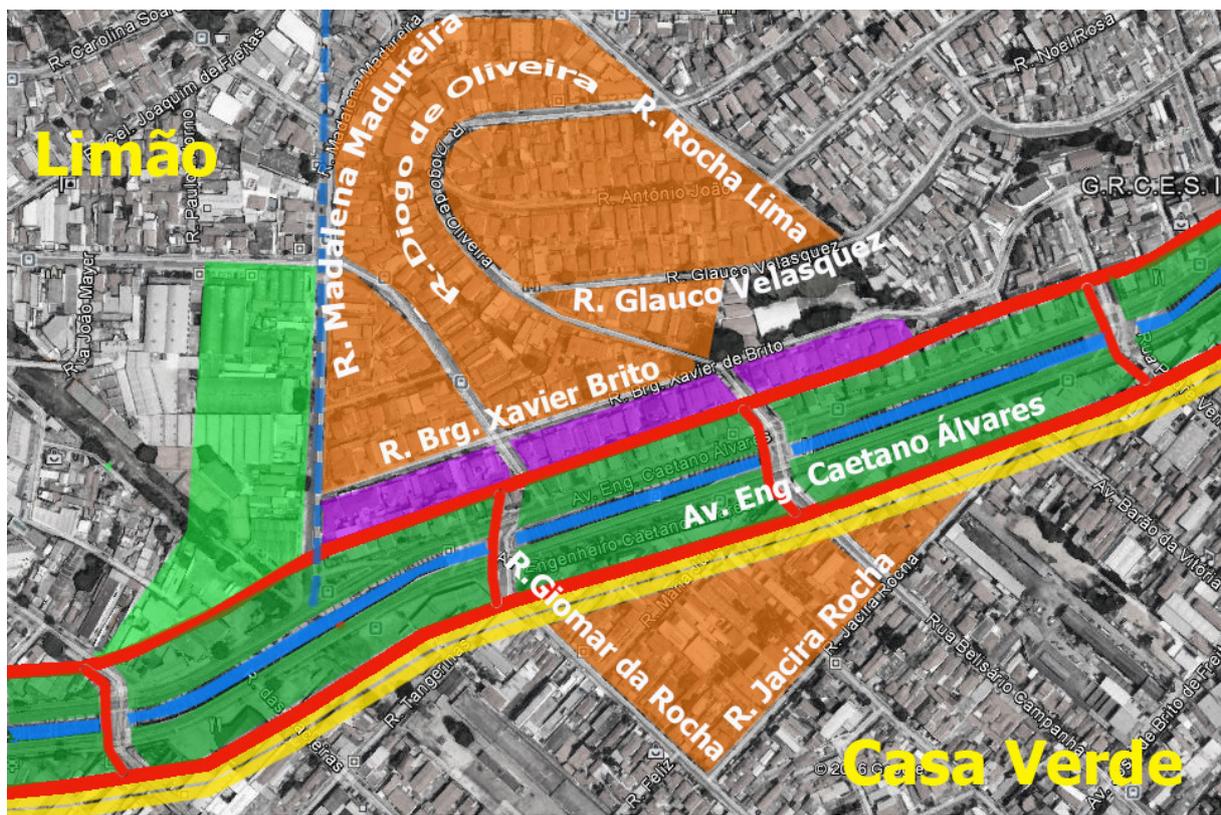
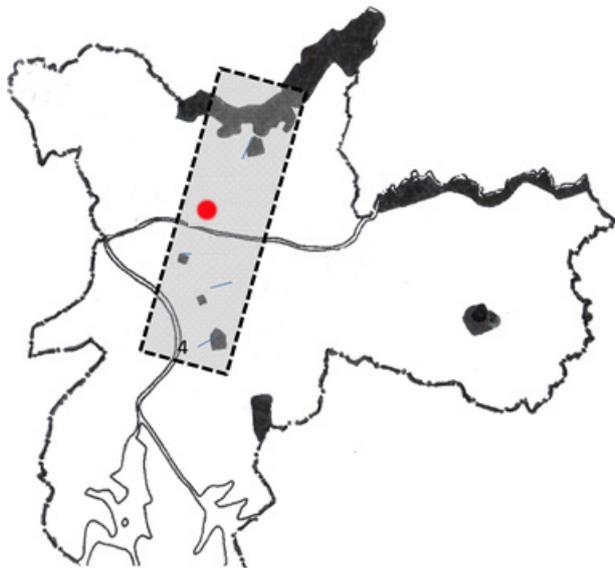


Figura 4 – O ponto vermelho na imagem superior sinaliza o local selecionado dentro do Recorte espacial do projeto “Infraestrutura Verde para a Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas da cidade de São Paulo”

## Córrego e parques fluviais

Um cenário ideal para a transformação da Bacia Hidrográfica do Córrego Mandaquí apresenta a recuperação das margens do córrego como um parque linear contínuo, um corredor verde que conecta o Parque Estadual da Cantareira ao Rio Tietê.

Propomos que este parque linear apresente alargamentos nos pontos onde o Córrego Mandaquí recebe seus afluentes. Um destes alargamentos se situa na área de estudo, e deve abrigar um parque com a função específica de tratar a água do afluente e ser aberto à visitação pública. Devido sua fragilidade ecológica este parque deve dispor de caminhos e áreas de estar elevados sobre deck e passarelas. Lagoas pluviais e alagados compõe um pequeno sistema de purificação da água e controle de enchentes. Com vegetação ciliar, plantas macrófitas, fauna e flora da biota original, formará um ecossistema para recuperação da biodiversidade no meio urbano. O local é a quadra situada entre a Avenida Engenheiro Caetano Álvares, a faixa de servidão da Eletropaulo e a Rua Madalena de Madureira, hoje ocupada por galpões industriais. Esta quadra é o local da passagem original deste afluente, hoje poluído e canalizado sob a Rua Madalena Madureira.

O Parque Linear do Mandaquí deve conquistar seu espaço com a reestruturação do sistema viário, fundamentalmente pelo afastamento da Avenida Engenheiro Caetano Álvares. Suas duas pistas devem ficar afastadas 30 metros da margem leste do córrego, receber um canteiro central arborizado e biovaletas em toda sua extensão. Junto com outros dispositivos de drenagem ecológica, dispostos de acordo com a especificidade de cada lugar, devem compor um sistema que intercepte o fluxo horizontal das águas pluviais, protegendo o córrego da sujeira dispersa das ruas e calçadas. Podemos observar que ainda hoje restaurantes e oficinas mecânicas ao longo da Avenida Caetano Álvares, às margens do córrego, lançam óleos e graxas diretamente nas águas do córrego (fig. 05).



**Figura 5** – Comércio e serviços automotivos às margens do Córrego Mandaquí (foto do autor)

Hoje o córrego corre aberto sobre calha de concreto em grande parte de sua extensão. Existe um vigamento no nível das avenidas unindo as duas paredes da calha, elemento que aprofunda a separação entre a população e a água, criando um anteparo visual para quem atravessa suas pontes (Fig.06). A naturalização deste curso d'água prevê a substituição destas estruturas de concreto através de técnicas apropriadas, passando por condições temporárias até a constituição final de suas margens com solo compactado e protegido de erosão por vegetação ciliar. Alguns acessos da população à água através de decks e escadas devem ser previstos. O rio passa assim a participar da vida e da paisagem urbana.



**Figura 6** – Vigamento sobre calha concretada do Córrego Mandaquí (foto do autor)

Compondo com o parque linear, em toda sua extensão e em ambas as margens, um calçadão estará equipado com ciclovias sombreadas por árvores de espécies locais variadas, com suas copas se tocando. Mobiliário urbano durável e de excelente ergonomia estará disposto em ambientes para o encontro, sempre protegidos com o sombreamento natural de árvores. Bebedouros, lixeiras seletivas, quiosques com lanches e sucos, iluminação adequada, equipamentos de ginástica, quadras esportivas, pistas para skate e outros equipamentos completam a qualidade de um ambiente urbano que deve elevar radicalmente a qualidade de vida dos moradores locais e atrair visitantes de outros bairros.

### **Quadras adjacentes ao parque**

As construções que fazem fronteira direta com o parque linear terão gabarito limitado a térreo e mezanino, e devem ter seus usos destinados ao comércio, serviço e institu-

cional. Será estimulado e priorizado seu uso para educação e cultura, concentrando escolas, creches, bibliotecas, galerias de arte, auditórios, teatros, etc.

As quadras adjacentes ao parque linear entram para um programa de transformação urbana que deve ocorrer a longo prazo. Determina-se que toda nova edificação fica subordinada a um plano diretor de quadra.

### **As *Buffers Zones* e o Plano Diretor Estratégico de São Paulo**

O projeto para o parque linear e o plano diretor para as quadras ecológicas deve incorporar diretrizes já determinadas pelo Plano Diretor Estratégico do município, além de novas diretrizes socioecológicas propositivas que objetivam sua constituição como *buffers zones*, isto é, como continuidade à Rede de Infraestrutura Verde.

Alguns objetivos que veem de encontro a presente proposta já estão descritos no Plano Diretor Municipal. Podemos destacar entre outros:

1. A redução da necessidade de deslocamento através da aproximação entre emprego e moradia;
2. A implementação de políticas fundiárias que criem alternativas à especulação imobiliária praticada pelo mercado, garantindo a função social do solo urbano e proteção do patrimônio ambiental;
3. A mitigação do impacto das mudanças climáticas, com estímulo à construção sustentável, proteção e promoção de áreas verdes e criação de novas áreas de proteção ambiental permanente;
4. A valorização e qualificação de espaços públicos verdes, arborizados e permeáveis.
5. O alargamento e qualificação das calçadas
6. O estímulo à “fachada ativa”, que consiste no uso múltiplo no térreo dos edifícios,
7. A fruição pública do térreo,
8. As restrições às garagens,
9. A cota de solidariedade.

Fundamentalmente nossa proposta se alinha a um dos elementos estruturadores do ordenamento territorial do Plano Diretor, a Rede Hídrica e Ambiental, ou seja, o sistema constituído pelos cursos d'água, seus fundos de vale, as áreas verdes e espaço livres.

O ponto principal, que demanda uma revisão no critério de adensamento, diz respeito aos rios urbanos, muitos deles canalizados. Enfatizamos nestas áreas o objetivo de coibir o processo de ocupação e adensamento nas várzeas, promover uma progressiva implementação de parques lineares fluviais e determinar critérios construtivos e de ocupação nas beiradas destes parques. Estes critérios estão fundamentados no objetivo de potencializar as funções ecossistêmicas desempenhadas pela Infraestrutura Verde, tomando a quadra ecológica como unidade fundamental estruturadora das *buffers zones*.

Como previsto no Plano Diretor, por tratar-se de área com grande potencial de transformação ao longo de orla fluvial, esta proposição pressupõe a elaboração de um Projeto de Intervenção Urbanística (PIU, art. 136 do PD) para a região, a ser formulado com participação conjunta entre academia e comunidade. Estas áreas, para cumprir efetivamente suas funções ambientais, deveriam ter seus critérios de ocupação apoiados em um Zoneamento Ambiental, como o proposto por Schutzer (2012), que determinaria um conjunto de preceitos específicos a cada local de acordo com a compartimentação do relevo e seus processos hídricos e geológicos inerentes. A remuneração por serviços ambientais, também previstas pelo Plano Diretor, deve estimular o mercado imobiliário a adotar em seus projetos os critérios de sustentabilidade determinados pelo PIU.

O Reordenamento Urbanístico Integrado (art. 134, § 2.º do PD), que consiste na unificação dos lotes e mudança no parcelamento do solo é outro instrumento do Plano Diretor que pode ser usado na proposição das quadras ecológicas das *buffers zones*, com a justificativa de potencializar os serviços ambientais da Infraestrutura Verde. O modo como um reordenamento no parcelamento do solo pode potencializar processos ecossistêmicos está descrito mais adiante.

Outro instrumento previsto para a implementação de um PIU é o AIU (Área de Intervenção Urbana, art. 145 do PD). Este instrumento objetiva a transformação e melhoria ambiental nos entornos da Rede Hídrica e Ambiental. Como os corredores viários muitas vezes coincidem com os rios canalizados o adensamento da Rede Estrutural de Transporte Coletivo está frequentemente em conflito com a necessidade de preservação e recuperação de fundos de vale. Desta forma, criar meramente restrições à ver-

ticalização nos miolos de bairro, como o Plano Diretor propõe, segue um critério mais tecnicista que pode, em determinadas circunstâncias, estar em conflito com objetivos ambientais. Nossa proposta para um PIU é que esta restrição se dê de forma escalonada a partir dos cursos d'água. Propomos que seja mais o relevo e Hidrografia, e menos o sistema viário, que determinem o critério de adensamento nos locais onde estas infraestruturas, naturais e técnicas, estão espacialmente sobrepostas. Este critério permitiria uma recuperação progressiva do Córrego Mandaquí e suas margens como parte de uma ampla Rede Municipal de Infraestrutura Verde. Com rios e córregos recuperados e participando novamente da paisagem, com seus parques lineares livres de edificações, criando continuidade e conexão (caminhos verdes) entre os núcleos e sítios, e expandindo a zona de influência da Infraestrutura Verde através das *buffers zones* determinadas em suas margens, estas áreas devem ter toda e qualquer construção rigorosamente projetada por critérios ecológicos.

