



Estruturas ambientais

urbanas e a ambiência



Organizadoras

Sandra Medina Benini

Geise Brizotti Pasquotto

Jeane Aparecida Rombi de Godoy



Organizadoras
Sandra Medina Benini
Geise Brizotti Pasquotto
Jeane Aparecida Rombi de Godoy

Estruturas ambientais

urbanas e a ambiência

1ª Edição

ANAP
Tupã/SP
2021

EDITORA ANAP**Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista**

Pessoa de Direito Privado Sem Fins Lucrativos, fundada em 14 de setembro de 2003.

www.editoraanap.org.br

editora@amigosdanatureza.org.br

Revisão Ortográfica - Smirna Cavaleiro

Ficha Catalográfica

B467e Estruturas ambientais urbanas e a ambiência / Sandra Medina Benini,
Geise Brizotti Pasquotto e Jeane Aparecida Rombi de Godoy (orgs). 1.
ed. – Tupã: ANAP, 2021.
159 p; il.; 14.8 x 21cm

Requisitos do Sistema: Adobe Acrobat Reader
ISBN 978-65-86753-45-5

1. Cidade Contemporânea 2. Planejamento 3. Ambiente
I. Título.

CDD: 710
CDU: 710/49

Índice para catálogo sistemático
Brasil: Planejamento Urbano

Conselho Editorial

Diretoria Executiva da Editora

Profa. Dra. Sandra Medina Benini
Profa. Dra. Leonice Seolin Dias
Prof. Dr. Ricardo Miranda dos Santos
Prof. Ms. Allan Leon Casemiro da Silva

Comissão Científica - 2021 a 2024

Profa. Dra. Alba Regina Azevedo Arana – UNOESTE
Prof. Dr. Alessandro dos Santos Pin – Unicerrado
Prof. Dr. Alexandre Carneiro da Silva – IFAC - AC
Prof. Dr. Alexandre Gonçalves – Centro Universitário IMEPAC
Prof. Dr. Alexandre Sylvio Vieira da Costa – UFVJM
Prof. Dr. Alfredo Zenen Dominguez Gonzalez – UNEMAT
Profa. Dra. Alzilene Ferreira da Silva – UFRN
Profa. Dra. Ana Klaudia de Almeida Viana Perdigão – UFPA
Profa. Dra. Ana Paula Branco do Nascimento – USJT
Profa. Dra. Ana Paula Novais Pires Koga – UFCAT
Profa. Dra. Andréa Aparecida Zacharias – UNESP - Câmpus de Ourinhos
Profa. Dra. Andréa Holz Pfützenreuter – UFSC
Prof. Dr. Antonio Carlos Pries Devide – APTA/SP
Prof. Dr. Antonio Cezar Leal – FCT/UNESP - Câmpus de Presidente Prudente
Prof. Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira – UFAM
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – PUC - GO
Prof. Dr. Antonio Soukef Júnior – UNIVAG
Profa. Dra. Arlete Maria Francisco – FCT/UNESP - Câmpus de Presidente Prudente
Profa. Dra. Bruna Angela Branchi – PUC Campinas
Prof. Dr. Carlos Andrés Hernández Arriagada – UPM - SP
Prof. Dr. Carlos Eduardo Fortes Gonzalez – UTFPR
Profa. Dra. Cássia Maria Bonifácio – UEM
Prof. Dr. Celso Maran de Oliveira – UFSCar
Prof. Dr. César Gustavo da Rocha Lima – UNESP - Câmpus de Ilha Solteira
Profa. Dra. Cibele Roberta Sugahara – PUC - Campinas
Prof. Dr. Claudiomir Silva Santos – IFSULDEMINAS
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – UnB - Câmpus Darcy Ribeiro
Profa. Dra. Daniela Polizeli Traficante – FCA/UNESP/Botucatu
Profa. Dra. Danila Fernanda Rodrigues Frias – Universidade Brasil
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – UNESP- Câmpus de Sorocaba
Profa. Dra. Dayse Marinho Martins - IEMA
Profa. Dra. Edilene Mayumi Murashita Takenaka – FATEC/PP
Prof. Dr. Edson Leite Ribeiro – Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR
Prof. Dr. Eduardo Salinas Chávez – UFMS – Câmpus de Três Lagoas
Prof. Dr. Eduardo Vignoto Fernandes – UFJ - GO
Profa. Dra. Eleana Patta Flain – UFMS – Câmpus de Naviraí
Profa. Dra. Eliana Corrêa Aguirre de Mattos
Profa. Dra. Eloisa Carvalho de Araujo – PPGAU/ EAU/UFF

Prof. Dr. Erich Kellner – UFSCar
 Profa. Dra. Eva Faustino da Fonseca de Moura Barbosa – UEMS – Câmpus de Campo Grande
 Prof. Dr. Fernando Sergio Okimoto – FCT- Câmpus de Presidente Prudente
 Profa. Dra. Flavia Rebelo Mochel – UFMA
 Prof. Dr. Frederico Braida – UFJF
 Prof. Dr. Frederico Yuri Hanai – UFSCar
 Prof. Dr. Gabriel Luis Bonora vidrih Ferreira – UEMS
 Prof. Dr. Gilivã Antonio Fridrich – UNC
 Prof. Dr. Joao Adalberto Campato Jr – Universidade Brasil
 Prof. Dr. João Candido André da Silva Neto – UFAM
 Prof. Dr. João Carlos Nucci – UFPR
 Prof. Dr. João Paulo Peres Bezerra – UFFS
 Prof. Dr. José Mariano Caccia Gouveia – FCT- Câmpus de Presidente Prudente
 Profa. Dra. Josinês Barbosa Rabelo - Centro Universitário Tabosa de Almeida (ASCES -UNITA)
 Profa. Dra. Jovanka Baracuhy Cavalcanti – UFPB
 Profa. Dra. Juliana de Oliveira Vicentini – USP – Câmpus de Piracicaba
 Profa. Dra. Juliana Heloisa Pinê Américo-Pinheiro -Universidade BRASIL
 Profa. Dra. Karin Schwabe Meneguetti – UEM
 Prof. Dr. Kleso Silva Franco Junior
 Prof. Dra. Larissa Fernanda Vieira Martins
 Prof. Dr. Leandro Gaffo – UFSB
 Profa. Dra. Leda Correia Pedro Miyazaki – UFU
 Profa. Dra. Leonice Domingos dos Santos Cintra Lima – Universidade Brasil
 Profa. Dra. Ligiane Aparecida Florentino – UNIFENAS
 Profa. Dra. Luciane Lobato Sobral – UEPA
 Prof. Dr. Luiz Fernando Gouvea e Silva – UFJ - GO
 Prof. Dr. Marcelo Campos – FCE/UNESP – Câmpus de Tupã
 Prof. Dr. Marcelo Real Prado – UTFPR
 Prof. Dr. Márcio Rogério Pontes
 Prof. Dr. Marcos de Oliveira Valin Jr – IFMT – Câmpus de Cuiabá
 Profa. Dra. Maria Angela Dias - FAU/UFRJ
 Profa. Dra. Maria Augusta Justi Pisani – UPM - SP
 Profa. Dra. Martha Priscila Bezerra Pereira – UFCG - PB
 Profa. Dra. Nádia Vicência do Nascimento Martins – UEPA
 Prof. Dr. Natalino Perovano Filho – UESB - BH
 Prof. Dr. Paulo Alves de Melo – UFPA
 Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha – Professor – FCT/UNESP – Câmpus de Presidente Prudente
 Profa. Dra. Rachel Lopes Queiroz Chacur – UNIFESP
 Profa. Dra. Renata Franceschet Goettems – UFFS
 Profa. Dra. Renata Morandi Lórá
 Profa. Dra. Renata Ribeiro de Araújo – FCT/UNESP – Câmpus de Presidente Prudente
 Prof. Dr. Ricardo de Sampaio Dagnino – UFRGS
 Prof. Dr. Ricardo Toshio Fujihara – UFSCar
 Profa. Dra. Rita Denize de Oliveira – UFPA
 Prof. Dr. Rodrigo Barchi - Universidade Ibirapuera (UNIB)
 Prof. Dr. Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos – UFPE
 Profa. Dra. Roselene Maria Schneider – UFMT – Câmpus de Sinop
 Profa. Dra. Rosío Fernández Baca Salcedo – UNESP – Câmpus de Bauru
 Prof. Dr. Salvador Carpi Junior – UNICAMP
 Profa. Dra. Sandra Mara Alves da Silva Neves – UNEMAT – Câmpus de Cáceres

Prof. Dr. Sérgio Luís de Carvalho – UNESP – Câmpus de Ilha Solteira

Profa. Dra. Thais Guarda Prado Avancini

Profa. Dra. Vera Lúcia Freitas Marinho – UEMS – Câmpus de Campo Grande

Prof. Dr. Vitor Corrêa de Mattos Barretto – UNESP – Câmpus de Dracena

Prof. Dr. Wagner de Souza Rezende – UFG

Profa. Dra. Yanayne Benetti Barbosa

SUMÁRIO

PREFÁCIO	09
<i>Geise Brizotti Pasquotto</i>	
 Capítulo 1	 13
CLASSIFICAÇÃO DOS PARQUES URBANOS: ANÁLISE E PROPOSTA CONCEITUAL	
<i>Larissa Fernanda Vieira Martins</i>	
 Capítulo 2	 33
ÁREAS VERDES URBANAS PROTEGIDAS: CONSEQUÊNCIAS DA PRESSÃO ANTRÓPICA	
<i>Cátia Araújo Farias</i>	
<i>Celso Maran de Oliveira</i>	
 Capítulo 3	 59
VEGETAÇÃO NA CIDADE: UM OLHAR INTERDISCIPLINAR PARA SUB-BACIA DO CASSANDOCA	
<i>Ana Maria Antunes Coelho</i>	
<i>Luis Octavio de Faria e Silva</i>	
<i>Rebeca Pegoraro Heredia</i>	
<i>Renata Ferraz de Toledo</i>	
<i>Sidney Carneiro de Mendonça Fernandes</i>	
 Capítulo 4	 87
ANÁLISE QUALITATIVA DAS ÁREAS VERDES PÚBLICAS NA ZONA NORTE DA CIDADE DE CUIABÁ-MT	
<i>Sandra Medina Benini</i>	
<i>Jeane Aparecida Rombi de Godoy</i>	

Capítulo 5	107
OCUPAÇÃO TERRITORIAL E MICROCLIMA URBANO - UMA PROPOSTA PARA ESTABELECIMENTO DE PADRÕES DE REFERÊNCIA	
<i>Marcus Carvalho</i>	
<i>Cláudia Cotrim Pezzuto</i>	
Capítulo 6	125
APLICAÇÃO DE PAVIMENTOS FRIOS COMO ESTRATÉGIA DE MITIGAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR: MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA	
<i>Nicolas Jorge Vianna</i>	
<i>Regina Marcia Longo</i>	
Capítulo 7	141
IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO DESEMPENHO TÉRMICO DE COBERTURAS COM USO DE ISOLAMENTO	
<i>Emeli Lalesca Aparecida da Guarda</i>	
<i>Luciane Cleonice Durante</i>	
<i>Elaise Gabriel</i>	
<i>Renata Mansuelo Alves Domingos</i>	
<i>Ivan Julio Apolonio Callejas</i>	

PREFÁCIO

A maior parte da espécie humana vive hoje em cidades. Dentre as consequências da urbanização estão a redução de espaço verdes, mudança no uso do solo e perda de biodiversidade. Dentre as estruturas ambientais urbanas tem-se a vegetação distribuída na arborização de ruas e calçadas, como em locais como parques e praças. Os parques são locais de grande extensão nas cidades que contemplam funções ecológicas, de lazer e estética, proporcionando o contato com a natureza. Dependendo da sua localização e infraestrutura, os parques são utilizados de formas diferentes pela população e são conhecidos como Naturais, Históricos, Lazer ou Lineares. Há, ainda, outras tipologias que o capítulo 1 traz como contribuições, como parques esportivos, parques comunitários e parques escola.

A pandemia COVID-19 interferiu no acesso a parques e espaços verdes para a população entre 2020 e 2021. A construção de uma infraestrutura mais forte em parques e espaços verdes em todo o país ajuda a limitar o impacto de futuros desastres de saúde pública. Estudos realizados durante a recomendação de isolamento social na pandemia demonstram que o distanciamento físico de espaços verdes é percebido como negativo pela população. As pessoas apresentaram maiores sintomas de depressão e ansiedade em condições de bloqueio, em que não foi permitido o contato com espaços naturais ao ar livre, principalmente no primeiro período da pandemia no Brasil (março/2020 a junho/2020).

A redução de áreas verdes como consequência da pressão antrópica implica em danos ambientais durante o crescimento das cidades, o que é abordado pelos autores do capítulo 2. Os desafios do planejamento urbano para aumentar a cobertura vegetal tem sido foco de atenção principalmente em grandes centros urbanos. A cobertura vegetal oferece muitos benefícios para a população desde qualidade de vida até espaço de lazer, o que está relacionado com a saúde mental.

A cobertura vegetal é um indicador de qualidade de vida nos municípios. Morar próximo a um espaço verde e/ou ter 16 m² de áreas verdes por habitantes no município, é o recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), no entanto, são tolerados 12 m²/hab. Cabe ressaltar que estas áreas

verdes precisam estar bem distribuídas nas cidades, para proporcionar os mesmos benefícios a todos os municípios. No capítulo 4, as autoras trazem o Índice de Área Verde Pública Urbanizada por bairro (IAPVU), em que aplicaram em uma região da cidade de Cuiabá, MT; no capítulo 5, os autores trazem uma abordagem sobre microclima urbano, e no capítulo 6, estratégias de mitigação das ilhas de calor. Para somar, no capítulo 7 os autores trazem uma análise sobre os efeitos do aquecimento global no consumo energético de um conjunto habitacional.

Por fim e não menos importante, cabe destacar o capítulo 3, em que os autores abordam diferentes percepções e usos sobre arborização. A percepção e usos de espaços são resultados que envolvem vários estímulos, como visão, audição, tato e olfato. Assim, o contato estreita nossa relação com o mundo natural por meio da aproximação com a natureza, com infraestruturas verdes e azuis.

Os olhos obtêm informações mais precisas e detalhadas sobre o meio ambiente, entretanto, nossa visão é seletiva, pois reflete experiências vividas, e nossa percepção da paisagem também se torna simplificada. A percepção é uma ferramenta muito importante para a gestão pública e planejamento urbano, pois por meio dela pode-se ter um diagnóstico sobre o uso e a relação com os espaços verdes e públicos e a partir disso propor soluções que envolvam os diferentes *stakeholders* (frequentadores, gestores e outros tomadores de decisão).

Este e-book traz contribuições sobre estudos e informações referentes à vegetação urbana e às implicações de sua redução na vida dos cidadãos. Como já mencionado, existem evidências crescentes de que os serviços ecossistêmicos proporcionados pelos espaços verdes e, em especial, a exposição a ambiente natural, têm benefícios potenciais para a saúde mental e o bem-estar.

O acesso a espaços verdes é de vital importância para a saúde e o bem-estar dos indivíduos e levará a populações mais saudáveis. Os problemas humanos estão conectados aos problemas ambientais, ou seja, a qualidade de vida e saúde estão relacionados à urbanização, ao planejamento das cidades e aos espaços verdes.

Finalizo agradecendo a oportunidade de prefaciar este trabalho com 7 capítulos que reforçam a importância de se discutir o planejamento urbano, envolvendo as atividades humanas, saúde e ambiência.

Boa leitura!

*Ana Paula Branco do Nascimento*¹

¹ Doutora em Ecologia Aplicada pela Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade São Judas Tadeu (USJT) e do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental da UFSCar-So. E-mail: ana.branco@saojudas.br

Capítulo 1

CLASSIFICAÇÃO DOS PARQUES URBANOS: ANÁLISE E PROPOSTA CONCEITUAL

*Larissa Fernanda Vieira Martins*²

INTRODUÇÃO

Os parques urbanos são espaços públicos com área legalmente delimitada, com a predominância de vegetação de porte arbóreo-arbustivo e áreas permeáveis (MARTINS, VENTURI; WINGTER, 2019). Eles exercem funções estéticas, ecológicas e sociais (KLIASS, 1993; OLIVEIRA, 2007; SOLECKI; WECH, 1995; SORENSEN *et al.*, 1998).

Tais espaços são considerados referência para a qualidade de vida, pois são os principais ambientes da interação entre homem e natureza inseridos na malha urbana (COSTA, 2011).

O principal uso dessas áreas são as atividades humanas de recreação e lazer, sendo estas as principais distinções entre um parque urbano e um parque categorizado como Unidade de Conservação (UC) – previsto pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), conforme a Lei Federal 9.985/2000 (MARTINS, 2014). Enquanto os Parques Urbanos são projetados para atender às necessidades de lazer e recreação ao ar livre das populações citadinas, as UCs são concebidas e destinadas à preservação, conservação e manutenção dos sistemas naturais *in situ* (OLIVEIRA, 2007; OLIVEIRA; BITAR, 2009).

O arquétipo do parque como conhecemos é um elemento típico das grandes cidades e apresenta constante processo de recodificação (MACEDO; SAKATA, 2003). Devido às necessidades atuais e à demanda por áreas verdes, Martins (2014) destaca que:

[...] o parque da cidade contemporânea tem o papel de amenizar potenciais

² Doutora em Ciências (Geografia Física) – Universidade de São Paulo (USP). Professora doutora, Centro Universitário das Américas (FAM). E-mail: larissafernanda@alumni.usp.br

problemas, podendo assumir função similar ao parque categorizado como Unidade de Conservação (UC). Este fator é evidenciado em parques urbanos que visam proteger áreas frágeis (encostas e fundos de vale) e conservar fragmentos florestais [...]. (MARTINS, 2014, p. 28-29)

Um bom planejamento deve aproveitar as aptidões paisagísticas do sítio urbano para a destinação dos parques, além de estabelecer potenciais áreas para suprir as futuras demandas por áreas verdes (KLIASS, 1993).

Inserida neste contexto, a classificação sistematizada dos parques urbanos permite identificar a melhor configuração paisagística, segundo as aptidões naturais do sítio geográfico e necessidades da população citadina, bem como nortear a gestão destes ambientes.

OBJETIVOS

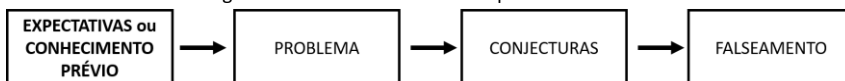
Com intuito de buscar uniformidade nas classificações dos Parque Urbanos, esta pesquisa tem por objetivo apresentar uma breve revisão das classificações descritas na literatura atual e propor uma nova classificação, que visa a agrupar e sintetizar as tipologias identificadas.

METODOLOGIA

Método

Para o desenvolvimento desta pesquisa utilizou-se o método hipotético-dedutivo proposto por Popper em 1975 e descrito por Marconi e Lakatos (2021). De acordo com as referidas autoras, o método é concebido a partir de um pré-conhecimento da realidade, no qual são identificados problemas e criadas conjecturas, as quais são submetidas a testes com o intuito de corroborá-las ou falseá-las (Figura 1).

Figura 1 – Síntese do método – hipotético-dedutivo



Fonte: Marconi e Lakatos (2021).

Desta forma, identificou-se:

- Problema: ambiguidade na classificação de parques urbanos.
- Conjecturas: existem inúmeras classificações, as quais utilizam diferentes terminologias destinadas ao mesmo objeto. Assim, faz-se necessário um grupo de termos que tenha por objetivo unificar e simplificar as terminologias já existentes.

Partindo das premissas iniciais, realizou-se um levantamento literário para reunir e verificar as terminologias atualmente empregadas com o intuito de verificar se ocorre ambiguidade e termos distintos.

Procedimentos técnico-operacionais

Este estudo adotou a técnica de pesquisa bibliográfica com tipologia descritiva por meio de dados secundários.

Para Marconi e Lakatos (2021), a pesquisa bibliográfica por meio de dados secundários

[...] abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, artigos científicos impressos ou eletrônicos [...]. (MARCONI; LAKATOS, 2021, p. 213).

A tipologia descritiva tem por objetivo determinar a extensão do atendimento por parte das publicações empíricas disponíveis sobre determinado assunto aos padrões e tendências em relação às proposições preexistentes; para assegurar a generalização dos resultados, as revisões descritivas coletam, codificam e analisam dados que refletem a frequência de determinados tópicos (ZOMER; CAUCHICK-MIGUEL; CARVALHO, 2017).

Desta forma, realizou-se levantamento literário em sítios eletrônicos e meios impressos, buscando por palavras-chave tais como: “parques urbanos”, “parques da cidade”, “parques lineares”, “parques ecológicos”, “áreas protegidas urbanas”. As principais bases de pesquisa utilizadas foram: *Science direct* (<https://www.sciencedirect.com/>); *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO) (<https://www.scielo.org/>); Biblioteca Virtual Brasileira de Teses e Dissertações (<https://bdtd.ibict.br/vufind/>); Google acadêmico

(<https://scholar.google.com.br/>); portal de periódicos da Capes (<https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/>); livros impressos e digitais.

Os dados obtidos foram analisados e sistematizados por meio de redação, a qual visou a organizar as diferentes tipologias de parques empregados na atualidade.

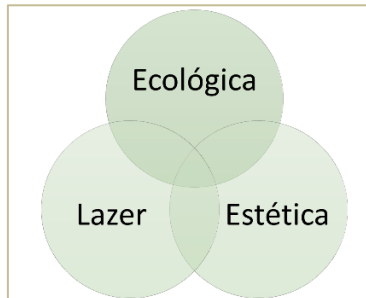
Após a exposição das principais classificações empregadas, estas foram sintetizadas em uma nova proposta, estabelecendo cinco novas classes tipológicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de imergirmos nas classificações existentes, é importante destacar as principais funções dos Parques Urbanos para que se possa compreender a real contribuição destas áreas no ambiente citadino.

Segundo Alvarez (2004), os parques devem satisfazer as funções de lazer, ecológica e estética (Figura 2, Quadro 1).

Figura 2 – Tríade das funções do parque urbano



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Quadro 1 – Funções dos parques urbanos, segundo Alvarez (2004)

Função	Características
Lazer	Deve satisfazer as necessidades humanas de lazer física, psicológica e/ou social.
Ecológica	Deve fomentar a melhoria da qualidade de vida, bem como, melhorias microclimáticas, conservação e proteção dos recursos naturais.
Estética	Deve modelar a estrutura urbana, integrar usos conflitantes e propiciar cenários culturais e diversificação da paisagem citadina.