Estabelecemos alguns critérios para fundamentar o plano diretor de quadras.

Permitir:

- 1) Projetos arquitetônicos globais, para toda a quadra
- 2) Dois ou mais projetos arquitetônicos para a mesma quadra, desde que integrados no mesmo plano diretor
- 3) Anexação de duas ou mais quadras, desde que acompanhada com propostas viáveis de reestruturação viária

Exigir:

- 1) Térreo público e de uso múltiplo
- 2) Quadra aberta
- 3) Integração de áreas livres e promoção de espaços de convívio
- 4) Ausência de subsolo com concentração de estacionamento em edifício único por quadra
- 5) Mínimo de 50 % de área livre, verde e permeável
- 6) Teto verde ou composto com soluções para produção de energia renovável
- 7) Atendimento à função de suporte e continuidade às funções desempenhadas pela Infraestrutura Verde, funções estas determinadas por Zoneamento Ambiental (SCHUTZER, 2012)
- 8) Projeto habitacional com cotas de solidariedade e prioridade de aquisição à população já residente

## Sistema ecológico de drenagem

Importantes elementos que compõe a Infraestrutura Verde na escala local, os *dispositivos de drenagem ecológica*, devem ser implementados em todo entorno e interior das quadras, conforme sugerido pelas compartimentações de relevo (como veremos adiante). Correspondem aos jardins de chuva, canteiros pluviais, biovaletas, lagos pluviais, bacias de retenção, vias relvadas, pavimentação permeável, alagados, microestações de tratamento de esgoto e dispositivos incorporados às construções. A ideia é que o sistema de circulação e espaços livres, assim como os edifícios, abrigue também um sistema de drenagem ecológica (LOTUFO, 2016). A capacidade de retenção, contenção e reuso do sistema aproxima a cidade daquilo que Bunster-Ossa (2013) chamou de “cidade esponja”.

## Esgoto

Microestações de tratamento de esgoto contribuem com a descentralização de grandes redes de infraestrutura, evitando extensas tubulação e bombeamento às estações remotas de grande porte. Seus subprodutos, energia e fertilizantes, devem ter destinação local para iluminação pública e manutenção das áreas verdes. Estas microestações podem ser construídas no local ou adquiridas de indústrias especializadas. Em tamanhos variados, podem atender desde a escala de condomínios e quadras inteiras até a de residências unifamiliares. Para que possam ser implementadas na cidade de São Paulo ainda seria necessária uma reestruturação na legislação, o que possibilitaria grandes ganhos ambientais.

## Edificando nas *buffers zones*

Os projetos arquitetônicos que se situam nas quadras das *buffers zones* devem dar suporte e continuidade às funções da Infraestrutura Verde. Além de suas funções programáticas convencionais inclui a diminuição da ilha de calor, a gestão dos recursos hídricos, a captura de carbono, oferta de rotas de dispersão para biodiversidade, oferta de espaços verdes públicos, a saúde preventiva da população, entre outros benefícios. Funções a serem desempenhadas tanto nas áreas construídas como nas áreas livres remanescentes. Nas construídas através de coberturas, terraços e fachadas verdes, que podem estar isolados ou, preferivelmente, dispostos em escadas ecológicas, atra-

vés do escalonamento das edificações. Esta continuidade pode se dar também sob pilotis, conquistando uma taxa de permeabilidade relativa mesmo sob as construções.

Este incremento no potencial de permeabilidade sob os edifícios se dá pela capilaridade da terra, e artificialmente pela infraestrutura de contenção e percolação dos jardins de chuva que podem se estender para baixo do edifício. As passagens sob pilotis servem tanto ao fluxo de pessoas como ao da biodiversidade, com jardins sombreados que reintroduzem as espécies que vivem no solo e sob a sombra das árvores, e conectam as áreas vegetadas das calçadas ao núcleo da quadra (fig.07).

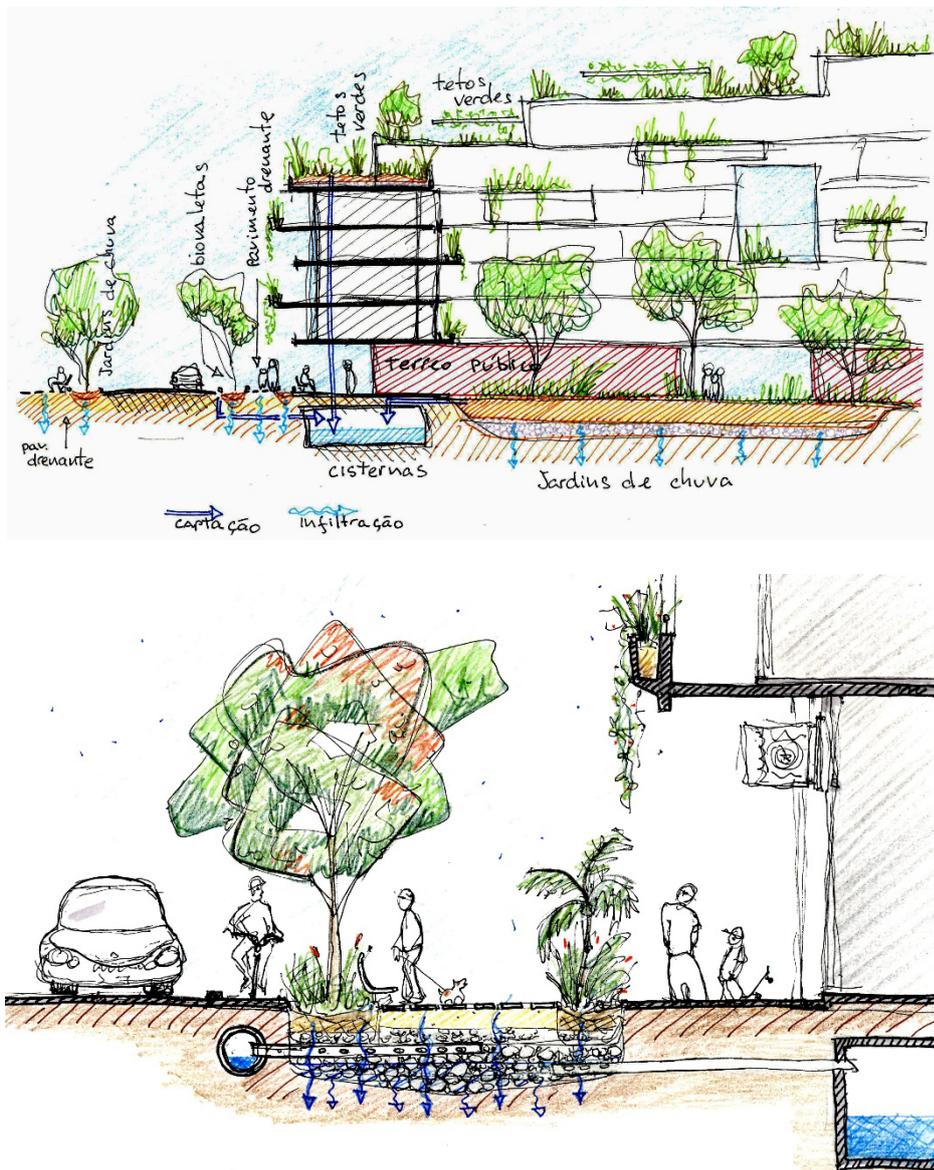


Figura 7 – Fluxo da biodiversidade (LOTUFO, 2016)

Nas áreas livres devem-se potencializar a permeabilidade do solo e a contenção das águas, através de jardins de chuva e canteiros pluviais. Cisternas devem receber a água da chuva já filtrada por estes dispositivos e pelas coberturas verdes. O excedente deve retornar ao solo para a reposição de lençóis freáticos. Só quando o volume de água superar a capacidade do sistema ecológico, o excedente é conduzido à infraestrutura convencional de drenagem, que deve permanecer como dispositivo de apoio.

O princípio de quadra aberta estabelece uma relação mais direta entre as áreas livres do interior da quadra e o sistema de circulação. A infraestrutura de circulação dá continuidade também àquelas funções desempenhadas pela Infraestrutura Verde através de dispositivos de drenagem ecológica nas ruas e calçadas. São os canteiros pluviais, biovaletas e jardins de chuva, assim como a pavimentação permeável. Dispostos ao

longo das calçadas interceptam o escoamento superficial e aumentam o índice de permeabilidade. O conjunto de quadras abertas, calçadas altamente qualificadas e dispositivos ecológicos de drenagem cria um desenho de espaço público de elevada qualidade socioambiental (LOTUFO, 2016) (fig.08).



**Figura 8** – Qualificação socioambiental do espaço público (LOTUFO,2016)

### A quadra como unidade de desenho urbano

As transformações urbanas em andamento, principalmente na cidade de São Paulo, seguem a tendência de construção de condomínios fechados com edifícios vertica-

lizados no centro do lote. Para que esta tendência seja revertida é necessária uma reformulação da lei de uso do solo, pela qual as quadras, e não mais o lote, se tornem as unidades fundamentais do desenho urbano. Na margem Sul do Rio Tietê o desenvolvimento urbano, regido pelo mercado imobiliário, já apresenta forte verticalização, com projetos de grandes condomínios, alguns com cinco ou seis torres no mesmo empreendimento. Isolados da cidade por extensos muros contínuos, negam o valor da rua e do espaço público. Ao Norte do Rio Tietê, onde nosso estudo se situa, ainda há grande potencial para a reversão desta tendência. Mas já surge no *skyline* o contorno das primeiras torres (fig.09).



**Figura 9** – Mercado Imobiliário se acercando na região. Vista da Rua Rocha Lima. (foto do autor)

Os ganhos socioambientais de se projetar espaços integrados, em recortes maiores de território, são diversos, desde que não sigam esta tendência isolacionista dos grandes condomínios fechados. Os interesses da coletividade não podem ser sobrepujados pelos interesses particulares dos que só se importam com a cidade como ativo econômico. Esta economia que trata solo urbano como mercadoria especulativa é um grande empecilho aos processos reguladores do ecossistema urbano.

Nossa proposta parte do pressuposto de uma reformulação da lei de uso e ocupação do solo, pela qual só será possível desenvolver projetos de edificações para uma mesma quadra quando esta for aberta e integrada à cidade, com acesso público ao térreo de múltiplo uso. Os projetos devem ser precedidos e vinculados a um projeto piloto para a totalidade da quadra. O objetivo é integrar a construção de modo a potencializar suas qualidades sociais e ecológicas.

O perímetro de uma quadra urbana geralmente define um limite rígido entre o espaço público e privado; uma barreira murada que restringe o espaço do pedestre às calçadas ao longo das vias, junto ao fluxo de veículos, o que pune o pedestre com poluição, ruído e insegurança. A função do espaço público fica restrita à locomoção, desqualificando-o como espaço para acontecimentos sociais. O núcleo da quadra, por sua vez, permanece inacessível e subutilizado no domínio privado.

O loteamento usual de uma quadra urbana em São Paulo define um conjunto de barreiras (muros) que fragmenta o espaço privado em porções pequenas e individualizadas. Condiciona, através de recuos obrigatórios, e do potencial construtivo, a implantação de torres no centro do lote. A permeabilidade do solo é reduzida pela pavimentação e pela existência de subsolo sob grande parte das áreas livres remanescentes. O sombreamento das torres prejudica a vegetação. Como acessos tímidos aos fundos do lote, estas reminiscências pouco prestam ao lazer e convívio, permanecendo, a maior parte do tempo, vazias e subutilizadas. Resulta, de modo geral, numa perda significativa do potencial social e ecológico das áreas livres.

Esta restrição é revertida quando a quadra, e não mais o lote, se torna o bloco básico do tecido urbano, e seu núcleo aberto é oferecido como um espaço integrado, de uso múltiplo, coletivo, verde e permeável (LOTUFO, 2016) (Fig.10).

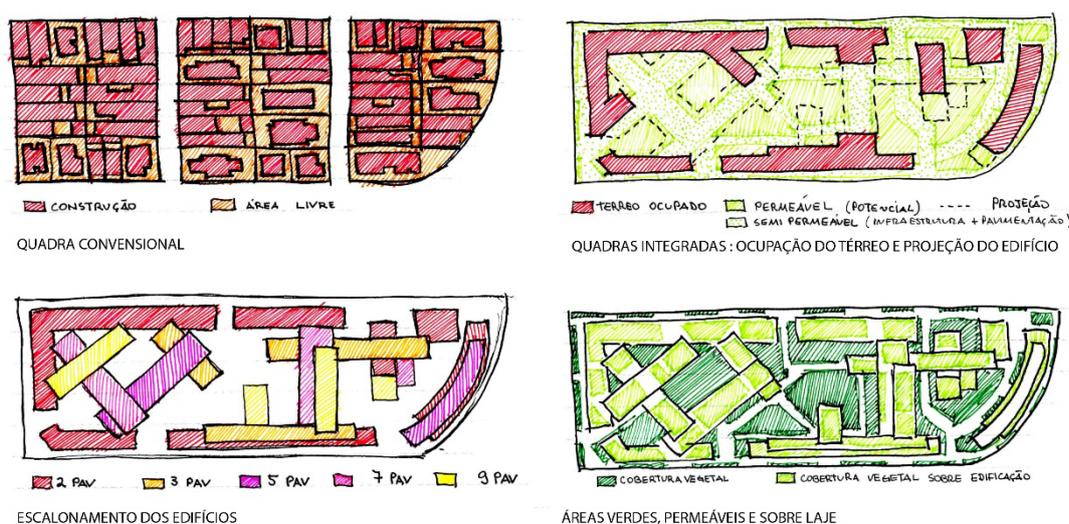


Figura 10 – Potencial para novos fluxos de uma quadra aberta (LOTUFO, 2016)

O conceito de permeabilidade da quadra deve incluir e extrapolar a questão hídrica, abrangendo o conjunto dos fluxos ecossistêmicos, tanto naturais como humanos. Enquanto a quadra convencional tende a condicionar os fluxos no sistema viário em torno de si, a quadra aberta possibilitará grandes ganhos para o sistema de circulação. Transitar através das quadras e acessar a diversidade de usos em seu interior traz ganhos na mobilidade e acessibilidade, além de contribuir para a reconquista da cidade pelas pessoas. A quadra aberta estende a calçada e a fachada ativa ao seu núcleo por caminhos restritos a pedestres. Ao expandir as possibilidades de fluxos no interior da quadra dissolvemos a rigidez da trama viária criando novas possibilidades de trajetos. Aumentando a possibilidade de eventos físicos, biológicos e humanos criamos as condições para o incremento da resiliência urbana, tanto no âmbito social como ecológico.