Fonte: Organizado pela autora (2021).

Para que tais funções sejam alcançadas, o parque deve possuir: a) elementos de ordem material, tais como mobiliários e equipamentos de lazer; b) elementos de ordem natural, como a vegetação e recursos hídricos; e c) elementos de ordem imaterial, associados à capacidade do espaço em propiciar emoções, vivência social, identidades de grupo, e outros (NUNES JÚNIOR, 2011).

Pesquisa desenvolvida por Whately *et al.* (2008), referente aos anseios e aspirações dos usuários dos parques urbanos da cidade de São Paulo, identificou a busca pelos seguintes usos: a) atividades físicas, b) lazer, c) cultura; d) descanso e relaxamento, e e) atividades de recreação, cultura e lazer promovidas pela gestão do parque.

A contribuição para a melhoria da qualidade urbana e da qualidade de vida pode não ser assegurada devido à alta demanda e à carência de parques no tecido urbano, bem como à má gestão (MARTINS, 2014). Estudo conduzido por Philippi Júnior e Rodrigues (2006) sobre a gestão de parques urbanos na cidade de São Paulo relata que

[...] são tão poucas as áreas verdes públicas nesta cidade, que acaba ocorrendo excesso de visitação [...] as multidões de visitantes criam um ambiente ruidoso e estressante, às vezes quase tão desagradável quanto os congestionamentos de trânsito, do que aqueles visitantes buscam escapar ao visitar um parque [...], ao invés de encontrar tranquilidade e contato com a natureza, o visitante encontra barulho, poluição, trânsito, violência, todos aqueles malefícios da grande metrópole que eles procuram esquecer através da fruição da área verde. (PHILIPPI JÚNIOR; RODRIGUES, 2006, p. 322-323).

Desta forma, a necessidade de sistematizar a classificação dos parques pode contribuir com a gestão pública no que tange ao manejo dessas áreas, bem como a necessidade de estabelecer novos parques de acordo com as necessidades regionais e disposição no tecido urbano.

Classificação existente na literatura

A literatura referente à classificação e tipologias de parques urbanos é incipiente e ambígua; diferentes autores conceituam distintamente parques urbanos destinados ao mesmo tipo de uso e função (MARTINS, 2014).

Mantovani (2005) classifica os parques em três tipologias: a) Parques

Tecnológicos; b) Parques Jardins; e c) Parques Ecológicos (Quadro 2).

Quadro 2 – Classificação proposta por Mantovani (2005) segundo tipologia e características

Tipologia	Características
Parques Tecnológicos	São constituídos por mobiliários e equipamentos de uso público, com amplas áreas destinadas à recreação e lazer, não possuem elementos naturais e/ou biológicos marcantes, muitas vezes não apresentam nenhuma característica natural e tendem a ocupar pequenas áreas.
Parques Jardins	Os elementos biológicos são manejados continuamente, tais como cortes e podas; costumam apresentar inúmeras espécies exóticas amplamente utilizadas no paisagismo, raramente são constituídos por espécies nativas.
Parques Ecológicos	A principal característica associa-se à conservação e manutenção dos ecossistemas integrado ao uso público.

Fonte: Organizado pela autora (2021).

Nota-se que a classificação apresentada por Mantovani (2005) sintetiza a tipologia dos parques de acordo com a função da vegetação. Dessa forma, o Parque Tecnológico não apresenta vegetação marcante; o Parque Jardim apresenta vegetação para fins paisagísticos, fato que é justificado pelo manejo contínuo e espécies exóticas apreciadas pelos paisagistas, este tipo de parque tende a ser projetado; e o Parque Ecológico apresenta vegetação marcante, com espécies vegetais nativas, tipologia que está associada à conservação de fragmentos florestais.

Bonduki e Ferreira (2006) apresentam as seguintes tipologias: a) Parques Nucleares Intraurbanos; b) Parques da Cidade; e c) Parques Lineares (Quadro 3).

Verifica-se, na classificação proposta por Bonduki e Ferreira (2006), que a tipologia dos parques associa a sua localização no tecido urbano.

Lira (2001) apresenta seis classes para os parques urbanos em função do seu uso principal: a) Parques de Preservação Ambiental – UCs categorizadas pelo SNUC (BRASIL, 2000); b) Parques Especiais – viveiros de mudas, jardins botânicos, zoológicos; c) Parques de Recreação e Lazer – destinados a todas as faixas etárias; d) Parques de Vizinhança – destinados principalmente à recreação infantil; e) Parques de Bairro – espaços com tamanho médio, com infraestrutura de recreação e lazer; e f) Parques Setoriais/Metropolitanos – áreas amplas com vegetação marcante, área permeável e diversidade de equipamentos e mobiliários para recreação e lazer.

Quadro 3 – Classificação proposta por Bonduki e Ferreira (2006) segundo tipologia e características

Tipologia	Características
Parques Nucleares Intraurbanos	Apresentam como principal objetivo a promoção de atividades de recreação e lazer em espaços vegetados com área permeável. São bem delimitados e apresentam subcategorias de acordo com as dimensões espaciais e inserção na malha urbana, são elas: a) Parques de Vizinhança, b) Parques de Bairro, e c) Parques Regionais.
Parques da Cidade	Apresentam grandes dimensões e diversidade de equipamentos, mobiliários e atividades destinados à recreação, lazer, cultura e educação.
Parque Lineares	Área verde lindeira à margem hídrica; pode ser composto constituído por: a) Área Core, que consiste na Área de Preservação Permanente (APP), definida pela legislação vigente; b) Zona de Amortecimento, representa a transição entre a Área Core e a Zona Equipada; e c) Zona Equipada, composta por equipamentos de recreação e lazer.

Fonte: Organizado pela autora (2021).

Kliass e Magnoli (2006) apresentam uma classificação estruturada no raio de atendimento do parque na malha urbana (Quadro 4).

Quadro 4 – Classificação proposta por Kliass e Magnoli (2006) segundo tipologia e características do parque

Tipologia	Características
Parque de Vizinhança	Parque destinado à recreação infantil com um raio de atendimento de aproximadamente 500 metros, sem travessia de ruas de trânsito.
Parque de Bairro	Espaços destinados à recreação de jovens de 11 a 24 anos; seu raio máximo de atendimento é de mil metros.
Parque Setorial	Área destinada à recreação de toda a população, dotada de equipamentos de uso comunitário, com um raio de atendimento máximo de 5 mil metros.
Parques Metropolitanos	Áreas destinadas à recreação de toda a população da região, localizadas nas reservas florestais, junto a represas e elementos naturais marcantes.

Fonte: Organizado pela autora (2021).

Whately *et al.* (2008) apresentam uma classificação segundo os usos preponderantes do parque (Quadro 5).

Estudos conduzidos por Ibes (2015) em Fênix-Arizona (EUA) propõem uma classificação para os parques urbanos que consideram os seguintes atributos: tamanho do parque, equipamentos e instalações, distância do centro da cidade, combinação de cobertura do solo, nível de verde e usos do solo no entorno. Embasando-se em tais atributos são criadas cinco categorias de parques urbanos (Quadro 6).

Quadro 5 – Classificação proposta por Whately *et al.* (2008) segundo tipologia e características do parque

Tipologia	Características
Naturais	Áreas com o objetivo de proteger, conservar e recuperar os sistemas naturais.
Históricos	Áreas com relevante interesse histórico, tais como museus e patrimônios tombados.
Lazer	Áreas dotadas de equipamentos e mobiliários para recreação e lazer; comumente com poucas ou nenhum espaço com elementos naturais.
Lineares	Área longilínea a rede hídrica.

Fonte: Organizado pela autora (2021).

Quadro 6 – Classificação proposta por Ibes (2015) segundo tipologia e características

Tipologia	Características
Parque de Subúrbio com Equipamentos	Apresentam ampla variedade de equipamentos de uso comunitário, tais como <i>playgrounds</i> , áreas de piquenique, banheiros, estruturas de sombra, piscinas, e recursos hídricos; localizam-se a uma média de 10,9 km do centro da cidade e tendem a conter mais árvores e cobertura impermeável. Os bairros circundantes são de baixa densidade urbana.
Miniparques Verdes	É a tipologia com menor área dentre os parques urbanos. A cobertura do solo desses parques é dominada por grama e árvores. Esses locais têm estatisticamente menos mobiliários para recreação e lazer, raramente apresentam recursos hídricos. Esses espaços tendem a estar dispostos nas áreas centrais e entorno das áreas mais populosas.
Reservas Nativas do Deserto	Esta categoria é representada pelos parques mais distantes do centro da cidade, com uma média de 22,59 km. Estes locais são significativamente maiores, apresentam menor alteração antrópica, contêm mais caminhos e trilhas e são dominados por solo com pouca vegetação (característica dominante na região do estudo, Arizona – EUA).
Parques Verdes de Vizinhança	Esta categoria representa as áreas com a maior proporção de árvores. Esses parques suportam a combinação menos diversificada de equipamentos públicos.
Parques Centrais	Esses parques concentram-se próximos aos centros urbanos, com a menor distância média de 4,04 km. Os parques neste grupo apresentam centros recreativos e quadras. Os bairros vizinhos apresentam alto adensamento, com as maiores concentrações de usos comerciais e industriais.

Fonte: Adaptado de Ibes (2015).

Verifica-se que a classificação proposta por Ibes (2015) leva em consideração as peculiaridades da região de estudo, tais como os parques de deserto. Ao tecer uma comparação com os parques brasileiros, verifica-se que o “parque de subúrbio com equipamentos” é equiparável aos “parques nucleares intraurbanos”, citados por Bonduki e Ferreira (2006), e aos “parques de lazer”, citados por Whately *et al.* (2008). A tipologia “reservas nativas do

deserto” equipara-se à categoria “parques ecológicos” descrita por Mantovani (2005), uma vez que as características biogeográficas da região do Arizona (EUA) são de deserto, e os parques inseridos nesta categoria apresentam predominância de elementos naturais assim como os parques ecológicos.

Brown, Rhodes e Dade (2018), ao realizarem um estudo em Brisbane, capital de Queensland – Austrália, propõem uma adaptação da classificação utilizada pela *National Recreation and Park Association*, nos Estados Unidos (MERTES; HALL, 1996), e realizam associações entre a tipologia de parque e o potencial benefício proporcionado às populações (Quadro 7).

Quadro 7 – Classificação empregada por Brown, Rhodes e Dade (2018), segundo tipologia, características e tamanho da área

Tipologia	Características	Área (ha)
Miniparque	Usado para atender às necessidades recreativas limitadas, isoladas ou únicas de pequenos grupos populacionais.	≤ 4
Parque de vizinhança	Principal área de lazer e recreação da vizinhança. Propicia à recreação ativa e passiva.	0,4 – 4
Parque Comunitário	Visa a atender às necessidades recreacionais da comunidade, bem como preservar paisagens únicas e espaços abertos.	4 – 20
Parque Urbano Grande	São áreas espacialmente mais amplas que os parques comunitários destinados a atender às necessidades recreacionais da população e conservação da paisagem natural.	20 – 50
Parque-escola	Junção de parques com escolas em um mesmo espaço, para atender às necessidades da comunidade. Pode apresentar características de outros parques, como vizinhança, comunidade, complexo esportivo e uso especial.	Variável
Parque Esportivo	Áreas projetadas para atender às necessidades recreacionais associadas a práticas esportivas. Devem ser dotadas de quadras e equipamentos que permitam tal finalidade.	≥ 10
Parque Natural	Áreas destinadas à preservação dos recursos naturais, remanescentes de vegetação e paisagens cênicas.	> 50
Parques Lineares	Áreas multifuncionais com configuração linear, principalmente lineares aos cursos hídricos, destinadas à recreação e conservação ambiental.	Variável

Fonte: Adaptado de Mertes e Hall (1996) e Brown, Rhodes e Dade (2018).

O estudo realizado por Brown, Rhodes e Dade (2018) apresenta importantes contribuições quanto aos benefícios atrelados a cada tipologia de parque. Segundo os referidos autores: a) Parques lineares foram associados às atividades físicas de maior intensidade; b) parques naturais foram associados aos benefícios ambientais; c) parques comunitários foram associados aos benefícios da interação social; e d) parques de bairro associados aos benefícios psicológicos.

Independentemente da classificação e nomenclatura que o parque receba, o importante é que este cumpra com o seu propósito inicial.

Proposta sintética para a classificação de parques urbanos

Com o intuito de sistematizar as classificações existentes, embasando-se na leitura apresentada, esta pesquisa propõe uma classificação sintética que visa a englobar as principais características evidenciadas na literatura, em cinco tipologias, são elas: Parque de Vizinhança; Parque Ecológico; Parque Linear Ecológico; Parque Linear Saneador e Parque Central.

Parque de Vizinhança

Engloba os parques dotados de equipamentos para usos recreacionais e de lazer, com o intuito de promover o convívio social e atividades ao ar livre. Sua principal característica é a presença de equipamentos de lazer, como *playgrounds*, pista para práticas esportivas (caminhadas, *skate*, corrida), quadras poliesportivas. A área destinada a este parque pode variar dependendo do espaço físico disponível. Este modelo de parque deve ocorrer em localidades afastadas das áreas centrais, cujo público-alvo é população do seu entorno direto e indireto. A vegetação se apresenta com um elemento secundário, apresentando funções estéticas e harmonização da paisagem, portanto, para cumprir tal função deve ser manejada com alta frequência.

Parque Ecológico

São parques destinados à conservação ambiental em áreas com remanescentes florestais e/ou paisagens geológicas. O principal objetivo desta área deve ser a conservação dos recursos naturais existentes no sítio ambiental. O manejo aplicado deve ser destinado à condução dos processos de regeneração natural. Deve propiciar interação da população com a natureza por meio de trilhas interpretativas e educação ambiental; seu acesso deve ser controlado.

Parque Linear Ecológico

Devem ser implementados em espaços lindeiros aos rios urbanos, cujo objetivo principal é atender à integridade física e ecológica do fundo de vale. Para que esse objetivo seja atingido a área deve dispor de mata ciliar, deve-se adotar como referência a lei de proteção da vegetação nativa (BRASIL, 2012), que estabelece uma margem com no mínimo 30 metros para rios com até 10 metros de largura e aumenta proporcionalmente em função da largura do leito do rio de acordo com a legislação vigente (Lei Federal 12.651/2012). A partir desta faixa, caso haja espaço, podem ser dispostos mobiliários e equipamentos para contemplação paisagística e/ou atividades recreacionais passivas. O contato da população com a várzea deve ser baixo, com o intuito de evitar possíveis impactos como compactação do solo pelo pisoteio e a degradação da vegetação.

Parque Linear Saneador

Esta tipologia de parque tem por objetivo amenizar os conflitos existentes entre a interação homem e fundo de vale. Devido ao fato de estas áreas estarem suscetíveis a inundações periódicas durante as cheias, acabam ocasionando enchentes com transtornos sociais, econômicos e saúde pública. Nas áreas densamente urbanizadas, no fundo de vale, como o leito maior e a planície de inundação dos rios já se encontram ocupados por vias públicas, loteamentos regulares e irregulares, muitas vezes torna-se “quase impossível” sua recuperação devido a fatores políticos, econômicos e sociais. Desta forma, a implementação de parques lineares destinados à recreação e ao lazer permite que tais áreas recebam melhor ocupação sob a ótica ambiental, evitando transtornos à população e à gestão pública. Dessa forma, o parque assume o papel de medida saneadora, ao amortecer os picos de cheia e evitar que essas áreas (a várzea) recebam ocupações irregulares.

Parque Central

São espaços abertos que ocupam grandes áreas, destinadas à recreação e lazer, devem possuir equipamentos urbanos para práticas recreacionais, esportivas e culturais. A vegetação é elemento secundário, pode ser composta de vegetação rasteira até pequenos maciços arbóreos. Nestes espaços há necessidade de manejo contínuo com o objetivo de evitar espaços que possam expor a população ao perigo. São parques que podem atrair a população de toda cidade e até de municípios vizinhos.

Nesta pesquisa adotou-se a premissa de que os parques urbanos são espaços destinados à população para recreação e lazer, com a presença de vegetação. Dessa forma, os parques tecnológicos, parques esportivos, e outras tipologias, cuja finalidade se atrele somente à recreação, ao lazer e ao convívio social e cultural, não foram contempladas. Assim, sugere-se que estas áreas sejam enquadradas em outras tipologias de áreas livres urbanas.

As tipologias aqui propostas podem ser aplicadas a diversos parques urbanos.

Para a tipologia **“Parque de vizinhança”** podemos enquadrar o “Parque Gabriel Chucre” (Figura 3) em Carapicuíba-SP. É uma área sob gestão do Estado, de acordo com São Paulo (2021a), possui 134.000 m², foi construído sob termo de compensação ambiental e inaugurado em 2012.

Figura 3 – Vista parcial dos equipamentos para lazer e recreação no Parque Gabriel Chucre, Carapicuíba-SP: (a) pista de para múltiplas atividades; e (b) quadra poliesportiva



(a)



(b)

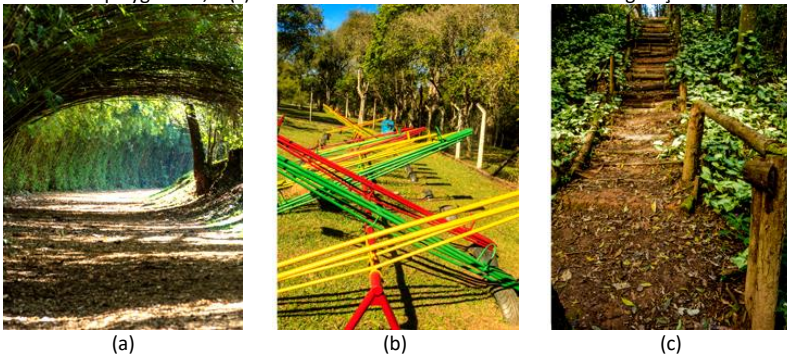
Fonte: São Paulo (2021a).

Corresponde a uma antiga área degradada próxima a uma remota cava de mineração e lixão, inserida na bacia hidrográfica do alto Tietê (SÃO PAULO, 2021b).

O parque é constituído por inúmeros equipamentos de lazer e recreação como pistas de *skate*, caminhadas, *playground*, caixas de areia, quadras poliesportivas, dentre outros; abriga uma Unidade Básica de Saúde (UBS) e promove atividades lúdicas e educacionais referente ao rio Tietê (SÃO PAULO, 2021a).

O Parque Cemucam (Centro Municipal de Campismo) (Figura 4) é uma área sob gestão da prefeitura de São Paulo-SP, porém localiza-se no município de Cotia-SP. O parque foi inaugurado em 1968 e abriga remanescentes da Mata Atlântica, um viveiro que fornece mudas para a arborização urbana da cidade de São Paulo e é equipado com mobiliários para lazer e recreação como *playgrounds*, sanitários, churrasqueiras, trilhas para caminhadas, dentre outros.

Figura 4 – Vista parcial das infraestruturas do Parque CEMUCAM (Cotia-SP): (a) trilha bucólica; (b) playground; e (c) escadaria rústica de madeira em meio a vegetação



Fonte: São Paulo (2021c).

De acordo com o inventário da vegetação atualizado em 2020, o Parque abriga espécies ameaçadas de extinção, enquadradas como vulneráveis, em perigo de extinção, criticamente em perigo e/ou presumivelmente extinta (Quadro 8). Dessa forma podemos classificá-lo em “**Parque Ecológico**”, devido à importância ambiental dos remanescentes da floresta atlântica e a fragilidade ambiental deste ecossistema.

São raros os Parques Lineares que podem ser enquadrados na tipologia

ecológica. Desta forma, propõe-se um modelo conceitual (Figura 5) da aplicação de um **Parque Linear Ecológico**. Este espaço deve visar a proteção única e exclusiva das dinâmicas físicas e ecológicas da várzea, dessa forma não devem ocorrer atividades recreacionais passivas e/ou ativas no mínimo em 30 metros a partir do leito do rio. Estes espaços devem ser criados e concebidos preferivelmente antes da expansão da malha urbana.

Quadro 8 – Suscetibilidade das espécies da flora ameaçadas de extinção no Parque CEMUCAM, segundo nome científico, nome popular e *status* de conservação

Nome científico	Nome popular	Status de conservação
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Palmito Jussara	Vulnerável
<i>Maytenus ilicifolia</i> Mart. ex Reissek	Espinheira santa	Vulnerável
<i>Sloanea obtusifolia</i> (Moric.) K. Schum	Sapopemba	Em perigo
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	jacarandá-da-Bahia	Criticamente em perigo
<i>Paubrasil</i> <i>echinata</i> (Lam.) E. Gagnon, H. C. Lima, G. P. Lewis	Pau-Brasil	Em perigo
<i>Rhynchosia reticulata</i> (Sw.) DC.	Favinha-branca	Presumivelmente extinta
<i>Nectandra barbellata</i> Coe-Teix.	Canela-amarela	Vulnerável
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	Vulnerável
<i>Plinia edulis</i> (Vell.) Sobral	Cambucá	Vulnerável
<i>Pouteria bullata</i> (S. Moore) Baehni	Guapeva	Em perigo

Fonte: São Paulo (2021c).

Figura 5 – Modelo conceitual de um Parque Linear Ecológico



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Como supramencionado, o “**Parque Linear Saneador**” visa a dar uma

nova habilidade, uma ocupação menos impermeável para a beira do rio e mitigar problemas associados às enchentes, propiciando uma nova estabilidade física para esta área e inserir a população neste processo.

Pode-se enquadrar nesta classe o Parque Linear Aricanduva (Figura 6), localizado na zona leste da cidade de São Paulo, às margens do rio Aricanduva. Segundo a Secretaria do Verde e Meio e Meio Ambiente (SVMA) (SÃO PAULO, 2021d), o parque foi inaugurado em 2012 e contou com intervenções de contenção das margens e plantio de espécies nativas. Oferece à população equipamentos como quadras poliesportivas, *playgrounds*, caminhos, áreas de estar e pista de *skate*. Este parque foi implementado em uma área totalmente antropizada para amortecer os picos de cheia no rio Aricanduva.

Figura 6 – Vista parcial do Parque Linear Aricanduva, em São Paulo-SP: (a) playground; (b) paisagismo e (c) mobiliário para convívio social



(a)



(b)



(c)

Fonte: São Paulo (2021d).