### **Estacionamento e circulação**

O uso misto no nível térreo proverá as condições do que se convencionou chamar de cidade compacta. Quando a habitação está em proximidade com a escola, comércio, serviços, oportunidades de emprego, lazer, esporte e cultura, diminui consideravelmente a necessidade de locomoção motorizada e transporte público. Isto alivia a pressão sobre o sistema de circulação, e demanda sobre a mobilidade e transporte.

Com a quadra como unidade territorial, um só edifício concentra o estacionamento para veículos. Com acesso único para os automóveis, as calçadas ficam exclusivamente para a circulação das pessoas, sem os numerosos acessos inconvenientes, com melhores possibilidades para mobiliário e soluções paisagísticas. Pode-se assim planejar caminhos, por exemplo, da casa à escola e ao parque, livre de veículos pesados e poluentes, ou de cruzamentos perigosos. As crianças poderão voltar à rua e redescobri-la como lugar da infância (fig.11)

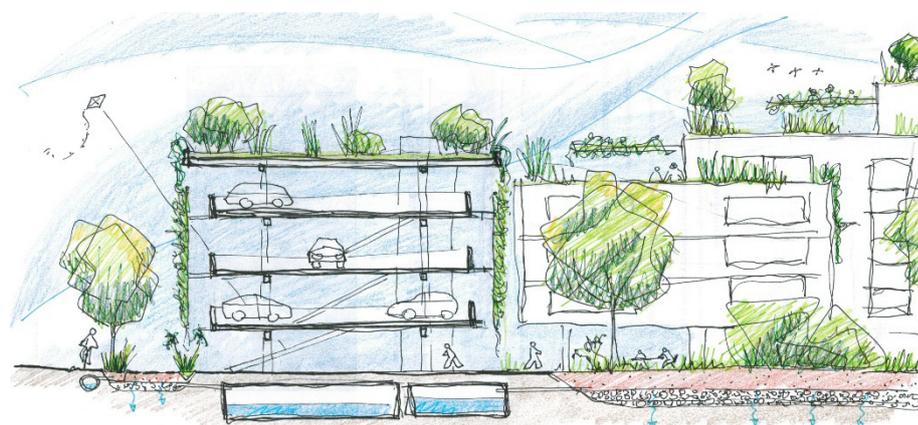
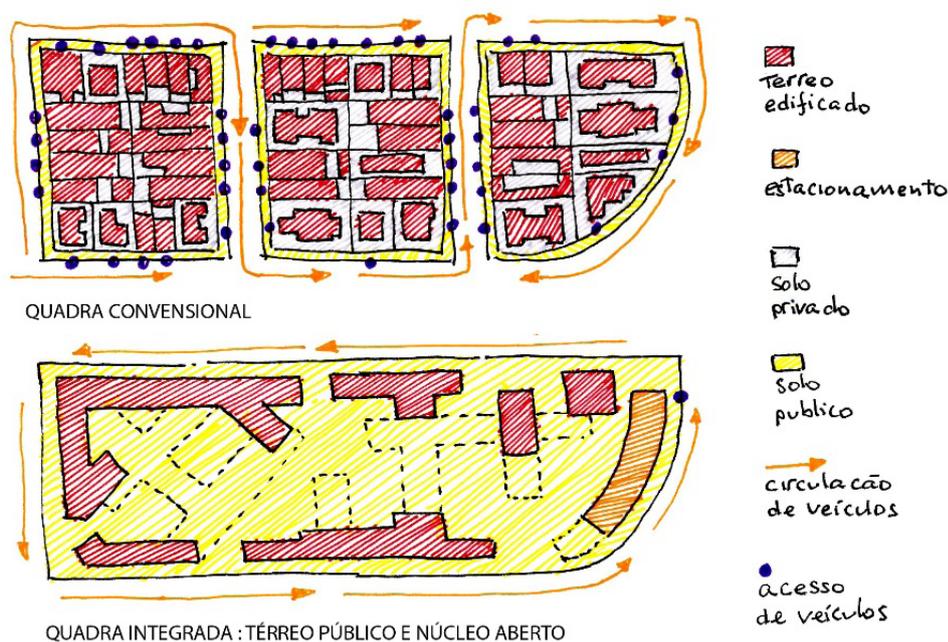


Figura 11 – Restrição aos veículos (LOTUFO, 2016)

A restrição à circulação de veículos pode possibilitar a união de duas ou mais quadras, assimilando no projeto global o espaço ocupado anteriormente pelas vias. Definem-se novos caminhos, não necessariamente ortogonais. Este recurso possibilita implantações mais livres da grelha viária e um aumento significativo da taxa de permeabilidade e de áreas verdes. O recurso do pilotis permite que se crie fluxos de circulação independentes da implantação dos edifícios, através de passagens e áreas de convívio sob a construção, protegidas do sol e chuva. Equilibrados com a implantação de térreo multiuso e fachadas ativas, os pilotis serão as passagens ao centro da quadra, que poderá abrigar uma diversidade de usos semelhante aos da rua.

As áreas privativas no térreo devem ser reduzidas ao que for necessário para o controle de acesso aos blocos residenciais. A segurança dos moradores é melhorada pela orientação das aberturas das unidades habitacionais à rua.

Preceitos de arquitetura bioclimática, com a potencialização da iluminação natural através da orientação adequada das aberturas, sombreamento com uso de brises e cobogós, varandas e beirais, ventilação cruzada e aeração adequada através de vãos e pilotis contribui na economia de energia, na dispersão de ilhas de calor e da poluição do ar. São elementos já bem conhecidos que recuperam e direcionam fluxos de ar e luminosidade. Estão subentendidos como preceitos fundamentais de projeto.

Quando o projeto da quadra se abre aos fluxos de pessoas, da biodiversidade, da luz, do ar e da água, flexibiliza-se a rigidez frequentemente imposta por soluções pouco ecológicas, baseadas num funcionalismo mecanicista e não sistêmico (fig. 12).

#### PERMEABILIDADE AOS FLUXOS

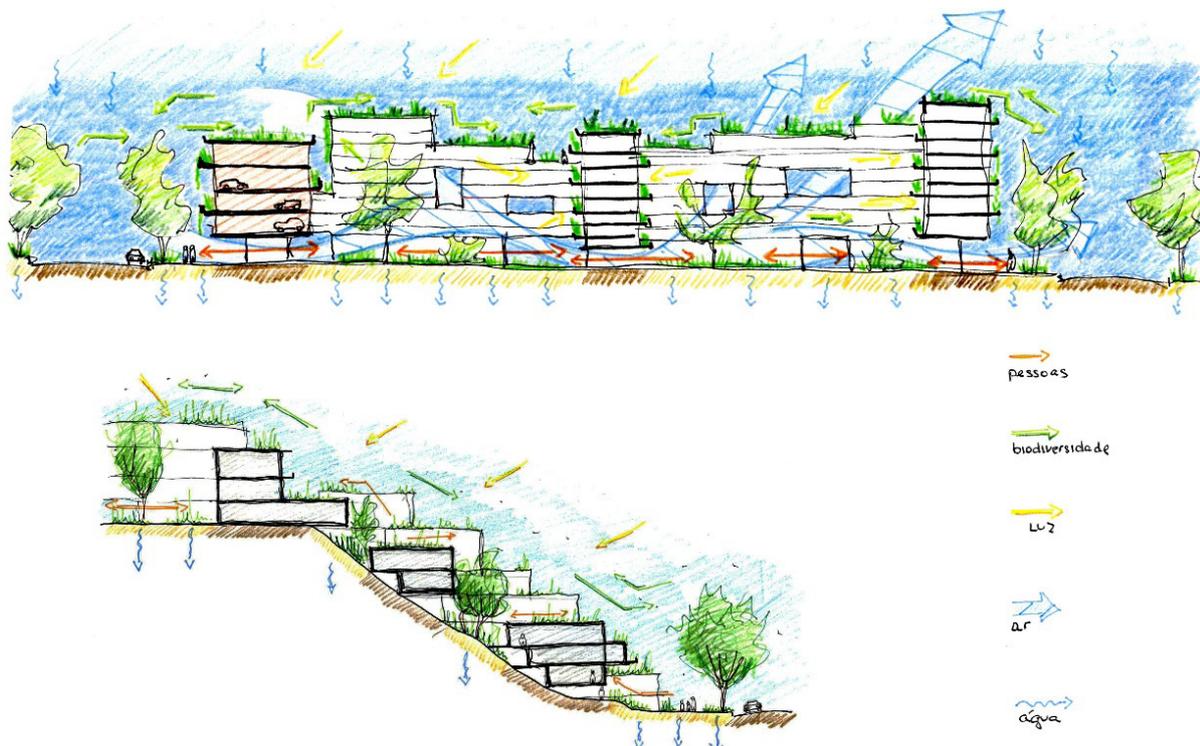


Figura 12 – Permeabilidade aos fluxos em áreas planas e colinas (LOTUFO, 2016)

## Potencial de transformação das quadras

O grau de verticalização das quadras determina sua consolidação e potencial de transformação, que será classificado como: alto, médio e baixo.

Onde há um alto potencial de transformação é possível recuperar o núcleo da quadra como área livre de edificação, construir ou renovar totalmente a quadra a partir do plano piloto.

Onde há médio potencial a presença de edifícios altos limita, mas não impossibilita, projetos integrados para a totalidade da quadra. É possível a mudança de uso no térreo, torná-lo de acesso público e integrar suas áreas livres. A configuração construtiva da quadra, neste caso, será uma solução híbrida entre o que já existe e preceitos ecológicos conquistados com *retrofit* e novas construções.

O potencial de transformação é bem menor onde as quadras já sofreram elevado grau de verticalização e as torres altas já condicionaram por demais a configuração da quadra. Ainda assim, será possível converter as áreas comuns do térreo em espaços públicos com mudanças para uso múltiplo. Se retirados os muros que separam os lotes, é possível integrar os recuos laterais e de fundo, convertendo-os em áreas livres e caminhos pitorescos mais propícios para o uso social (fig. 13).

A ausência de torres em nossa área de estudo determina, de forma geral, um alto potencial de transformação.

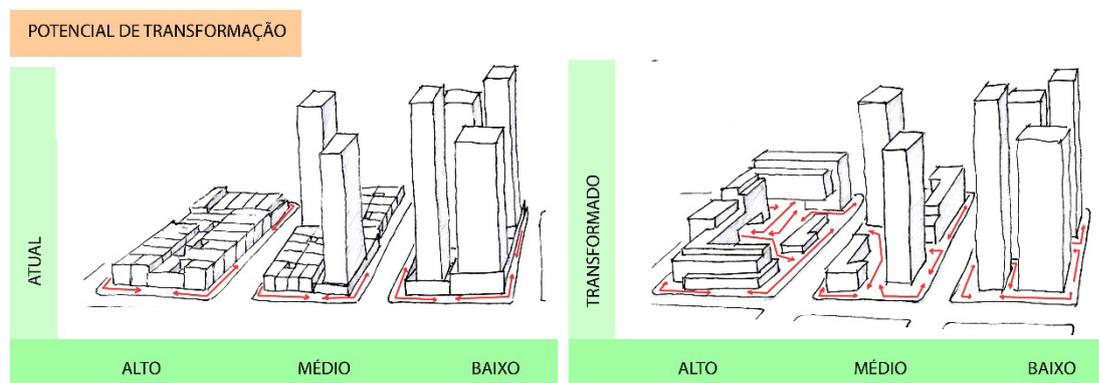


Figura 13 – Potencial de transformação (LOTUFO, 2016)

## Dispositivos de Infraestrutura Verde incorporados às construções

Alguns dispositivos de Infraestrutura Verde estão diretamente associados às construções ecológicas (LOTUFO, 2016). Estes dispositivos, além de oferecer grande incremento na área de superfície verde urbana, fornecem na escala da edificação os atributos da “cidade esponja” (BUNSTER-OSSA, 2013), a saber: a capacidade de absorver, reter, purificar, disponibilizar ao reuso ou devolver ao ciclo natural a água. Este conceito atribui ao projeto arquitetônico a importante função de contribuir na gestão hídrica, na diminuição das ilhas de calor e na oferta de espaços verdes.

- **Tetos verdes.** Tanto podem ser projetados para edificações novas como para reformas, e oferece soluções para casos específicos, em laje ou telhado, com camadas de solo ou substratos que variam de 5 a 60 cm, possibilitando desde o plantio de musgos e herbáceas até árvores de pequeno porte. Entre as funções desempenhadas por este dispositivo está a retenção de água de chuva, filtragem para reuso ou retorno do excedente ao sistema tradicional de drenagem; isolamento térmico, resfriamento do entorno, captura de carbono, destinação para hortas urbanas, caminhos para polinização, migração de microfauna e dispersão de sementes.
- **Terraços verdes e escadas ecológicas.** Além de cumprirem as mesmas funções dos tetos verdes possibilitam o fluxo da biodiversidade para cima e através de edificações. Melhoram o microclima do entorno e diminuem a demanda por ar-condicionado. Humanizam e trazem maior bem-estar ao ambiente de trabalho, diminuindo custos com saúde e aumentando a produtividade.
- **Fachadas e muros verdes.** Proporcionam uma continuidade vertical à superfície vegetada, possibilitando conexões de áreas verdes que se situam em diferentes níveis, do térreo às coberturas dos edifícios. Formam caminhos para polinização e migração de microfauna. Contribuem para amenizar a temperatura no interior dos edifícios e em seus entornos, retêm parcialmente a água da chuva e capturam carbono. Aumentam a área de superfície vegetada.
- **Pátios internos ajardinados.** Podem existir sobre o solo permeável ou sobre eventuais subsolos construídos. Podem abrigar dispositivos como jardins de chuva contribuindo contra enchentes e poluição de córregos e rios. A água captada pode retornar aos ciclos naturais ou ser conduzidas, já filtradas, às

cisternas, para reuso. Quando sobre laje desempenham as mesmas funções de um canteiro pluvial, aumentam a oferta de áreas verdes para o convívio, lazer, esporte ou hortas. Além de sua função climática cumpre uma função social para a cidade, criando lugares tranquilos e seguros frente ao caos urbano.

- **Cisternas.** Têm como função coletar, conter e disponibilizar para reuso a água de chuva. A água coletada deve passar por processos de purificação e ser destinada aos diversos usos, como irrigação, limpeza e fins sanitários. O volume excedente pode se destinar aos sistemas de drenagem, tradicionais ou ecológicos. O sistema deve coletar água das lajes, telhados, pisos pavimentados, ruas e calçadas, além de receber o excedente que outros dispositivos não conseguem conter. As cisternas podem ser construídas no local ou adquiridas pré-fabricadas em tamanhos que atendem desde uma residência unifamiliar até grandes edifícios. O uso sistemático de cisternas poderia nos garantir uma boa alternativa para a produção local de água, diminuindo a demanda dos mananciais principalmente em épocas de escassez.

Quando o projeto do edifício incorpora em seu programa o suporte e a continuidade das funções desempenhadas pela Rede de Infraestrutura Verde, ele estará a ela integrado. Edifício e paisagem então confluem (fluem junto).

### **Compartimentações de relevo e soluções específicas**

Na vertente Oeste da bacia hidrográfica do Córrego Mandaquí o relevo se apresenta mais acidentado e podemos encontrar quatro compartimentações de relevo (SCHUTZER, 2012): fundo de vale, as vertentes de um pequeno morro, uma área tabular no topo do morro e uma área de nascente de uma micro bacia. Na vertente Leste, grande parte da área selecionada está em fundo de vale. Mais afastada do rio um pequeno recorte se encontra sobre uma área tabular livre de inundação. Esta compartimentação do relevo exige dos projetos arquitetônicos soluções distintas para dar suporte às funções hídricas da Infraestrutura Verde (fig.14). Bonzi (2015) sintetiza as funções de cada compartimento e os respectivos dispositivos recomendados.

Nos fundos de vale os solos estão permanentemente úmidos devido a superficialidade do lençol freático. Assim o armazenamento de água prevalece sobre a infiltração.

O escoamento superficial se concentra no próprio córrego e nos tributários, assim como nos cursos sazonais. Os recuos ocupados pelo parque linear fluvial ficarão livre de construções, o que é o ideal para estas áreas naturalmente inundáveis. No entanto, devido sua extensão, em grande parte destas áreas haverá construções. Para evitar inundações deve-se observar a capacidade de retenção e infiltração nas áreas à montante (áreas tabulares e vertentes), que devem receber em larga escala os dispositivos de drenagem com esta função. O próprio recuo do córrego, agora recuperado como parque, cumpre a função de receber a água da chuva, inundando sem prejuízo à população. Recomenda-se para os fundos de vale os seguintes dispositivos (Tab.01):

<b>Tab.01 DISPOSITIVOS DE DRENAGEM NOS FUNDOS DE VALE</b>	
<b>Nas edificações</b>	<b>Nas áreas livres e sistema viário</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teto verde</li> <li>• Fachada verde</li> <li>• Terraços e escadas verdes</li> <li>• Canteiro pluvial (sem infiltração)</li> <li>• Cisterna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biovaletas</li> <li>• Canteiro pluvial (sem infiltração)</li> <li>• Cisterna</li> <li>• Alagados</li> <li>• Lagoa pluvial</li> <li>• Pavimento drenante</li> <li>• Córrego reabilitado</li> <li>• Parque linear</li> </ul>

Nas áreas tabulares livres de inundação os processos de infiltração predominam sobre o escoamento superficial, o que deve ser potencializado ao máximo, junto aos processos de percolação (deslocamento da água através do solo), para filtragem e reposição do lençol freático. Deve haver controle sobre o escoamento superficial para garantir a qualidade da água que chega ao córrego, interceptando a poluição dispersa, e para controle de enchentes. Este controle se dá principalmente por dispositivos de detenção e retenção, para reuso ou liberação lenta. A densa arborização também é recomendada, que além dos outros benefícios conhecidos, aumenta a permeabilidade do solo e tem capacidade de reter parcialmente a água de chuva nas folhagens. Recomenda-se para áreas tabulares os seguintes dispositivos (Tab.02):

<b>Tab.02 DISPOSITIVOS DE DRENAGEM NAS ÁREAS TABULARES</b>	
<b>Nas Edificações</b>	<b>Nas áreas livres e sistema viário</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jardim de chuva</li> <li>• Teto verde</li> <li>• Fachada verde</li> <li>• Terraços e escadas verdes</li> <li>• Canteiro pluvial com infiltração</li> <li>• Cisterna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jardins de chuva</li> <li>• Canteiro pluvial com infiltração</li> <li>• Biovaletas</li> <li>• Alagados</li> <li>• Pavimento drenante</li> <li>• Via relvada</li> </ul>

Nas vertentes de morro predomina o escoamento superficial sobre a infiltração, acentuado pela impermeabilização do solo urbano. Onde há solo descoberto ocorre erosão e há alto risco de deslizamento. Por isso se recomenda densa arborização e implantação de praças e jardins, com terraceamento para controle do fluxo superficial. Para evitar deslizamentos, salvo as praças e jardins devidamente arborizados, não se recomenda solo permeável, sendo preferível dispositivos de contenção e retenção. Devido a cota elevada e o potencial de retenção é propício para a construção de reservatórios para tratamento e reuso. Recomenda-se nestas áreas os seguintes dispositivos (Tab.03):

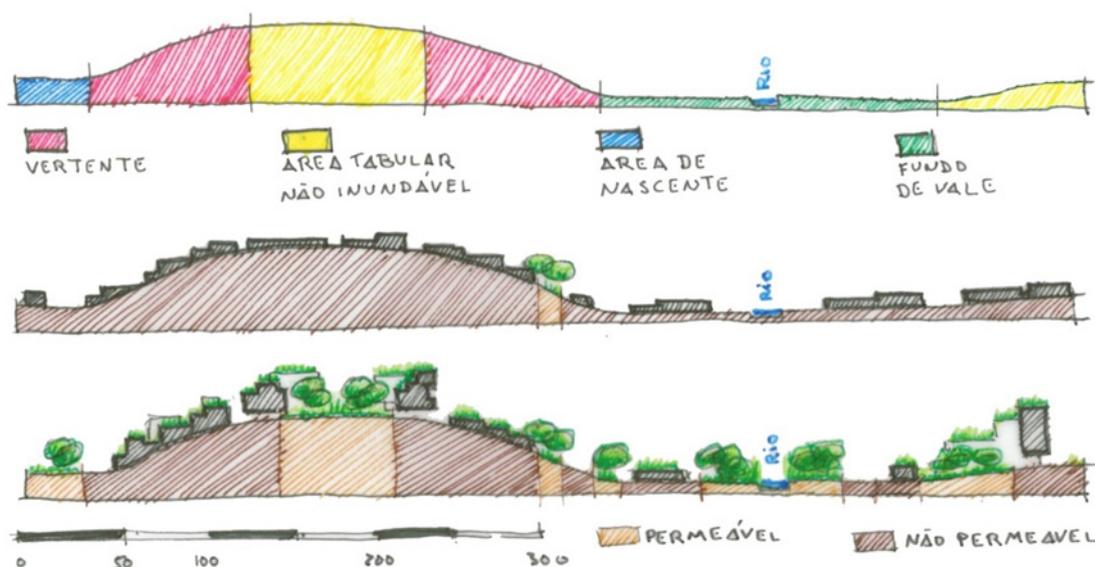
<b>Tab.03 DISPOSITIVOS DE DRENAGEM NAS VERTENTES</b>	
<b>Nas edificações</b>	<b>Nas áreas livres e sistema viário</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teto verde</li> <li>• Canteiro pluvial sem infiltração</li> <li>• Cisterna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biovaleta</li> <li>• Canteiro pluvial sem infiltração</li> <li>• Lagoa pluvial</li> </ul>

Nas áreas de nascente predomina escoamento superficial e a rigor deve ser área não edificável. Recomenda-se fundamentalmente a recuperação da vegetação com densa arborização. Quando em áreas densamente urbanizadas e já ocupadas pode-se

construir reservatório, recuperar a permeabilidade do entorno e de áreas a montante para reposição do lençol e afloramento da água. Recomenda-se nestas áreas os seguintes dispositivos (Tab.04):

<b>Tab.04</b> <b>DISPOSITIVOS DE DRENAGEM EM ÁREAS DE NASCENTES</b>	
Nas edificações	Nas áreas livres e sistema viário
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teto verde</li> <li>• Canteiro pluvial sem infiltração</li> <li>• Cisterna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canteiro pluvial sem infiltração</li> <li>• Biovaleta</li> <li>• Lago pluvial</li> <li>• Alagado</li> <li>• Pavimento drenante</li> <li>• Córrego reabilitado</li> <li>• Parque linear</li> </ul>

**Um possível cenário futuro para a Bacia Hidrográfica do Córrego Mandaquí**



**Figura 14** – Compartimentação de relevo e potencial de transformação

O caminhar por estas áreas revela uma diversidade de situações. Próximo à Avenida Engenheiro Caetano Álvares é evidente o impacto ambiental do tráfego pesado. Do lado Leste do córrego, há grandes terrenos, estacionamentos, galpões industriais e oficinas de serviços variados. Mais afastado do córrego o uso vai mudando para comércio e serviços com algumas residências remanescentes. Do lado Oeste predomina mais comércio e serviços, muitos em imóveis que já foram residenciais. As residências remanescentes parecem resistir. Nas áreas da várzea a habitação demonstra ter perdido a qualidade ambiental de outras épocas e apresentam maior estado de deterioração e desvalorização. Lá a arborização é quase nula, as calçadas são estreitas o que torna o caminhar penoso.

A qualidade ambiental melhora gradativamente em ambos os lados na medida que o pedestre se afasta da avenida. Ainda que as calçadas sejam inadequadas, a diminuição do tráfego traz maior sensação de segurança. Do lado Leste quando atravessamos a avenida José de Brito Feitas, atingimos uma área tabular onde encontramos ruas residenciais mais tranquilas e silenciosas, com algumas árvores de pequeno porte e eventualmente um raro jardim particular.

Do lado Oeste, no topo do morro, protegido por ruas sinuosas, o ambiente contrasta com o resto da área. Com arborização bem mais presente, ainda que longe do ideal, a altitude parece isolar o lugar da cidade lá embaixo. O padrão das casas é mais alto, muitas têm ainda grades baixas com pequenos jardins frontais, guardando um pouco ares de interior.

Já nas encostas do morro a situação dos imóveis não se distingue muito do fundo do vale, ainda que o tráfego seja menor. De modo geral as casas não têm quintal permeável e quando não ocupados totalmente por construções secundárias, os terrenos estão pavimentados. A única área verde da encosta, no entanto, é onde se concentra as árvores de grande porte. É um grande terreno da prefeitura que abriga uma creche e um centro de convivência para crianças e adolescentes.

Na imagem a seguir (fig.15) apresentamos um cenário futuro, ilustrando a transformação inicial da bacia a partir da implementação do parque linear e dos preceitos acima descritos.

A avenida é afastada do curso d'água e transposta para a face Leste do parque. Cal-

çadões equipados com ciclovias se estendem dos dois lados. À esquerda da imagem, na face oeste do córrego, vemos o parque na foz do afluente, com lagoas e alagados. Enquanto trata as águas o parque recebe a população para lazer e educação ambiental. Podemos ver o deck elevado sinuoso entre os corpos d'água e um centro de informações ambientais. É um pequeno santuário ecológico às margens do Córrego Mandaquí.