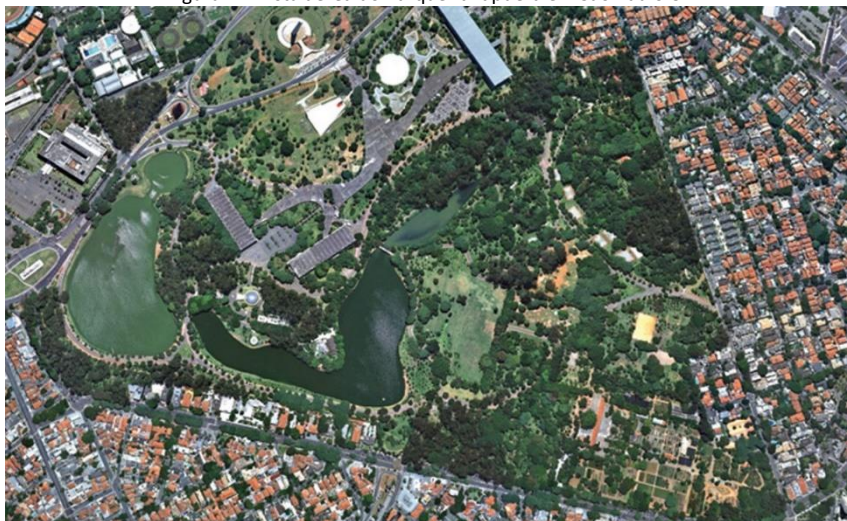
O Parque Ibirapuera (Figura 7) é um bom exemplo de “**Parques Centrais**”, pois permite a junção, em um único espaço, entre atividades culturais, vegetação, fauna, lazer e recreação. Foi construído em uma antiga área de cava de mineração e hoje é um dos principais parques da cidade, além de receber visitantes da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). O parque foi inaugurado em 1954 e representa a área verde mais icônica da cidade de São Paulo.

Cabe destacar que, segundo Magalhães (2020), devido ao tamanho da cidade e da população de São Paulo, deveriam existir dez vezes mais áreas verdes do que existe atualmente; tal problema é evidente nos fins de semana, quando pedestres, ciclistas e corredores disputam acirradamente as vias

internas do parque; o Parque Ibirapuera é, na verdade, muito pequeno para a cidade, que deveria ter outros tantos “Ibirapueras” espalhados.

Tal exposição elucida bem a classificação da tipologia de Parques Centrais, ou seja, são parques maiores, que devem exercer múltiplas funções e estarem dispostos estrategicamente no tecido urbano.

Figura 7 – Vista aérea do Parque Ibirapuera em São Paulo-SP



Fonte: Magalhães (2021). Autor da imagem desconhecido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa apresentou as principais tipologias de parques urbanos referenciadas na literatura disponível.

Nota-se que não existe um consenso entre os autores, pois parques com a mesma finalidade recebem diferentes nomeações.

Assim, faz-se necessário um consenso na literatura com o intuito de auxiliar os sistemas de gestão pública na definição de objetivos e harmonização desses espaços, bem como nortear os critérios a serem estabelecidos para a criação de novos parques.

Este artigo não buscou esgotar o assunto, mas apresentar uma contribuição em busca da padronização das terminologias já empregadas. Assim, foram criadas cinco classes de parques, que visaram a reunir e sintetizar

as classes apresentadas na literatura disponível.

As classes propostas foram: parque de vizinhança, parque ecológico, parque linear ecológico, parque linear saneador, e parques centrais. As categorias propostas foram submetidas a testes com o intuito de verificar a compatibilidade das tipologias com os parques existentes nas cidades brasileiras.

Para a tipologia parque Linear Ecológico, não se evidenciou nenhum parque com essa finalidade exclusiva (foram buscados parques na cidade de São Paulo); dentro da malha urbana de São Paulo-SP, existem rios com cursos d'água protegidos, mas estão dentro de Unidades de Conservação, como exemplo as nascentes no Parque Natural Municipal do Carmo, mas esta categoria não abrange os parques urbanos retratados neste estudo. Acredita-se que em áreas menos adensadas possam existir espaços com tais características e com potencial para implementação de Parque Lineares Ecológicos.

Para estudos futuros sugere-se uma investigação das terminologias adotadas pelo setor público em diferentes localidades brasileiras, bem como identificar se a gestão aplicada nesses espaços é compatível com a classificação da área.

Por fim, acredita-se que a principal contribuição desta pesquisa reside no fato de reunir em um único documento classificações propostas para parques urbanos por diferentes autores em distintas localidades e a proposta de uma simplificação para as terminologias dos parques da atualidade.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, A. I. **Qualidade do espaço verde urbanos: uma proposta de avaliação**. 2004. 208 f. Tese (doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BONDUKI, N.; FERREIRA, J. S. W. (coord.). **Pesquisa e análise de aplicação de instrumentos em planejamento urbano ambiental no município de São Paulo**. Relatório II – Sistematização bibliográfica sobre planejamento urbano-ambiental e zoneamento ambiental. São Paulo: LabHab FAUUSP, 2006. Disponível em: http://www.fau.usp.br/deprojeto/labhab/biblioteca/produtos/pesquisa_analise_sistematiza-biblio.pdf. Acesso em: 20 jul. 2020.

BRASIL. Lei 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

BRASIL. Lei 12.651, de 25 de dezembro. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2012.

BROWN, G.; RHODES, J.; DADE, M. An evaluation of participatory mapping methods to assess urban park benefits. **Landscape and Urban Planning**, v. 178, p. 18-31, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204618303815>. Acesso em: 1º jun. 2021.

COSTA, D. O. **Parâmetros normativos para a gestão de parques urbanos do Distrito Federal**. 2011. Dissertação (mestrado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

IBES, D. C. A. Multi-dimensional classification and equity analysis of an urban park system: a novel methodology and case study application. **Landscape and Urban Planning**, v. 137, p. 122-137, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204614003417>. Acesso em: 1º jun. 2021.

KLIASS, R. G. **Parques urbanos de São Paulo e sua evolução na cidade**. São Paulo: Pini, 1993.

KLIASS, R. G.; MAGNOLI, M. M. Áreas verdes de recreação. **Paisagem e Ambiente: ensaios**, São Paulo, n. 21, p. 245-256, 2006.

LIRA, J. A. **Paisagismo – princípios básicos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.

MACEDO, S. S.; SAKATA, F. G. **Parques urbanos no Brasil**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2003.

MAGALHÃES, R. C. de. O pequeno grande Parque Ibirapuera. **Revista do Ibirapuera**, São Paulo, 14 de jan. de 2020. Disponível em: <https://parqueibirapuera.org/o-pequeno-grande-parque-ibirapuera/>. Acesso em: 10 jun. 2021.

MANTOVANI, W. A diversidade biológica em parques urbanos. In: GLEZER, R.; MANTOVANI, M. S. M (orgs.). **Parques urbanos e meio ambiente: desafios e usos**. São Paulo: Parque Cientec/USP, 2005. p. 125-162.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MARTINS, L. F. V. **Monitoramento de parques urbanos em fundos de vale: análise das funções de conservação e uso público – estudos de casos múltiplos em Curitiba – Paraná**. 2014. 146 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

MARTINS, L. F. V.; VENTURI, L. A. B.; WINGTER, G. B. Proposta de um sistema para o monitoramento de parques urbanos. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 22, p. 1-24, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/gnbvWwqP6FSfTZrMG8JNKqQ/?lang=pt#ModalTutors>. Acesso em: 9 jun. 2021.

MERTES, J. D.; HALL J. R. **Park, recreation, open space and greenway guidelines**. USA: National

Recreation and Park Association, 1996.

NUNES JÚNIOR, P. C. O Parque do Ibirapuera e o lazer na cidade de São Paulo: da descrição à apropriação. **Revista Rua**, Campinas, n. 17, v. 2, p. 145-160, 2011.

OLIVEIRA, P. T. S. B. **Sistema de indicadores ambientais**: um modelo para o monitoramento de parques urbanos. 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2007.

OLIVEIRA, P. T. S. B.; BITAR, O. Y. Indicadores ambientais para o monitoramento de parques urbanos. **InterfacEHS**, v. 4, p. 1-14, 2009.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; RODRIGUES, J. E. R. A Gestão de parques urbanos na cidade de São Paulo. In: GLEZER, R. e M.; MARTA S. M. (orgs.). **Parques urbanos e meio ambiente**: desafios e usos. São Paulo: Parque Cientec/USP, 2005. p. 125-162.

SÃO PAULO (Estado). **Coordenadoria de parques e parcerias**: Parque Gabriel Chucre. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cpp/parque-gabriel-chucre/>. Acesso em: 10 jun. 2021a.

SÃO PAULO (Estado). **Sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos do estado de São Paulo**: apresentação. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhat/apresentacao>. Acesso em: 10 jun. 2021b.

SÃO PAULO (Prefeitura). **Secretaria do Verde e Meio Ambiente**: parques – CEMUCAM. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/parques/regiao_centrooeste/index.php?p=5735. Acesso em: 10 jun. 2021c.

SÃO PAULO (Prefeitura). **Secretaria do Verde e Meio Ambiente**: parques – Linear Aricanduva. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/parques/regiao_leste/index.php?p=23074. Acesso em: 10 jun. 2021d.

SOLECKI, W. D.; WECH J. M. Urban parks: green spaces or green walls? **Landscape and Urban Planning**, v. 32, p. 93-106, 1995.

SORENSEN, M. *et al.* **Manejo de las áreas verdes urbanas**: documento de buenas prácticas. Washington: ENV, 1998.

ZOMER, T. T. de; CAUCHICK-MIGUEL, P. A.; CARVALHO, M. M. de. Base para a pesquisa em engenharia: construção do referencial teórico. In: CAUCHICK-MIGUEL, P. A. (org.). **Metodologia científica para engenharia**. São Paulo: LTC, 2017. p. 1-28.

WHATELY, M. *et al.* (orgs.). **Parques urbanos municipais de São Paulo**: subsídios para a gestão. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2008.

Capítulo 2

ÁREAS VERDES URBANAS PROTEGIDAS: CONSEQUÊNCIAS DA PRESSÃO ANTRÓPICA

Cátia Araújo Farias³

Celso Maran de Oliveira⁴

INTRODUÇÃO

Ao analisar as relações conceituais entre as políticas públicas ambientais e as leis regulamentadoras sobre suas aplicabilidades no domínio geográfico denominado áreas verdes, mais especificamente as Áreas de Preservação Permanentes (APP) urbanas, observa-se que ambas contribuem para a delimitação dessas áreas no planejamento territorial local e, consequentemente, a criação de ambientes de valoração da qualidade de vida, bem como na perspectiva de proteção e manutenção do meio ambiente, em alinhamento aos preceitos constitucionais.

Porém, na gestão ambiental local desses espaços há ainda desafios a serem vencidos relacionados à construção de interfaces entre os instrumentos da política ambiental nacional e da política urbana (BATISTELA, 2007; BRASIL, 1981). Nesse sentido, a adoção de cuidados diferenciados de tais espaços urbanos faz-se necessária nos documentos de gestão pública local, uma vez que esses locais possuem atributos ambientais relevantes, tanto que estão presentes como tema de objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030, especificamente do objetivo 11: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (ONU, 2021).