Na mesma face, junto ao parque, os edifícios mais baixos devem concentrar funções institucionais, como escola, creche, centro cultural, esportes, etc.

Nas áreas adjacentes ao parque linear configura-se o desenvolvimento das novas quadras ecológicas. Não mais torres em condomínios fechados, a habitação se abre para a cidade em espaços de uso múltiplo com térreo público e lugares verdes protegidos do tráfego.

As coberturas verdes criam uma continuidade de superfície com o parque, mesclando construção e paisagem. O escalonamento privilegia a vista do parque criando segurança e caminhos para a biodiversidade.

No topo do morro percebemos que parte do casario foi conservada. Junto aos novos edifícios residenciais poderá tanto preservar seu uso habitacional como abrigar comércio, serviços, bares e restaurantes. Atividades noturnas que lá podem ocorrer trarão vida e segurança ao bairro 24 horas por dia. Todas as edificações, novas e antigas, compartilham de novos espaços verdes e elevada qualidade ambiental.



**Figura 15** – Transformações às margens do Córrego Mandaquí

**Algumas considerações relevantes:**

**Formação de uma cultura local**

Na transformação da cidade, a aplicação de conhecimento técnico junto ao uso de mão de obra local não só gera emprego como pode fomentar o surgimento de uma cultura de construção sustentável. Se academia e construção civil se unem, os can-

teiros de obra podem se transformar em laboratórios de desenvolvimento de novas tecnologias, associados a escolas de formação de mão de obra especializada. Para que isso se viabilize seria de grande valor a criação de um Programa Municipal para Construção Sustentável.

Através deste programa a bacia hidrográfica, e não o bairro, deve possuir um Plano Diretor. Isto para que o recorte territorial administrativo coincida com a hidrografia, facilitando a gestão da bacia. Este programa deve conter uma legislação rigorosa baseada em critérios de qualificação socioambiental.

Subsídios e estímulos devem atrair a adesão da iniciativa privada, mudando o paradigma da indústria da construção civil. Com a participação das universidades com assistência técnica e pesquisa de ponta, toda obra deve estar aberta a visitas programadas, servindo de laboratório e “sala de aula” para universidades e escolas técnicas, contribuindo na geração de conhecimento e tecnologia, assim como na formação de profissionais altamente qualificados. As exposições dos projetos, palestras e debates sobre sustentabilidade e construção sustentável, energias renováveis, e outros assuntos pertinentes a um bairro ecológico, devem envolver escolas e toda a comunidade, ampliando o alcance desta cultura à população em geral. Cria-se assim as bases para o desenvolvimento de uma cultura ambiental, modificando radicalmente o olhar da população sobre as qualidades ambientais da cidade.

### **Habitação solidária e integração social**

As novas quadras residenciais ecológicas, nas bordas da Infraestrutura Verde, devem cumprir o papel de integração social. Se este objetivo não for estabelecido desde o princípio, o resultado não será ecológico. Sem este cuidado, toda melhoria irá, como de costume, ser apropriada pela população de maior renda através dos processos de gentrificação gerados pela especulação imobiliária. Ou seja, sem o cumprimento de função social haverá mais impacto sócio ambiental, com mais expansão horizontal da cidade nas periferias, sobre a zona rural e sobre áreas de proteção ambiental.

Devem ser criadas, para além das ZEIS (Zonas Especiais de Interesse Social) outras políticas para distribuir igualmente a cidade, como as Cotas de Solidariedade, já previstas no Plano Diretor do município, que integram no mesmo espaço urbano diferentes grupos sociais. Uma ZEIS já pressupõe segregação porque se destina a

uma classe social específica. A habitação solidária, aquela que tem como princípio a reserva de cotas sociais, pode dissolver barreiras entre classes, ainda que seja um processo lento e cheio de desafios.

Só assim conseguiremos a diversidade sociocultural necessária à resiliência. As quadras requalificadas devem adotar as Cotas de Solidariedade. Os 10% previstos no Plano Diretor Estratégico de São Paulo parecem mais adequado aos obscuros acordos entre poder público e iniciativa privada. Temos que ser ousados e propor um mínimo de 30% das unidades habitacionais à população de menor renda, não sem garantir educação, saúde e emprego no local. Toda a população removida na reestruturação das quadras deve ter prioridade na aquisição e escolha das novas unidades, sem ônus, desde que compatíveis em área às suas antigas residências. Em hipótese alguma pode haver redução na qualidade de vida de alguma família.

Para facilitar o processo de dissolução de barreiras sócio culturais a integração social deve extrapolar a questão da moradia para o âmbito da educação e cultura. Para isso devem ser criadas as condições de convívio harmonioso entre crianças e adolescentes de diferentes classes sociais. A escola é o lugar ideal para isso, tanto a pública como a particular, mas programas educacionais avançados são necessários. Como as escolas particulares poderão reservar bolsas às crianças das famílias de menor renda, subsidiadas ou não pelo Estado, é outro estudo a ser desenvolvido. Certamente a requalificação da escola pública, de um modo a torna-la tão boa ou melhor que o ensino privado, é uma condição ideal para esta integração. Quando as crianças e jovens de diferentes níveis de renda crescerem juntas, no convívio diário poderão interagir, criar laços de amizade, superar preconceitos e descobrir a igualdade na diversidade.

Uma rede social diversificada cria capital social democraticamente distribuído, o que significa maiores possibilidades futuras para contatos sociais e profissionais, principalmente para os jovens de famílias de menor renda.

Um projeto urbano ecológico eficiente não trata exclusivamente das áreas livres e edificadas. Ele tem que construir capital natural e social. Edifícios e paisagem são as formas que devem propiciar os bons fluxos, integrados e harmonizados. Tomando o ser humano como uma metáfora para a cidade, as formas construídas e seus espaços abertos são o corpo, os fluxos sociais e naturais são o sangue, a linfa, o alimento, os hormônios, os impulsos nervosos. Um corpo sem fluxo está doente. O fluxo harmonioso dos processos sociais, assim como o dos naturais, é a garantia de um ecossistema urbano sadio e resiliente.

**BIBLIOGRAFIA**

BENEDICT, Mark A.; MCMAHON, Edward T. **Green Infrastructure – Linking landscapes and communities**. Washington: Island Press, 2006.

BONZI, Ramón Stock. **Andar sobre Água Preta: a aplicação da Infraestrutura Verde em áreas densamente urbanizadas**.

FRANCO, Maria Assunção Ribeiro. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo: Annablume, FAPESP, 2001.

GEHL, Jan, **Cities for people**. Washington DC: Island Press, 2010.

GUNDERSON, Lance H; ALLEN Craig R.; HOLLING, C. S.. **Foundations of ecological resilience**.

GUNDERSON, Lance H.; HOLLING, C.S. **Panarchy, understanding transformations in human and natural systems**. Washington: Island press, 2002.

HASS, Tigran (editor). **Sustainable Urbanism and Beyond**. Nova Iorque: Rizzoli, 2012

HILLMAN, James. **Cidade e alma**. São Paulo: Studio Nobel, 1993

HOUGH, Michael. **Cities and natural process**. London: Routledge, 1995.

KATZ, P. (org). **The new urbanism – Toward an architecture of community**. New York: Mc Graw-Hill, 1994.

LOTUFO, José Otávio. **Oikos: Reintegrando natureza e civilização**. Em, Revista LABVERDE n. 02. São Paulo: FAU-USP, 2011.

LOTUFO, José Otávio. **Projeto Sustentável – Resiliência Urbana para o bairro da Pompéia**. Tese de Doutorado, FAU-USP, 2016.

MOSTAFAVI, Mohsen ; DOHERTY, Gereth. **Ecological urbanism**. Baden: Lars Müller, 2010.

ORBELLE, Oscar; YANNAS, Simos. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Revan, 2003

PEVSNER, Nikolaus. **Visual planning and the picturesque**. Los Angeles: Getty, 2010

PICKETT, S.T.A.; CADENASSO, M.L.; MCGRATH, Brian. **Resilience in ecology and urban design – Linking theory and practice for sustainable cities**. New York/London: Springer, 2013.

SÃO PAULO. Câmara Municipal. **Lei 16.050/14, Plano Diretor Estratégico**. São Paulo: Câmara Municipal, 2014

SCHUTZER, José Guilherme. **Cidade e meio ambiente – A apropriação do relevo no desenho ambiental urbano**. São Paulo: Edusp, 2012.

WALDHEIN, Charles (org.). **The landscape urbanism reader**. New York: Princeton Architectural Press, 2006.

YEANG, Ken. **Proyectar con la naturaleza**. Barcelona: GG, 2007.

# 3. DEPOIMENTO

DEPOIMENTO | *TESTIMONY*

**INFRAESTRUTURA VERDE, INFRAESTRUTURA ECOLÓGICA  
E SISTEMA DE ESPAÇOS ABERTOS: COMO LIMA, CAPITAL  
PERUANA, VEM SE APROPRIANDO DESSES CONCEITOS  
FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICA**

*GREEN INFRASTRUCTURE, ECOLOGICAL INFRASTRUCTURE  
AND SYSTEMS OF OPEN SPACES: HOW LIMA, PERUVIAN  
CAPITAL, IS APPROPRIATING THESE CONCEPTS IN FACE OF  
THE CLIMATE CHANGES*

**TAÍCIA HELENA NEGRIN MARQUES**

Arquiteta e Urbanista pela PUC-Campinas, Msc Arquitetura da Paisagem e Planejamento pela Universidade de Wageningen – Holanda, Doutoranda pela FAU-USP, Departamento Paisagem e Ambiente  
E-mail: marques.taicia@usp.br

*Architect and Urbanist graduated at Pontifícia Universidade Católica - Campinas, MSc Landscape Architecture and Planning at the University of Wageningen – Netherlands, PhD student at Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo, Landscape and Environment Department  
E-mail: marques.taicia@usp.br*

Os desafios frente aos incertos impactos das Mudanças Climáticas vem fazendo com que pesquisadores, gestores públicos e privados, planejadores e atores cada vez mais diversos discutam, desenvolvam e apliquem conceitos ecológicos às infraestruturas. Tanto nos meios urbanos quanto nos ecos-

*Challenges of the uncertain impacts of climate change are compelling researchers, public and private managers, planners and protagonists of a wide range to discuss, develop and apply ecological concepts to infrastructures. Both urban environments and ecosystems providers of the most of the con-*

sistemas provedores da maioria dos recursos consumidos nas cidades, os objetivos propostos são variáveis em sua especificidade, mas de forma geral focam em garantir o fornecimento dos recursos naturais para as próximas gerações e/ou criar capacidade de resiliência no meio urbano. Nesse cenário, o Peru vem apresentando avanços importantes e inovadores, embora incipientes, quanto à aplicação de conceitos tais como Infraestrutura Verde, Infraestrutura Ecológica e Sistema de Espaços Abertos, abordando tanto escalas de paisagem como escalas locais.

Será apresentado um breve panorama da utilização dos conceitos citados a partir de algumas ações e pesquisas que vem ocorrendo no país, principalmente relacionados à capital Lima. Primeiramente será abordado o plano de ação proposto pelo Ministério do Ambiente (Minam) e pela Superintendência Nacional de Serviços de Saneamento (SUNASS)<sup>1</sup>, quanto à utilização da Infraestrutura Verde como prática para conservação de bacias hidrográficas. A Infraestrutura Ecológica será apresentada em dois casos, no estudo

*sumed resources in cities, the proposed objectives are variable in their specificity, but generally focus on securing the supply of natural resources for the next generations and/or creating capacity for resilience in the urban environment. In this scenario, Peru has been presenting important and innovative advances, although incipient, regarding the application of concepts such as Green Infrastructure, Ecological Infrastructure and Open Spaces System, approaching landscape and local scales.*

*It will be presented a brief overview of the use of mentioned concepts concerning some actions and researches which has been occurring in that country, mainly related to the capital Lima. It will be focused, primarily, the action plan proposed by the Ministry of the Environment (MINAM) and by the National Superintendence of Sanitation Services (SUNASS)<sup>1</sup>, regarding the use of Green Infrastructure as a practice for the conservation of hydrographic basins. The Ecological Infrastructure will be presented in two cases: in*

---

<sup>1</sup> Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS é a empresa reguladora de água do Peru, responsável pela fiscalização dos serviços prestados pelas empresas responsáveis pelas infraestruturas de água e esgoto.

*Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS is the water regulator of Peru, responsible for overseeing the services provided by companies responsible for water and sewage infrastructures.*

Estratégia de Infraestrutura Ecológica de Lima (LEIS), e na proposta para um novo Plano Metropolitano de Desenvolvimento Urbano de Lima e Callao (PLAM), o qual também incorpora o conceito de Sistema de Espaços Abertos. Finalmente, será apresentado o trabalho desenvolvido pelo Serviço de Parques de Lima (SERPAR) entre 2011-2014, que antecede e se relaciona diretamente às propostas contidas no PLAM, mas que tratam as mudanças climáticas a partir de um programa de educação ambiental e envolvimento da população durante o processo de requalificação dos espaços públicos.

## PERÚ

O Perú está localizado na costa ocidental da América do Sul, ao longo do oceano Pacífico (Figura 01), e tem população aproximada de 31.1 milhões de habitantes. Apesar de sua localização próxima ao trópico do Equador, a presença da cordilheira dos Andes e da Corrente de Humboldt (correntes marítimas frias), faz com que o país possua paisagens antagônicas e ricos e distintos ecossistemas.

*the study “Strategy of Ecologic Infrastructure in Lima (LEIS)” and in the proposal for a new “Metropolitan Plan for Urban Development of Lima and Callao (PLAM)”, which also incorporates the concept of Open Space System. Finally, it will be presented the survey developed by the Lima Park Service (SERPAR) during 2011-2014, which predates and is related directly to the PLAM proposals, focusing the climate changes based on an environmental education program and population involvement during the process of requalification of public spaces.*

## PERU

*Peru is located on the west coast of South America, along with the Pacific Ocean (Figure 01), and has a population of about 31.1 million inhabitants. Despite its location near the Equator, the presence of the Andes and the Humboldt Current (maritime cold waters), what makes the country with distinct landscapes, as well as different and rich ecosystems.*



**Figura 01** – Localização do Perú. Fonte: UOL, 2011

*Figure 01* – Peru location. Source: UOL, 2011

Seu território pode ser dividido em três regiões principais de acordo com a localização, clima e geografia: a selva, a serra e a costa<sup>2</sup>. Embora existam diferenças ecossistêmicas dentro de cada uma dessas tipologias, a simplificação sugerida anteriormente apresenta características gerais representativas

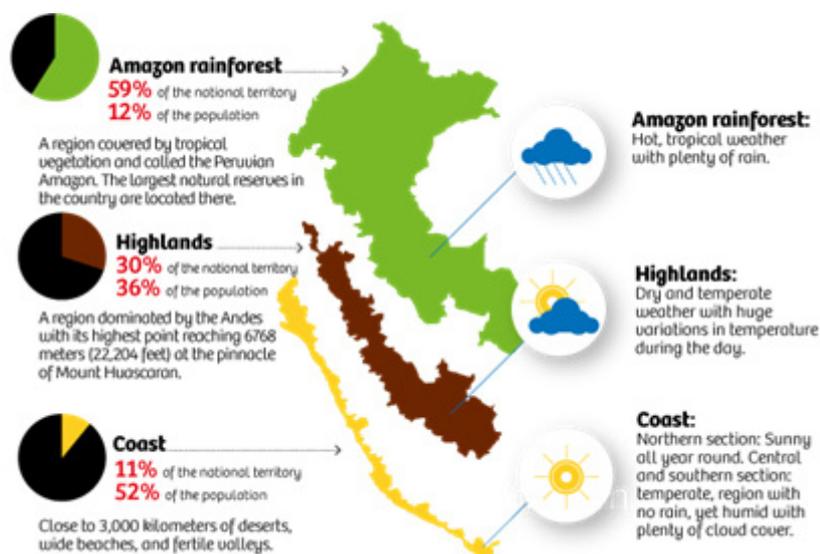
*Its territory can be divided into three main regions according to location, climate and geography: the jungle, the mountains and the coast<sup>2</sup>. Although there are ecosystemic differences within each of these typologies, the simplification suggested presents general characteristics representative of each*

<sup>2</sup> A distinção genérica entre selva, serra e costa, não atende às diferenciações ecossistêmicas, principalmente de fauna e flora, encontradas nessas áreas. O pesquisador e ex- ministro do meio ambiente peruano, Antonio Brack Egg, propôs a divisão do país em onze Ecoregiões considerando os fatores ecológicos: tipos de clima, regiões geográficas, hidrografia, flora e fauna. Essa distinção foi um passo importante para que políticas sustentáveis pudessem ser planejadas de forma mais efetiva.

*The generic distinction between jungle, mountain and coast, does not take into account the ecosystemic differences, mainly of fauna and flora, found in these areas. The researcher and former Minister of the Environment of Peru, Antonio Brack Egg, proposed dividing the country into eleven Ecoregions considering ecological factors: climate types, geographic regions, hydrography, flora and fauna. This distinction was an important step in ensuring that sustainable policies could be planned more effectively.*

de cada região, conformemostra a Figura 02 (MINCETUR, 2017). A selva peruana (*Amazon rainforest*), inclui as áreas da floresta Amazônica, onde se encontram as grandes reservas aquíferas do país, cerca de 97.7% (SUP, 2011 apud BEAUMONT, 2014). Embora ocupe 58% do território, apenas 12% da população vive aí. A região de serras (*Highlands*) apesar do clima seco, com grandes variações de temperatura diária, possui períodos de chuva intensa que abastecem os rios que correm em direção à costa. Ocupa 36% do território e possui 30% da população peruana. Já a costa (*Coast*) apresenta características desérticas, praias e vales cultivados e apesar da alta umidade do ar nas porções central e sul, não possui chuvas durante o ano todo. Em oposição à selva, a costa conta com apenas 1.8% dos recursos hídricos do país (SUP, 2011 apud BEAUMONT, 2014), ocupa cerca de 11% do território e assenta 52% da população, dos quais cerca de 9 milhões se encontram na região metropolitana de Lima e Callao.

*region, as shown in Figure 02 (MINCETUR, 2017). The Peruvian jungle (Amazon rainforest) includes areas of the Amazon Forest, where exists the great aquifer reserves of the country, about 97.7% (SUP, 2011 apud BEAUMONT, 2014). Although it occupies 58% of the territory, only 12% of the population lives there. The Highlands, despite the dry climate, with great variations of daily temperature, has periods of intense rain that supply the rivers that flow towards the coast. It occupies 36% of the territory and has 30% of the Peruvian population. The Coast presents desert characteristics, beaches and cultivated valleys and, despite the high air humidity in the central and southern areas, it does not have rainfall throughout the year. Opposed to the jungle, the coast counts only 1.8% of the country's water resources (SUP, 2011 apud BEAUMONT, 2014), occupies about 11% of the territory and houses 52% of the population, of which about 9 million are in the Metropolitan region of Lima and Callao.*



**Figura 02** – Mapa com a simplificação das três regiões do Perú: selva, serra e costa. Fonte: MINCETUR, 2017.

*Figure 02* – Map with the simplification of the three Peruvian regions: jungle, mountains and coast.

Source: MINCETUR, 2017.

O impacto das mudanças climáticas no Perú deveter dentre suas principais alterações o regime das chuvas, o aumento do nível do oceano e o aquecimento de suas águas, além de agravar a escassez de água potável nas zonas costeiras (BEAUMONT, 2014). As regiões provedoras de recursos (água, energia e materiais), que já vem sendo impactadas pelo formato de consumo linear praticado nos centros urbanos, ou seja, o uso de recursos seguido do despejo de resíduos, num movimento de piora espiralada de consumo e escassez, tende a ser ainda mais sobrecarregado.

As reservas glaciais localizadas nos Andes, que alimentam as principais fontes de água da costa, já vem sofrendo o impacto do aquecimento global, tendo reduzido em 22% nos

*The impact of climate change in Peru has to include, among its main changes, the rainfall, the rising sea level and the heating of its waters, as well as aggravating the shortage of drinking water in coast zones (BEAUMONT, 2014). The resource-providing regions (water, energy and materials), which have already been impacted by the linear consumption format practiced in urban centers, i.e., the use of resources followed by the disposal of waste, in a movement of strong worsening of consumption and scarcity, tends to be even more overloaded.*

*The glacial reserves located in the Andes, which feed the main water sources at the coast, have already been impacted by global heating, having reduced by 22% in the last 25 years,*

últimos 25 anos, o que equivale ao consumo de água aproximado de 10 anos da cidade de Lima (BEAUMONT, 2014). A degradação das águas é outro fator preocupante e ocorre tanto por fenômenos naturais, como o desprendimento de metais fixados sob os glaciais ou pelo carreamento de sedimentos da região serrana (MURO, 2017), quanto pela ação humana com destaque para a mineração e o uso e ocupação do solo urbano.

O assoreamento causado pelo movimento de massa (solo e pedras) carregadas pelas chuvas andinas é um fator que reduz a capacidade da calha dos rios e pode ser tão intenso à montante das cidades costeiras, como visto nos primeiros meses de 2017<sup>3</sup>, que impossibilita a retirada de água para as represas de abastecimento das cidades além de causar impactos econômicos, sociais e infraestruturais severos. O descolamento de massas, ocorre também nas áreas urbanas e periurbanas devido a construções e movimentos de terra irregulares. Mas a causa prin-

*which is equivalent to the water consumption of approximately 10 years of the Lima City (BEAUMONT, 2014). The water degradation is another worrying factor, which occurs either by natural phenomena, such as the detachment of metals fixed under the glaciers or by the transport sediment from the mountain region (MURO, 2017), as for the human actions, mainly mining and the use and occupation of urban land.*

*The sedimentation caused by the mass movement (soil and stones) carried by the Andean rains is a factor that reduces the capacity of the rivers' channels and can be so strong upstream of coastal cities, as seen at the beginning of 2017<sup>3</sup>, that makes impossible to take water to the dams to supply the cities, besides causing economic, social and infrastructural impacts. Mass decoupling also occurs in urban and peri-urban areas due to illegal construction and earth movements. But the*

---

<sup>3</sup> Nos primeiros meses de 2017 o Peru sofreu enormes prejuízos econômicos, sociais e infraestruturais causados por chuvas torrenciais nos Andes. Associadas ao fenômeno El Niño as chuvas levaram ao deslizamento, ou *huaicos* como dizem os peruanos, de inúmeras áreas da serra que geraram inundações refletidas até algumas das cidades costeiras.

*In the first months of 2017, Peru suffered enormous economic, social and infrastructural damages caused by torrential rains in the Andes area. Associated with the El Niño phenomenon, the rains led to the landslide, or huaicos, as the Peruvians say, of countless areas of the mountain that generated floods reflected some of the coastal cities.*

principal da degradação da água dos rios urbanos é o despejo de resíduos sólidos nas margens ou diretamente no leito dos cursos d'água e a falta de infraestruturas de coleta e tratamento de esgoto<sup>4</sup> universalizados tanto para as residências como para as indústrias, o que resulta em inúmeras ligações clandestinas.

Nas Figuras 04, 05 e 06 o rio Rímac, uma das principais fontes de água de Lima, é apresentado em sua condição de nascente, nos Andes, em sua chegada e passagem pela metrópole peruana. Segundo estimativas da *Autoridad Nacional del Agua* (ANA), feitas em janeiro de 2017, existem 722 pontos de contaminação ao longo do rio Rímac, dos quais 41% representam ligações clandestinas de esgoto e 30% áreas de despejo ilegal de lixo (Diario Correo, 2017).

*main cause of urban river water degradation is the disposal of solid waste on the banks or directly into the bed of the waterways, as well as the lack of infrastructures of collection and treatment of sewage<sup>4</sup> universalized both for residences and industries, resulting in numerous clandestine connections.*

*Figures 04, 05 and 06 show the Rímac River, one of the main water sources to Lima, in its condition of spring, in The Andes, in its arrival and passage through the Peruvian metropolis. According to National Water Authority (ANA) estimates, there were 722 contamination points along the Rímac River in January 2017, of which 41% represent clandestine sewage connections and 30% illegal waste disposal areas (newspaper Diario Correo, 2017).*

---

<sup>4</sup> Segundo o *Ministerio de Vivienda, Construcción y Saniamiento* (MVCS), no Perú, cerca de 79% do esgoto urbano (23.9 milhões hab.) e 29% do rural (7.2 milhões hab.) é coletado. Desse montante 62% é tratado, ou seja, somente cerca de 41% do esgoto gerado no país é tratado.

*According to the Ministry of Housing, Construction and Sanitation (MVCS), in Peru about 79% of urban sewage (23.9 million inhabitants) and 29% of rural (7.2 million inhabitants) is collected. Of this amount, 62% is treated, i.e., only about 41% of the sewage generated in the country is treated.*



**Figura 04** – rio Rímac em sua área de nascentes, nos Andes. Fonte: El Comercio

*Figure 04 – Rímac River in its area of springs, in the Andes. Source: El Comercio*



**Figura 05** – rio Rímac com área de despejo de lixo e assentamentos que causam o deslizamento das margens. Fonte: Andino, 2015

*Figure 05 – Rímac River with waste disposal area and settlements that cause the banks to slide. Source: Andino, 2015*



**Figura 06** – rio Rímac cruzando Lima. Fonte: La República, 2015

*Figure 06 – Rímac River crossing Lima. Source: The Republic, 2015*

### **Infraestrutura Verde, Infraestrutura Ecológica e Sistema de Espaços Abertos**

Como apresentado, o fato de mais da metade da população peruana estar assentada na costa, a região com a menor oferta hídrica do país, pode se tornar ainda mais crítica devido aos impactos climáticos. Essa realidade vem incentivando a utilização dos conceitos de Infraestrutura Verde, Infraestrutura Ecológica e de Sistema de Espaços Abertos principalmente relacionadas ao manejo e gerenciamento dos recursos hídricos e à melhora da qualidade de vida da população urbana.