Segundo Steiner e Rückert (2013), as políticas públicas como as ambientais e urbanísticas não influenciam diretamente as áreas verdes

³ Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, professora titular do Curso de Especialização em Perícia Ambiental e Auditorias do UNIFESO, pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Departamento e Ciências Ambientais da UFSCar. E-mail: farias.catia@gmail.com

⁴ Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental pela USP, professor associado do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos. E-mail: celmaran@gmail.com

urbanas tanto quanto as leis regulamentadoras e certos instrumentos de gestão ambiental, como o zoneamento ecológico-econômico (ZEE) (BRASIL, 2002), no âmbito do planejamento urbano estabelecido no Plano Diretor. De certo que, as políticas públicas ambientais contribuem no norteamento do espaço territorial protegido, a partir dos seus instrumentos reguladores, assim como aqueles de democratização da gestão urbana, assim como preconizado pelo Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001). Contudo, as observações qualificadas desses espaços ainda se destoam do preconizado por tais documentos de controle e comando, sobretudo quanto à definição de áreas livres para uso recreativo e lazer da população.

A atenção dada aos atributos dessas áreas no ordenamento territorial urbano por meio do Plano Diretor deve ser diligente para que os setores de fiscalização e tributos das administrações públicas locais empreguem eficiência e eficácia na delimitação e atribuição dos espaços verdes urbanos, evitando a adoção de conceituação e definição equivocadas daquelas já definidas nas políticas públicas e seus instrumentos, de modo a evitar divergências legais quanto ao uso e manejo desses espaços.

Segundo a concepção sobre áreas verdes e espaços livres, há ainda divergências de conceitos entre os profissionais urbanísticos sobre tais ambientes. De qualquer maneira, com o novo Código Florestal (BRASIL, 2012), percebe-se uma tentativa de convergência desses conceitos técnicos sobre as áreas verdes urbanas, embora sua existência material esteja delimitada em porcentagem mínima nos documentos legais, como no Plano Diretor das municipalidades e, ainda assim, sob abordagens como de espaço para o lazer, de conservação ou de educação ambiental (MORERO; SANTOS; FIDALGO, 2007).

O conceito adotado para esses espaços encontra-se definido no Plano Diretor da cidade, quase sempre para corrigir ou adequar a forma de uso e ocupação adotados quando da expansão urbana pretérita às leis regulamentadoras. De qualquer forma, o planejamento urbano materializado com o Plano Diretor vem ao encontro das premissas dos documentos reguladores ambientais, por corresponder a um instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana (BRASIL, 2001), objetivando a promoção do desenvolvimento das funções sociais de uma cidade, de maneira a garantir o bem-estar de seus habitantes, definindo as exigências

fundamentais de ordenação espacial, fazendo cumprir, portanto, a função social da propriedade urbana (OLIVEIRA; MELNICKY, 2017), conforme estabelecido na Constituição Federal (BRASIL, 1988, art. 182, § 1º e 2º, bem como no Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001, art. 40, § 1º).

A organização desse espaço físico-territorial necessariamente precisa partir de um planejamento integrado e participativo, considerando os atores sociais que compõem a comunidade local, de maneira a atender não apenas às premissas legais, devidamente evidenciadas na Constituição (BRASIL, 1988, art. 29) e Estatuto da Cidade (art. 40, § 4º), como também ao desenvolvimento integrado dos planos e projetos urbanísticos alinhados às normas de controle do uso e ocupação do solo.

Nesse aspecto, os “gaps” que existem em decorrência de ocupações de áreas especialmente protegidas quando realizadas para possibilitar o processo de urbanização territorial, anteriores à legislação, ou das normativas ambientais existentes, precisam ser analisadas e reorganizadas considerando a regulação por meio de normas jurídicas com a finalidade de recolocação e controle das necessidades básicas hodiernas, por intermédio de adoção de medidas corretivas ou compensatórias para os equívocos de ordem interpretativa de tais espaços, balizados por uma legislação ambiental anterior (FARIAS; COUTINHO, 2010).

Assim, têm-se as áreas verdes denominadas APPs urbanas que, consideradas como áreas de preservação ambiental permanente em todos os documentos de organização espacial, conforme a lei determina, são frequentemente interpretadas pela comunidade local como áreas de direito à moradia e à propriedade. Tal entendimento advindo, possivelmente, da pouca visibilidade e de informação sobre a conceituação/definição da APP, na grande maioria dos casos parece ser de ordem endêmica nos municípios, tendo em vista ações civis públicas ajuizadas para corrigir tais “gaps” que surgem como consequência desses equívocos.

O presente trabalho objetiva analisar as consequências de dano ambiental em uma APP urbana no município de São Carlos-SP, quando em vistoria pericial ambiental, em decorrência de equívocos de uso e ocupação territorial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a presente pesquisa utilizou-se do método de inspeção ambiental a partir da análise dos elementos divergentes (“gaps”) contidos nos documentos dos autos do processo judicial, bem como o levantamento de documentos sobre as atividades pretéritas do local vistoriado e seu entorno, por meio de imagens aéreas (GOOGLE EARTH, 2020).

Além disso, realizou-se o registro fotográfico da área (vegetação, solo, canalização de águas pluviais, vizinhança da área) para verificação técnica e diagnóstico de impactos ambientais sobre os recursos edáficos, a partir da avaliação de impacto ambiental, conforme Sanchez (2008). Para tanto, percorreu-se toda área, registrando as diversas situações evidenciadas, conforme a Norma de Inspeção Ambiental Imobiliária ditada pelo IBAPE-SP (1996) e procedimentos estabelecidos pelas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1986; 2002; 2006), bem como a Resolução conjunta SMA IBAMA/SP (SÃO PAULO, 1994).

O critério adotado consistiu na utilização da técnica de pesquisa do tipo *desk research* sobre os laudos apresentados no processo. Em campo, ou seja, na vistoria, buscou-se o emprego da técnica da listagem de controle, *check lists*, comumente empregada na leitura de campo, para efetuar uma listagem de impactos ambientais relevantes (SANCHEZ, 2008) que, juntamente com o registro fotográfico, serviram de apoio à adoção de método de análise de impacto ambiental que contribui na elaboração do diagnóstico ambiental. Por meio dessa ferramenta de gestão ambiental, buscou-se identificar e interpretar os impactos decorrentes de danos ambientais antropogênicos.

Esta linha metodológica apresentou-se como vantajosa devido à resposta imediata na avaliação qualitativa de impactos mais relevantes observados. Para tanto, estabeleceram-se alguns critérios de análise na inspeção, considerando os seguintes tópicos:

1º – Constatação do atendimento ao Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental (TCRA) – verificação do plantio, estágio de desenvolvimento das espécies plantadas na área de APP, fitossociologia do remanescente.

2º – Análise do sistema de microdrenagem no local, responsável pela coleta e afastamento das águas superficial (águas pluviais).

3º – Análise de indicadores de pressão ambiental no local (pressão exercida pelas atividades antrópicas).

Mediante isso, em vistoria, as análises dos impactos recaíram-se sobre o meio físico: diagnóstico ambiental por meio do instrumento de gestão ambiental de AIA, conforme Sanchez (2008); percepção ambiental associada ao grau de educação ambiental (BRASIL, 1999); sobre o objeto de perícia, apoiando-se na norma NBR 13.752/96 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA, 1996); Norma de Inspeção Ambiental Imobiliária e Norma Básica para Perícias de Engenharia (INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO, 1996; 2002); e nas diretrizes de projetos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAAE), órgão gestor dos recursos hídricos do Estado de São Paulo: Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas (DAAE, 1980), e de Drenagem Urbana: Manual de Projeto (DAE-CETESB, 1980).

ESTUDO DE CASO

A área objeto de estudo corresponde à APP urbana localizada entre os bairros Boa Vista e Bicão no município de São Carlos (Figura 1). Conforme Lei Municipal à época do conflito institucionalizado, Lei 13.691/2005 (que instituiu o Plano Diretor de São Carlos-SP), a área encontra-se inserida na “Zona 2 de ocupação condicionada”, sendo classificada como Áreas Especiais de Interesse (AEI) Ambiental. No Plano Diretor, essas áreas são definidas como:

[...] áreas especiais destinadas a proteger e recuperar os mananciais, nascentes e corpos d’água, a preservação de áreas com vegetação significativa e paisagens naturais notáveis; áreas de reflorestamento e de conservação de parques e fundos de vale. (SÃO CARLOS, 2005, p. 18).

Figura 1. Área de APP urbana



Fonte: Imagem capturada pelo app Google Earth (2012), registro imagem de 7/01/2004.

Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/plano-diretor.html>

O relevo do entorno da APP apresenta-se caracterizado como suave ondulado, com declividades médias em torno de 12% (EMBRAPA, 1999), constituído de quadras urbanizadas pertencentes aos loteamentos Jardim Bicaão e Prolongamento do Jardim Medeiros que originaram os bairros. No histórico de uso e ocupação, a área era destinada à pastagem, uso comum na maioria da região.

Desde 2002 a APP localizada entre a av. Maria Consuelo Brandão Tolentino e o bairro Jardim das Torres, com frente para a av. José Pereira Lopes – imóvel Mat. nº 89.557 do CRI local (Figura 1), vem sendo acompanhada pelo Ministério Público (MP) de São Paulo, uma vez que foi constatada na área a necessidade de realizar a recuperação dos danos ambientais ocasionados pela implantação do loteamento alcançando a APP, impactando a vegetação ciliar do córrego Medeiros⁵.

Na ocasião, o Poder Público local firmou com a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, por meio da sua agência supervisora regional, em São Carlos-SP, o documento oficial TCRA correspondente à APP urbana afetada. No referido documento, o infrator obrigou-se a atender as medidas de recuperação ambiental e/ou recomposição da vegetação nativa. Para tanto, foram elencados os procedimentos técnicos de recomposição da vegetação, atendendo às regras de plantio quanto a espaçamento e tratos

⁵ A Prefeitura Municipal de São Carlos construiu como parte do sistema viário da região a avenida “A”, denominada como Av. Maria Consuelo Brandão Tolentino, na margem esquerda do córrego Medeiros, antes da implantação do referido loteamento.

culturais, bem como outras de manutenção do dossel. Mediante o descumprimento de alguns dos requisitos do referido documento, foi instaurada a ação civil pública pelo MP contra o município de São Carlos-SP, justamente sobre as deliberações firmadas no TCRA.

Em decorrência disso, novas diligências oficiais foram determinadas e iniciadas com a análise dos documentos acostados aos autos, de maneira a verificar os eventuais danos ambientais na APP ainda existentes e as possíveis reparações/compensações ambientais delineadas, incluindo a verificação da exata localização e autonomia da área em estudo.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em 2009, ao visitar a área, constatou-se que o projeto urbanístico aprovado pelo poder público local não contemplava o uso e/ou intervenções nas margens do córrego Medeiros e que as diretrizes urbanísticas para o loteamento haviam sido executadas considerando o manual do GRAPOHAB – Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais do Estado de São Paulo⁶ (SÃO PAULO, 2007), responsável por centralizar e agilizar os procedimentos administrativos para a implantação de empreendimentos de parcelamentos do solo para fins residenciais, conjuntos e condomínios habitacionais, públicos ou privados (SÃO PAULO, 2011), que nortearam a execução dos projetos de expansão urbana do município. A partir de então, todas as intervenções realizadas nas margens e no canal do córrego Medeiros estão vinculadas às ações do Poder Público local. Naquela ocasião, constatou-se a persistência do dano ambiental deflagrado em 2002 e, com o passar dos anos, outros surgiram em consequência dos anteriores.