Uma iniciativa do Ministério do Meio Ambiente (Minam) e do conselho diretivo da SUNASS, criou a lei de Mecanismos de Retribuição por Serviços Ecosistêmicos (MRSE)<sup>5</sup>, aprovada em 2014. Tradicionalmente as empresas de saneamento peruanas são responsáveis pela gestão das redes de infraestrutura de abastecimento e esgotamento, mas não possuem vínculo ou comprometimento com a manutenção das fontes de água do país (SUNASS, 2017). A proposta é que parte da arrecadação dessas empre-

### ***Green Infrastructure, Ecological Infrastructure and Open Spaces System***

*As already mentioned, more than half the Peruvian population is housed on the coast, the region with the lowest water supply in the country. This fact may become even more critical due to climatic impacts. This reality has been encouraging the use of concepts of Green Infrastructure, Ecological Infrastructure and Open Spaces System mainly related to the management and administration of water resources and to the improvement of the urban population life quality.*

*An initiative of the Ministry of the Environment (Minam) and the board of SUNASS created the law “Mechanisms to Repay for Ecosystem Services” (MRSE)<sup>5</sup>, approved in 2014. Traditionally Peruvian sanitation companies are responsible for the management of the infrastructure networks of water supply and sewage collection but have no link or commitment to the maintenance of the country’s water sources (SUNASS, 2017). The proposal is that part of the income of these compa-*

<sup>5</sup> *Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos-MRSE N°30215; Resolución del Consejo Directivo de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass) N°022-2015-SUNASS-CD.*

*Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos-MRSE N°30215; Resolución del Consejo Directivo de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass) N°022-2015-SUNASS-CD.*

sas seja convertida em investimentos para requalificar e conservar as funções ecossistêmicas e promover serviços ambientais nas áreas das bacias hidrográficas que provém o recurso hídrico fornecido ao contribuinte(SUNASS, 2017). O valor arrecadado é resultado de um acréscimo de cerca de 1% nas contas de água pagas pelos usuários e é direcionado para uma conta bancária específica, gerenciada pela SUNASS, a qual também cumpre a função de certificar que o dinheiro será usado para o propósito definido.

Quanto aos projetos de conservação de bacias hidrográficas, a SUNASS é explícita em apontar que devem ser pautados em estratégias de Infraestrutura Verde, focando aí nos aspectos conservacionistas e relacionados aos serviços ambientais, sobretudo hídricos e relacionados à biodiversidade. No entanto, são as empresas de saneamento as responsáveis por desenvolver e implementar os projetos.

Atualmente 08 cidades peruanas fazem parte da proposta, dentre elas Lima. A empresa de saneamento da região metropolitana, SEDAPAL<sup>6</sup>, visa lançar em breve o programa *Sembramos Agua*

*is converted into investments to requalify and preserve the ecosystem functions and promote environmental services in the water basin areas that provide the water resource supplied to the taxpayer (SUNASS, 2017). The amount collected is the result of about 1% increase in the water bills paid by the users and is directed to a specific bank account managed by SUNASS, which also fulfills the function to check that the money will be used for the defined purpose.*

*Regarding water basin conservation projects, SUNASS is explicit in pointing out that they should be based on Green Infrastructure strategies, focusing on conservation aspects and related to environmental services, especially water and biodiversity-related aspects. However, the sanitation companies are responsible for developing and implementing the projects.*

*Nowadays eight Peruvian cities are part of that proposal, Lima among them. The sanitation company of the metropolitan region, SEDAPAL<sup>6</sup>, intends to launch soon the program *Sembramos**

<sup>6</sup> *Servicio de Agua Potável y Alcantarillado de Lima* - SEDAPAL é a empresa responsável pelo fornecimento de água potável e coleta e tratamento de esgoto da região metropolitana de Lima.

*Servicio de Agua Potável y Alcantarillado de Lima - SEDAPAL is the company responsible for the supply of drinking water and sewage collection and treatment of Lima metropolitan region.*

(Cultivamos Água), onde planeja que 700 projetos de Infraestrutura Verde sejam financiados a partir dos MRSE nos próximos anos (Ser Peruano, 2017).

A proposta da SUNASS é inovadora e de grande importância no contexto peruano. Vem ganhando visibilidade por estabelecer um fundo de reserva específico para a recuperação das bacias hidrográficas apoiando-se em estratégias ecológicas. Embora essa seja uma ação que terá impacto positivo nas reservas de água do país, não há um programa que vise a reciclagem das águas residuais urbanas ou mesmo seu tratamento de forma ampla e efetiva, o que poderia colaborar tanto para amenizar a necessidade de importação de água potável das reservas andinas, quanto para solucionar um dos principais problemas de saneamento e poluição dos rios, a coleta e tratamento de esgoto residencial e industrial.

Pautado também nos impactos que as mudanças climáticas devem trazer para o acesso à água, foi elaborado o estudo Estratégia de Infraestrutura Ecológica de Lima (*Lima Ecological Infrastructure Strategy* - LEIS, 2014). Conduzido pelo projeto LiWa<sup>7</sup> com fi-

*Agua (Cultivating Water), having plans to finance 700 Green Infrastructure projects by MRSE in the coming years (Ser Peruano, 2017).*

*The SUNASS proposal is innovative and of great importance in the Peruvian context. It is gaining visibility for establishing a specific reserve fund for watersheds recovery based on ecological strategies. Although it is an action that will have a positive impact on the country's water reserves, there is no program to recycle urban wastewater or even its treatment in a broad and effective way, which could help to mitigate the need to bring drinking water from the Andean reserves, as well as to solve one of the main problems of sanitation and pollution of the rivers, i.e., the collection and treatment of residential and industrial sewage.*

*Based also on the impacts that the climate change can bring to the access to water, it was developed the "Lima Ecological Infrastructure Strategy" (LEIS, 2014). Led by the LiWa<sup>7</sup> project and*

---

<sup>7</sup> Projeto LiWa- Gestión Sostenible del Agua y la Aguas Residuales en Centros Urbanos en Crecimiento Afrontando el Cambio Climático- Conceptos para Lima Metropolitana- Perú pode ser encontrado integralmente no link [www.lima-water.de](http://www.lima-water.de). O tomo consultado neste depoimento foi o: Estrategias Integradas de Planificación Urbana y Herramientas de Planificación - LEIS.

*LiWa- Gestión Sostenible del Agua y la Aguas Residuales en Centros Urbanos en Crecimiento Afrontando el Cambio Climático – Conceptos para Lima Metropolitana – Peru can be found in full on the link [www.lima-water.de](http://www.lima-water.de). The record of this testimony was: Estrategias Integradas de Planificación Urbana y Herramientas de Planificación- LEIS.*

nanciamento do Ministério de Educação e Pesquisa alemão (BMBF), a pesquisa propõe adaptar os conceitos de planejamento integral da Infraestrutura Verde- definida segundo os autores Benedict & McMahon (2006) e Ahern & Pellegrino (2012) - para um contexto urbano sem chuvas.

Inicialmente é discutida a utilização do termo Infraestrutura Ecológica no caso de Lima, ao invés de Infraestrutura Verde. Considera-se mais adequada a utilização do primeiro pela “falta de verde” na cidade e pelo reconhecimento de ecossistemas que devem ser valorizados, requalificados e conectados. O estudo se apoia também na ferramenta Desenho Urbano Sensível à Água (DUSA)<sup>8</sup> para a promoção de serviços ecossistêmicos principalmente hídricos. As análises partem da identificação de zonas geomorfológicas da região metropolitana de Lima, para as quais são propostas a conservação das áreas de cabeceiras dos rios, o tratamento das águas residuais, a utilização de fontes alternativas de águas, etc. O estudo portanto traz a temática da Infraestrutura Ecológica de forma sistêmica, tratando as várias escalas, desde as zonas

*counting with funds from the German Ministry of Education and Research (BMBF), the research proposes to adapt the concepts of the integral planning of the Green Infrastructure – defined according to the authors Benedict & McMahon (2006) and Ahern & Pellegrino (2012) – to a scenario without rainfall.*

*Initially the use of the term “Ecological Infrastructure” is discussed in the case of Lima, instead of “Green Infrastructure”. It is considered more appropriate to use the first one due to the “lack of green” inside the city and the recognition that ecosystems that must be prized, requalified and connected. The study is also based on the tool “Water Sensitive Urban Design” (DUSA)<sup>8</sup> to promote the ecosystem services, mainly the water. The analysis are based on the identification of geomorphological zones in the Lima metropolitan region, of alternative water sources, etc.. Therefore, the study brings the issue of Ecological Infrastructure in a systemic way, treating the various scales, from the headland areas, as approached by*

<sup>8</sup> DUSA é a tradução do termo original Water Sensitive Urban Design- WSUD, desenvolvido na Austrália e atualmente também utilizado na Grã-Bretanha como estratégia de manejo sustentável das águas urbanas.

*DUSA is the translation of the original Water Sensitive Urban Design – WSUD, developed in Australia and currently also used in Great Britain as a strategy for sustainable management of urban waters*

de cabeceiras, como abordado pela iniciativa da SUNASS, até a proposta do que seriam projetos pilotos testados no meio urbano da cidade. Para a proposição dos pilotos é apresentado um manual com ferramentas de ação de acordo com distintas tipologias de espaços abertos encontrados na cidade. Um resumo dessas ferramentas pode ser visto na Figura 07.

*SUNASS initiative, up to the proposal of what the pilot projects tested in the city urban environment would be. It is presented to the proposal of the pilots, a manual with action tools according to different typologies of open spaces found in the city. A summary of these tools can be seen in Figure 07.*

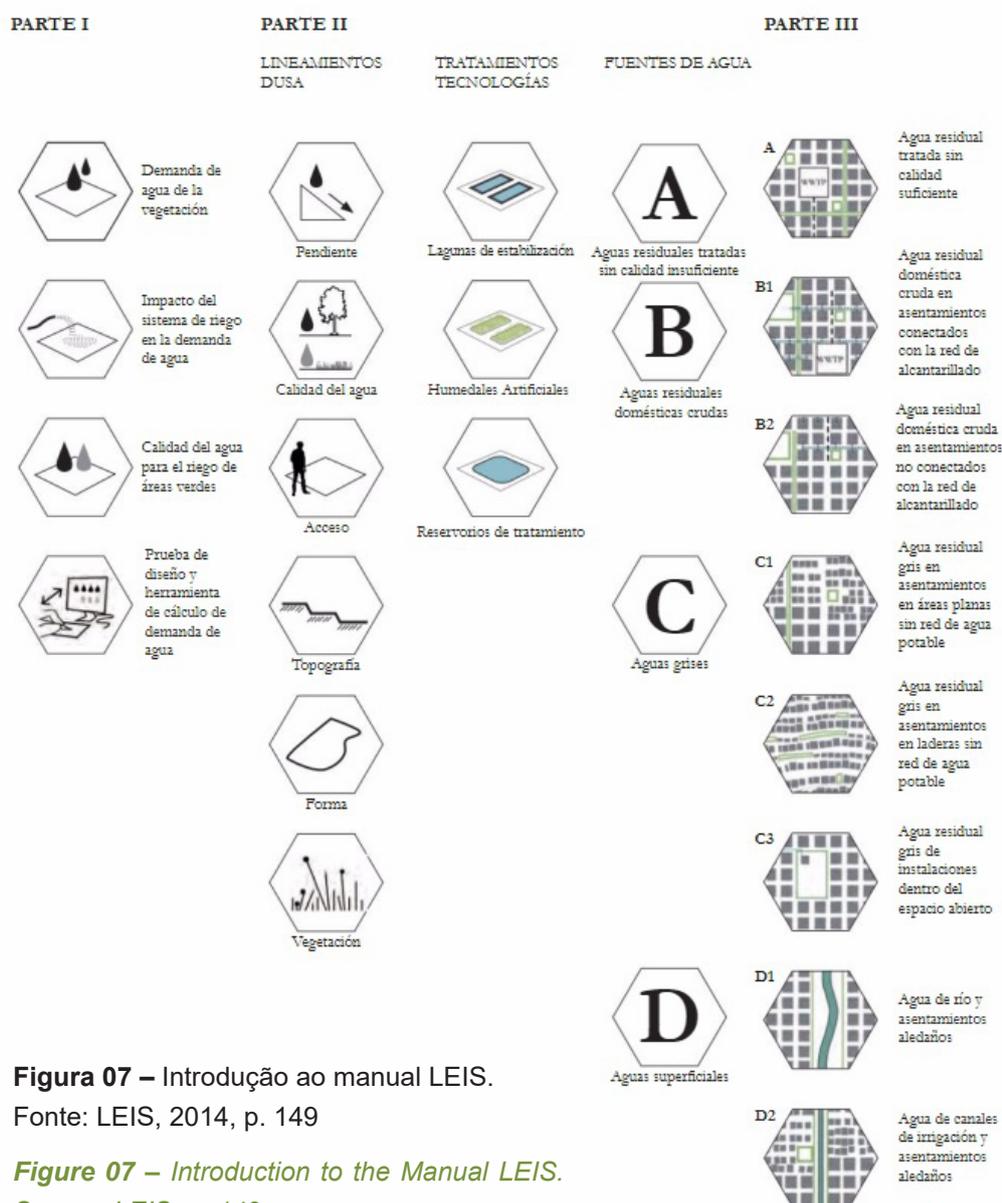


Figura 07 – Introdução ao manual LEIS.

Fonte: LEIS, 2014, p. 149

Figure 07 – Introduction to the Manual LEIS.

Source: LEIS, p. 149

Esse estudo tem muita relevância para a inserção do conceito de Infraestrutura Verde (ou Ecológica no caso), no contexto urbano da costa central do Peru e por mostrar não só as possibilidades de aplicação de estratégias DUSA, mas os desafios da adaptação dessa ferramenta para o manejo das águas em uma cidade tão árida como Lima.

Temporalmente paralelo aos projetos descritos anteriormente, pode-se citar o Plano Metropolitano de Desenvolvimento Urbano de Lima e Callao (PLAM). O PLAM foi elaborado em 2014 com o objetivo de dar subsídios para o desenvolvimento das cidades de Lima e Callao, que formam a principal conurbação da costa peruana, até o ano de 2035. Encomendado pela prefeitura da época, o PLAM deveria substituir o Plano Regional de Desenvolvimento Concentrado de Lima Metropolitana (PRDC-LM)<sup>9</sup>, porém não foi aprovado pela gestão que iniciou o governo em 2015, o PEDC-LM continua em vigor.

O PEDC-LM, propõe uma estratégia ambiental pautada em:

*This study is of great relevance for the insertion of the Green Infrastructure (or Ecological, in this case) concept, in the urban context of the Peruvian central coast and for showing not only the possibilities of applying DUSA strategies, but the challenges to adapt that tool to the management of waters in a city as arid as Lima.*

*Timely in parallel to the projects previously described, it can be mentioned the Metropolitan Urban Development Plan of Lima and Callao (PLAM), which has been developed in 2014 with the aim to provide subsidies for the development of Lima and Callao cities, which form the main conurbation of the Peruvian coast, until the year 2035. Ordered by the city authorities at that time, PLAM should replace the “Concentrated Regional Development Plan of Lima Metropolitan Area” (PRDC-LM)<sup>9</sup>, but it was not approved by the government authorities elected in 2015. In this way, PEDC-LM still remains in force.*

*PEDC-LM propose an environment strategy based on:*

---

<sup>9</sup> O PRDC- LM foi aprovado em 2012 com horizonte de ação até 2025. O plano continua sendo seguido pela governo da Metrópole de Lima. Para mais informações consultar: <http://www.imp.gob.pe/index.php/plan-regional-de-desarrollo-concertado-de-lima>

*PRDC- LM was approved in 2012 with a horizon of action until 2025. The plan continues being followed by the Metrópole de Lima government. For detailed information consult: <http://www.imp.gob.pe/index.php/plan-regional-de-desarrollo-concertado-de-lima>*

*“Assegurar a gestão integral, proteção, conservação e restauração dos ecossistemas naturais e urbanos, orientando o crescimento urbano a partir da estratégia de ordenamento territorial inclusivo e da mitigação/ adaptação às mudanças climáticas.” (IMP, 2012, p. 360).*

Aponta metas gerais que deveriam ser cumpridas até 2025, focadas no ordenamento territorial, sem que haja o desenho de diretrizes sistêmicas baseadas nos conceitos ecológicos. O PLAM, além das propostas econômicas, urbanísticas e sociais, vai bastante adiante das propostas do PEDC-LM ao abordar de forma constante e sistêmica a temática ambiental como pressuposto para a criação de um Plano de Espaços Abertos e Infraestrutura Ecológica (Plan EAIE).

A questão ecológica é abordada de forma abrangente desde o diagnóstico, seguida pela apresentação de normativas que dão suporte ao Plan EAIE e pela definição dos conceitos utilizados. É feita uma distinção entre o que seriam as Estruturas Ecológicas – formadas pelo conjunto de sistemas naturais e antrópicos que sustentam a vida e a economia de Lima (PLAM, 2014, p. 560) – e as Infraestruturas Ecológicas- rede de espaços naturais e abertos planejados e gerenciados para proteger e conservar os ecossistemas e promover serviços ambientais (PLAM, 2014, p. 560).

*“Ensure the integral management, protection, conservation and restoration of natural and urban ecosystems, guiding urban growth based on the strategy of inclusive territorial planning and mitigation/adaptation to climate change” (IMP, 2012, p.360).*

*It points out general goals that should be accomplished until 2025, focused on territorial planning, without having the design of systemic guidelines based on ecological concepts. Besides the economic, urban and social proposals, PLAM goes beyond the proposals of PEDC-LM by approaching, in a constant and systemic way, the environmental theme as a premise to create an Open Spaces and Ecological Infrastructure Plan (EAIE Plan).*

*The ecological issue is approached comprehensively from the diagnosis, followed by the presentation of regulations that support the EAIE Plan and the definition of the used concepts. A distinction is made between what would be the Ecological Structures – formed by the set of natural and anthropic systems that sustain the life and economy of Lima (PLAM, 2014, p.560) – be and the Ecological Infrastructures – network of natural and open spaces planned and managed to protect and preserve ecosystems as well as to promote environmental services (PLAM, 2014, p.560).*

Baseados nesses conceitos e reforçando os objetivos voltados ao meio ambiente, são propostos inúmeros Projetos Estruturadores do Sistema de Espaços Abertos e de Infraestrutura Ecológica, a serem instalados de forma estratégica em Lima e Callao, a fim de criar uma rede de infraestruturas e espaços públicos capazes de promover serviços ambientais diversos. Os projetos variam desde parques de bairro até extensos corredores verdes ao longo dos vales dos rios, como pode ser visto na Figura 08.

*Based on these concepts and reinforcing the objectives related to the environment, numerous Structuring Projects of Open Spaces and Ecological Infrastructure System were proposed, to be strategically settled in Lima and Callao, aiming to create a network of infrastructures and public spaces able to promote environmental services. Those projects range from neighborhood parks to large green corridors along river valleys, as can be seen in Figure 08.*



**Figura 08** – Projetos propostos para Lima e Callao como parte do Sistema de Espaços Abertos e Infraestrutura Ecológica do PLAM, 2014. Fonte: PLAM, 2014- Tomo II, p. 1001.

*Figure 08* – Proposed projects for Lima and Callao as part of PLAM Open Space and Ecological Infrastructure System, 2014. Source: PLAM, 2014 – Tomo II, p. 1001.

A proposta ecológica do PLAM tem uma visão mais abrangente, tratando o manejo das águas, mas também outros serviços ambientais, incluindo fatores sociais e culturais. Essa abrangência se deve principalmente à vinculação da proposta às iniciativas do Serviço de Parques de Lima (SERPAR), que no período de 2011 a 2014 promoveu “A Revolução dos Parques: os Espaços Públicos como Modelos de Integração” (SERPAR, 2014). Foi a SERPAR também, a responsável por apresentar as “Estratégias para o Futuro de Lima”, introduzindo o Sistema de Espaços Abertos e Infraestrutura Ecológica e o Plan EAIE, depois desenvolvido no PLAM.

A SERPAR concentrou suas ações na instalação, recuperação e gerenciamento de parques urbanos públicos, com forte empenho de estratégias que pudessem aproximar e fazer com que a população participasse de cada intervenção. Dessa forma, o Serviço de Parques conseguiu exitosos resultados ao valorizar o espaço público, fornecendo equipamentos de qualidade, principalmente das zonas mais periféricas e/ou vulneráveis socialmente. Foram propostos ainda programas de adoção de árvores, a instalação de centros culturais (CREA) e a manutenção de uma agenda de atividades nos espaços públicos a fim de garantir a ativação dos mesmos. Tratou de educar ambientalmente a população a partir

*The ecological proposal of PLAM has a broader view, dealing with water management and also with other environmental services, including social and cultural factors. This scope is mainly due to the linking of the proposal to the initiatives of the Lima Park Service (SERPAR), which in the period from 2011 to 2014 promoted “The Parks Revolution: Public Spaces as Integration Models” (SERPAR, 2014). SERPAR was also responsible for presenting the “Strategies for the Future of Lima”, introducing the System of Open Spaces and Ecological Infrastructure and the EAIE Plan, later developed in PLAM.*

*SERPAR concentrated its actions in the installation, recovery and management of public urban parks, with a strong commitment to strategies that could bring the population closer and invite the people to participate in each intervention. In this way, the Parks Service achieved successful results by adding value the public space, providing quality equipment, especially in the most peripheric and/or socially vulnerable areas. Programs were also proposed for the adoption of trees, installation of cultural centers (CREA) and the maintenance of an agenda of activities in the public spaces in order to guarantee their activation. The population has been educated environmentally with*

dos formatos participativos, o que vem dando resultados muito positivos tanto na utilização, quanto na manutenção dos parques. A Figura 09 apresenta um dos casos de sucesso do SERPAR.

*participatory formats, which gave very positive results both in the use and in the maintenance of the parks. Figure 9 shows one of the SERPAR success stories.*



**Figura 09** – CREA Huascar. Parque com centro cultural. Fonte: SERPAR, 2014.

*Figure 09* – CREA Huascar. Park with cultural center. Source: SERPAR, 2014.

### Nota da autora

Meu contato com o Perú, em especial com Lima, se iniciou em 2015. Desde então os projetos ligados à promoção de serviços ambientais e à utilização de estratégias de Infraestrutura Verde vem se expandindo a partir de proposições para as escalas macro, meso e micro, acompanhadas por discussões pontuais. Embora hajam divergências entre os conceitos usados pelas diferentes entidades, assim como variam

### Author's note

*My contact with Peru, especially with Lima, began in 2015. Since then the projects related to the promotion of environmental services and use of Green Infrastructure strategies have been expanding from proposals for macro, medium and micro scales, accompanied by punctual discussions. Although there are divergences between the concepts used by the different entities, as well as several variations both*

muito tanto na teoria como na prática em tantos outros países, o que chama a atenção é que a produção acadêmica nesse tema não me pareça tão desenvolvida no Perú como no Brasil. No entanto, a efetivação na prática, dos conceitos de Infraestrutura Verde, Infraestrutura Ecológica e Sistema de Espaços Abertos, parece estar mais adiantada quanto à sua incorporação nas políticas públicas e teste em projetos pontuais. Existe também, em Lima, um movimento que visa a incorporação do Planejamento Ambiental no Marco Regulatório que acompanharia o planejamento urbano e regional da metrópole de Lima e Callao em longo prazo. Embora haja barreiras quanto à aprovação do PLAM, é louvável que um plano de governo apresentado à cidade tenha propostas tão abrangentes e uma visão multidisciplinar e sistêmica, favorável ao crescimento urbano de Lima como parte integral do ecossistema.

*in theory and practice as in so many other countries, what draws attention is that the academic production on this theme does not seem to me as much developed in Peru as it is in Brazil. However, the practical implementation of concepts of Green Infrastructure, Ecological Infrastructure and Open Space seems to be more advanced as far as its incorporation into public policies and the testing of specific projects is concerned. There is also, in Lima, a movement aiming to incorporate the Environmental Planning in the Regulatory Framework which would follow the urban and regional planning of Lima and Callao in the long term. Although there are barriers to approve the PLAM, it is remarkable that a government plan presented to the city has such broad proposals as well as multidisciplinary and systemic view, favorable to the urban growth of Lima as an integral part of the ecosystem.*

## REFERÊNCIAS | REFERENCES

BEAUMONT, M. **Cómo Responder al reto del Cambio Climático desde las Ciudades**. Argumentos- Revista de análisis y crítica. Instituto de Estudios Peruanos. Ed.n.04, setembro de 2014. Acessado em 12/08/2017. Disponível em: <http://revistaargumentos.iep.org.pe/articulos/como-responder-al-reto-del-cambio-climatico-desde-las-ciudades/>

Diario Correo. Acessado em 12/08/2017. Disponível em:

<http://diariocorreo.pe/ciudad/722-puntos-de-contaminacion-existen-a-lo-largo-del-rio-rimac-727686/>

IMP. Instituto Peruano de Planificación. **Plan Regional de Desarrollo Concentrado de Lima Metropolitana (PRDC-LM)**. 2012. Acessado em 12/08/2017. Disponível em:

<http://www.imp.gob.pe/index.php/plan-regional-de-desarrollo-concertado-de-lima>

LEIS. Estrategia de Infraestructura Ecológica de Lima. **Estrategias integradas de planificación urbana y heramientas de planificación**. 2014. Acessado em 12/08/2017.

Disponível em: [https://issuu.com/ilpe/docs/leis\\_-\\_esp\\_20141117\\_copy](https://issuu.com/ilpe/docs/leis_-_esp_20141117_copy)

MINCETUR- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. Acessado em 15/08/2017

Disponível em: <https://www.mincetur.gob.pe/> e Perú Travel. Acessado em 15/08/2017

Disponível em: <http://www.peru.travel/about-peru/location-geography-and-climate.aspx>

MURO, R. L. **Descubriendo herramientas para remediar impactos de la minería: flora nativa adaptada a condiciones extremas**. Comunicação oral Seminário: Herramientas para la Gestión y Remediación de Agua Sostenible. UPCH, 11 de Julho de 2017.

PLAM. **Plan Metropolitano de Desarrollo Urbano de Lima y Callao**. 2014.

SERPAR. Serviços de Parques de Lima. **La Revolución de los Parques: Espacios Públicos como Modelos de Integración**. 2014.

Ser Peruano. Acessado em 15/08/2017. Disponível em:

<http://www.serperuano.com/2017/06/sedapal-se-viene-programa-con-700-proyectos-de-infraestructura-verde/>

SUNASS. Superintendência Nacional de Serviços de Saneamento - Acessado em 15/08/2017. Disponível em: <http://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/eps/sunass-comprometida-con-el-cuidado-de-las-fuentes-de-agua>