Em 2012, procedeu-se nova verificação das tratativas já mencionadas, com base na metodologia empregada para inspeção ambiental. Naquela oportunidade, buscou-se analisar os aspectos do uso e manejo do local objeto de inspeção, considerando aqueles relevantes quanto à leitura ambiental sobre as determinações estabelecidas no TCRA e recomendações aludidas nos laudos periciais acostados aos autos.

⁶ Reestruturado por meio do Decreto Estadual 52.053/2007.

Constatou-se que a vegetação ciliar se encontrava descaracterizada, fragmentada, apresentando na maior parte da área trechos com a largura destinada à APP abaixo das metragens especificadas pelo Código Florestal. Além disso, a presença de espécies introduzidas em tentativa de reflorestamento pretérita, apresentavam-se com deficiência de tratos culturais, sobretudo na manutenção e reposição de adubação e irrigação nas áreas de talude do córrego, apresentando poucos indivíduos arbóreos remanescentes, a maioria com troncos retilíneos e alturas variando entre 4 e 10 metros. Constatou-se, ainda, que na APP não existiam condições propícias para a ocorrência de indivíduos regenerantes, sendo a exuberância de copa riqueza e densidade baixas, tendo em vista a pressão antrópica no local, com possibilidade de circulação e a introdução de equino em regime de confinamento permanente.

Na Figura 2, tem-se o registro de processos erosivos, agravados pela canalização direta das águas pluviais do entorno, o que pode levar ao gradativo empobrecimento do solo e comprometimento da calha do córrego pelo acúmulo de sedimentos no mesmo. Tais ocorrências favorecem a desregularização da vazão do córrego, vindo a ocasionar enchentes no período chuvoso.

Figura 2. Fotos dos processos erosivos da área estudada



Fonte: Elaboração própria (2021).

A foto à esquerda acima mostra o talude do córrego à esquerda, sentido saída do bairro, que se encontra com poucas espécies arbóreas com indícios de supressão antrópica; e na da direita, o talude encontra-se com processo de erosão por solapamento de encosta. A foto a seguir, em determinado trecho, apresenta formação de bermas (em destaque), possivelmente por algum deslizamento no pretérito, evidenciando a presença de tais taludes.

A vegetação na área, em alguns pontos, apresentava-se com moderada densidade arbórea e fragmentada, constituída de espécies de estrato arbustivo-arbóreo. As informações relativas aos indivíduos arbóreos presentes, bem como sobre a profundidade da serrapilheira, a presença de árvores com tronco retilíneo, a altura dos indivíduos, são algumas das características que identificam a formação vegetal (mata estacional ou vegetação de cerrado), o estágio de regeneração atual, a produtividade e a sustentabilidade relativa da

estrutura florestal, consubstanciada pelas espécies arbóreas ocorrentes (Figura 3).

Conforme Finger (1992) e Machado e Figueiredo Filho (2003), valores de área basal para florestas tropicais geralmente estão entre 20 e 45 m² ha⁻¹ e, com base nas espécies arbóreas encontradas, a vegetação pode representar-se como típica floresta tropical, neste caso, uma mata ripária ou de galeria (floresta estacional semidecídua) que se desenvolve em área de contato com o Bioma Cerrado Paulista; desde que a pressão antrópica diminua. Constatou-se, ainda, a presença de braquiária (*Brachiaria decumbens*), uma gramínea africana nas áreas menos sombreadas.

Os remanescentes arbóreos, porém, estão expostos à movimentação do terreno que expõe suas raízes, reduz a sustentação, o que pode levar a quedas dos mesmos dentro da calha. Tal remanescente, uma mata secundária sobrevivente, apresenta estágio de regeneração fortemente perturbado e com futuro incerto, caso os impactos ambientais negativos advindos da pressão antrópica na área não sejam suprimidos. A identificação do estágio toma como base as diretrizes estabelecidas pela Resolução do Conama 1 (BRASIL, 1994) e SMA-55 (SÃO PAULO, 1995). A formação florestal estacional semidecidual está inserida no domínio Mata Atlântica, confirmando dados do estudo de remanescentes realizado pelo SOS Mata Atlântica (2019).

A vegetação que ainda se encontra no local representa a resiliência natural das espécies, fruto de uma oscilação entre a força da regeneração natural intrínseca aos componentes botânicos estruturais, bem como possíveis tentativas de reposição florestal pretérita e a paulatina inibição causada pelas condições adversas do entorno, fruto da pressão antrópica.

Às margens do córrego Medeiros, ainda sob domínio de preservação permanente, não existem condições propícias para a ocorrência de indivíduos regenerantes, sendo a riqueza e densidade destes muito baixos, tendo em vista a invasão humana, utilizando-a para área de lazer (Figura 3). Portanto, a área de entorno da APP, de influência direta, apresenta forte pressão antrópica, em decorrência de uma sobrecarga na infraestrutura urbana.

Figura 3. Fotos das margens do córrego Medeiros



Fonte: Elaboração própria (2021).

As fotos da Figura 3, nas margens do córrego Medeiros, demonstram a situação atual do solo, evidenciando a prática de caminhamento sobre as espécies arbóreas, levando a perda de serrapilheira, bem como outros tipos de agressão às mesmas, como pinturas em seus troncos.

Para Crestana (2006, p. 97),

[...] a escolha do método de recomposição florestal mais adequado para uma determinada área vai depender de vários fatores, como: o grau de degradação da área, o histórico da área, a disponibilidade de sementes e mudas no mercado, a existência de máquinas e implementos agrícolas e dos recursos financeiros disponíveis para tal fim.

Neste aspecto, informa que é necessário

[...] ter sempre como referência os processos naturais de recuperação da floresta e que o modelo de revegetação a ser adotados não implica, necessariamente, no plantio de mudas. Em muitos casos, o simples isolamento da área já é suficiente para que ela se recupere gradual e naturalmente. Além disso, espera-se que com o tempo, a entrada natural de sementes no sistema se encarregue de aumentar sua diversidade. Nesse modelo de plantio as pioneiras e não-pioneiras pode ser realizado simultaneamente ou em diferentes épocas. (CRESTANA, 2006, p. 99).

Conforme Santana (2009 apud SANTANA *et al.*, 2014, p.706):

[...] nos locais onde a vegetação primitiva foi eliminada é possível inverter a situação por meio de diversos processos de recuperação de florestas, buscando restaurar o meio biofísico local no tocante à flora. Embora a mata recomposta dificilmente atinja a mesma diversidade da mata original, a revegetação tem a capacidade de mitigar uma série de efeitos e impactos ambientais, permitindo o restabelecimento de algumas características primitivas da área.

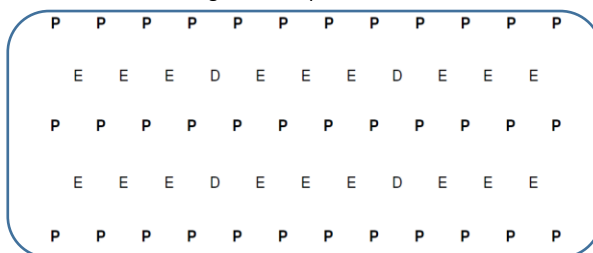
Pelas informações na literatura científica consultada a respeito do processo de revegetação, é sabido que nas florestas tropicais, a sucessão florestal desenvolve por meio de um processo gradativo, ou seja, primeiro instalam-se as espécies pioneiras, que darão condições para o surgimento das espécies secundárias, e essas proporcionarão as condições para as espécies mais tolerantes, as chamadas espécies clímax. Todo esse processo depende de vários fatores, entre eles os mecanismos de dispersão (CHAZDON, 2016; DURIGAN, 2009; GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001; MARTINS, 2012; VIVIANI, RIOS, OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Segundo Durigan e Nogueira (1990 apud GONÇALVES *et al.*, 2005),

[...] recomposição de matas ciliares deve partir de um planejamento prévio”; com estudos para os procedimentos do que e como plantar. Outro aspecto fundamental é a escolha das espécies a serem plantadas, de preferência aquelas que ocorrem naturalmente em condições de clima, solo e umidade semelhantes às da área a ser reflorestada. (GONÇALVES *et al.*, 2005, p. 74).

Pelo observado, houve a preocupação de atender às sugestões metodológicas para a APP, conforme Quadro 1, atendendo possivelmente a três categorias: espécies pioneiras, espécies de “estrutura” e espécies de “diversidade”, com base em características sucessionais de algumas espécies e, principalmente, na estrutura qualitativa e quantitativa das florestas da região (AGUIAR *et al.*, 1997; AOKI *et al.*, 2001; ARRUDA; SAZIMA, 1996), conforme esquema ilustrativo na Figura 4.

Figura 4 – Esquema ilustrativo



Fonte: Elaboração própria (2021).

Nesse esquema a letra "P" é utilizada para espécies pioneiras; "E" para espécies de “estrutura”; e "D" para espécies de “diversidade”. Em geral, os modelos propostos para a revegetação de uma área procuram restaurar a estrutura e a dinâmica da vegetação original, resguardando a diversidade das espécies e a representatividade de suas populações (MACEDO, 1993). Contudo, as espécies selecionadas não foram encontradas no local, apenas evidências de terem sido plantadas. A falta de tratos culturais quando da semeadura ou replantio de mudas conduziram à morte prematura dessas espécies.

Quadro 1. Espécies selecionadas para o atendimento ao TCRA

<i>Astronium graveolens</i>	Guarité
<i>Tapirira guianensis</i>	Peito-de-pomba
<i>Annona cacans</i>	Araticum
<i>Duguetia lanceolata</i>	Pindaíba
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	Peroba-poca
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Peroba-rosa
<i>Tabebuia ochracea</i>	Ipê-amarelo-do-cerrado
<i>Chorisia speciosa</i>	Paineira
<i>Cordia superba</i>	Babosa-branca
<i>Patagonula americana</i>	Guaiuvira
<i>Croton urucurana</i>	Sangra-d'água
<i>Cariniana estrellensis</i>	Jequitibá-branco
<i>Cariniana legalis</i>	Jequitibá-vermelho
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba
<i>Schizolobium parahyba</i>	Guapuruvu
<i>Albizia hasslerii</i>	Farinha-seca

<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico-branco
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Orelha-de-negro
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro-rosa
<i>Ficus guaranitica</i>	Figueira-branca
<i>Colubrina glandulosa</i>	Saguaragi
<i>Genipa americana</i>	Genipapo
<i>Gallesia integrifolia</i>	Pau-d'alho
<i>Myrciaria tenella</i>	Cambuí
<i>Miconia candolleana</i>	Jacatirão
<i>Inga laurina</i>	Ingá-mirim
<i>Tabebuia ochracea</i>	Ipê-amarelo-do-cerrado

Fonte: Ação Civil Pública n. 0011794-62.2006.8.26.0566.

Esse panorama de impactos ambientais negativos sobre a APP urbana, todos relacionados à pressão das atividades antrópicas do entorno, potencializados pelo planejamento urbano adotado, dificulta o estabelecimento efetivo do processo de regeneração local estabelecido no TCRA. Tais impactos observados podem levar a uma degradação maior da área em tempo menor de ocorrência, tendo em vista que a declividade natural dos taludes margeantes do córrego Medeiros, que favorece o processo erosivo estabelecido, tende a evoluir se medidas corretivas da drenagem superficial não forem tomadas, bem como o isolamento da área e replantio das espécies (Quadro 1) nas áreas de falha fitossociológicas.

Conforme Andrade e Romero (2005), a existência de APPs em área urbana contribui de forma efetiva no controle climático local,

[...] na qualidade do ar, na manutenção dos mananciais, bem como no bem-estar humano, além de desempenhar um papel ecológico importante como na estabilidade geomorfológica, na amenização da poluição e na manutenção da flora e fauna locais. (ANDRADE; ROMERO, 2005, p. 751).

Tais benefícios são observados no longo prazo, o que dificulta a adoção de práticas conservacionistas por grande parte da população de modo geral.

Todavia, os impactos ambientais negativos oriundos da não adoção das medidas estabelecidas na legislação sobre as APPs são quase sempre imediatos, como os observados quando em períodos de elevadas pluviometrias, pelos transbordamentos dos mananciais, solapamentos de

encostas, dentre outros. Na APP vistoriada, os impactos ambientais negativos observados estão relacionados às atividades antrópicas pelas proximidades dos equipamentos urbanos. Os mais relevantes, configuram-se:

- a) em relação à fase de implantação de loteamentos: i) possível supressão de algumas espécies vegetais, pela derrubada da flora terrestre quando da implantação dos loteamentos; ii) possível alteração da microfauna e microflora do solo quando da remoção da serrapilheira, ou seja, dos resíduos vegetais e matéria orgânica do solo; iii) possível redução da capacidade produtiva do sítio, pela remoção em parte da camada fértil do solo, decorrente do processo de exposição do solo; iv) danos mecânicos ao banco de propágulos vegetais do solo, quando do processo de alteração da camada fértil do solo.

Tais impactos conduziram a uma área descaracterizada sobre sua vegetação original. Em decorrência desses, outros se apresentaram ao longo dos anos, após a implantação de loteamentos, como: impacto visual, quando da disposição inadequada de resíduo sólido junto à área; depreciação da qualidade do ar, devido à prática de queima dos resíduos sólidos dispostos de forma inadequada; depreciação da qualidade paisagística, decorrente de resíduo sólido junto à área; possibilidade de ocorrência de acidentes com animais peçonhentos, pelo aumento da população destes animais nos locais de deposição dos resíduos; afugentamento e consequente estresse na fauna terrestre silvestre em virtude da geração de ruídos decorrentes do movimento de humanos e animais na área;

- b) em relação à drenagem superficial: i) surgimento de pontos de concentração das águas pela criação de valas de acúmulo; ii) aumento pontual da concentração das águas, pelo escoamento superficial a partir da microdrenagem; iii) redução da capacidade de sustentação da área, pela eliminação da camada fértil do solo, devido ao encharcamento do solo e deposição de partículas carreadas; iv) estreitamento da base genética das espécies vegetais nativas, pela diminuição da flora terrestre, com o processo de deposição de partículas carreadas; v) redução da capacidade

produtiva do sítio, pelo surgimento de fenômenos erosivos, decorrentes do processo de solapamento e ravinamento.

- c) Em relação à pressão antrópica: i) deposição inadequada de resíduos sólidos domiciliares (lixo) junto à área; ii) impacto visual quando do acúmulo inadequado de lixo junto à área; iii) depreciação da qualidade paisagística, decorrente do acúmulo de lixo junto à área; iv) possibilidade de ocorrência de acidentes com animais peçonhentos pelo aumento da população destes animais nos locais de deposição de lixo; v) afugentamento e consequente estresse na fauna terrestre silvestre em virtude da geração de ruídos decorrentes do movimento de humanos e animais de grande porte na área.

A APP estudada apresenta características de degradação diversas em decorrência da adoção do planejamento urbano executado que inviabiliza medidas corretivas de reapropriação da área de entorno destinada à classe do córrego Medeiros, segundo o Código Florestal, tendo em vista as restrições de ocupação antrópica nesses locais, conforme estabelecidas nas leis ambientais brasileiras. Além disso, a pressão antrópica evidenciada potencializa tais danos pelo uso empregado pelos locais na disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, descarga clandestina de água residuária doméstica e utilização do local como área de lazer.

A adoção de medidas reparadoras para mitigação dos danos ambientais é necessária para que haja uma recondução do ambiente a um estágio de resiliência, como: isolamento da área com a finalidade de evitar a entrada de animais e humanos, tendo em vista que ambos contribuem para redução da cobertura vegetal, sobretudo as pioneiras (Figura 5). Para este isolamento recomendam-se telas protetoras tipo alambrado ou tela soldada, com construção de muretas; plantio de espécies vegetais resistentes na borda do talude natural do córrego Medeiros, de maneira a evitar impactos ambientais negativos sobre a APP advindos dos processos de solapamento. Tal medida obstaculiza o escoamento superficial e favorece a infiltração do escoamento

superficial em percurso, garantindo a contenção de erosão na borda da calha já existente.

Além disso, faz-se necessário o acompanhamento do desenvolvimento das espécies, não descuidando dos tratos culturais, sobretudo nos períodos sazonais do clima, tendo em vista a baixa fertilidade natural do solo no local; adoção de medidas proibitivas quanto ao lançamento de resíduos sólidos domiciliares, tendo em vista que tais resíduos favorecem a contaminação do solo e da água e o impedimento do desenvolvimento das espécies vegetais, bem como da deposição de resíduos inertes que geram impacto ambiental cênico. Quanto à rede de drenagem superficial advindas da infraestrutura urbana, faz-se necessário o estabelecimento de estruturas de obras hidráulicas para evitar processos erosivos quando do escoamento de águas superficiais em períodos de chuvas intensas⁷.

Com a promulgação da Lei 13.944/2006, que dispõe sobre a criação das Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município (APREM), na Seção III, que trata das áreas de recuperação ambiental (ARA), há a determinação de intervenção de caráter corretivo para mitigação dos impactos ambientais ocasionados pelo uso e ocupação que estejam comprometendo a “fluidez, a potabilidade, a quantidade ou a qualidade dos mananciais” de que trata a referida Lei.

[...] consideram-se ARA: I – de uso urbano ou não, desprovidas de infraestrutura de saneamento ambiental, onde o Poder Público deverá promover programas ou exigir as intervenções necessárias para a recuperação ambiental; II – degradadas, urbanas e rurais, decorrentes **de empreendimentos** e ocupações públicas ou privadas, **para as quais serão exigidas dos responsáveis ações de recuperação imediata dos danos ambientais, até torná-las adequadas às suas finalidades ecológico-ambientais.** (SÃO CARLOS, 2006, p. 11, grifo nosso).

⁷ O escoamento superficial é gerado a partir do excesso de precipitação das águas pluviais que não se infiltra no solo, em decorrência da saturação do mesmo. É sempre impulsionado pela gravidade para as cotas mais baixas vencendo, principalmente, o atrito com a superfície do solo. Este escoamento vai se moldar ao microrrelevo do solo e, aliado à topografia preexistente conduzir-se por microrrede de drenagem efêmera que convergirá para a rede de cursos de água mais próxima e estável nas cotas baixas. (LIMA, 2008; PRUSKI *et al.*, 2010; VILLELA; MATTOS, 1975).

A APP vistoriada pertence à Zona 2 – Ocupação Condicionada, enquadrada como área de interesse ambiental e, dessa forma, requer atenção quanto às recomendações para reconduzi-la a uma condição menos impactante de outrora. Todavia, a adoção dessas recomendações não a distancia dos danos ambientais relacionados à pressão antrópica local. Essa pressão antrópica poderá ser minimizada com a adoção do isolamento da área e execução de obras de drenagem superficial nas saídas das tubulações junto ao talude do córrego Medeiros, sobretudo as recomendadas pelo DAAE (2005) e DAAE-CETESB (1980).

Nos taludes do córrego Medeiros faz-se necessária a introdução de espécies nativas que auxiliarão na reconstituição da base genética biótica local em médio prazo.

Figura 5. Situação da área de APP do córrego Medeiros – Jardim Bicão



Fonte: Elaboração própria (2021).

Em 2020, em retorno à área, foi observado que as medidas estruturais propostas anteriormente como o isolamento da área, evitando o acesso de animais e humanos, bem como a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos (lixo); o plantio de espécies arbóreas e arbustivas para aumento da

densidade e diversidade arbórea que reverbera no controle de processos erosivos; a construção das escadas d'água, alterando o comportamento do fluxo hidráulico e sua habilidade de erodir nos períodos chuvosos foram atendidas em sua totalidade em apenas em um talude do córrego Medeiros, contíguo à av. Maria Consuelo Brandão Tolentino no bairro Bicão.

Aliada a essas ações, observou-se ainda que as medidas não estruturais foram potencializadoras de mudança de comportamento dos locais quanto à disposição inadequada de resíduos pelos indivíduos da localidade, a partir do emplacamento explicativo da importância ambiental do local. Portanto, a impossibilidade de acesso, ocasionada pelo isolamento proporcionado com a barreira de alambrado na área possibilitou a minimização dos impactos antropogênicos, favorecendo o desenvolvimento vegetativo natural das espécies introduzidas e as existentes, assim como a proteção do talude natural do canal do córrego, pelo amortecimento do impacto da gota de água da chuva diretamente no solo e redução do escoamento superficial. Dessa forma, a APP urbana está sendo beneficiada pela presença de pássaros como o sabiá-laranjeira ao lado de bem-te-vis, maritacas, pardais, entre outros, ora pela possibilidade de encontrar alimentos, ora pelo refúgio que o fragmento vem oferecendo. Tais espécies estão contribuindo na dispersão de sementes e reflorestamento natural.

Além disso, com a introdução das espécies contribuindo para o aumento do adensamento florestal (Figura 6), é de se esperar que a área ganhe destaque paisagístico e cumpra com parte de sua função de serviços ambientais, tendo em vista as poucas áreas verdes na localidade. Assim sendo, a partir de medidas de monitoramento e fiscalização, a APP tende a atingir o estágio de recuperação natural, ainda que leve mais algum tempo, uma vez que o limite de resiliência ainda não foi atingido.

Figura 6. Imagem da área em 2004 e 2020, respectivamente



Fonte: Imagem capturada pelo app Google Earth (2021), registro imagem 7/01/2004 e 7/05/2020, respectivamente.

CONCLUSÃO

As APPs em área urbana apresentam diversos benefícios, no longo prazo, como controle climático local, melhora da qualidade do ar, manutenção dos mananciais, estabilidade geomorfológica, amenização da poluição, manutenção da flora e fauna e, de modo geral, proporciona bem-estar humano. Por esses motivos que essas importantes áreas precisam ser conservadas.

Se os impactos benéficos ocorrem no longo prazo, os impactos maléficos contrariamente ocorrem normalmente de modo imediato, e geralmente são ocasionados por atividades antrópicas pelas proximidades dos equipamentos urbanos, como observado na presente pesquisa.

Essas pressões antrópicas proporcionaram uma miríade de impactos negativos, desde a fase de implantação dos loteamentos, que conduziram a uma área descaracterizada sobre sua vegetação original, com forte potencial de: supressão da flora terrestre; alteração da microfauna e da microflora; redução da capacidade produtiva do sítio; e danos mecânicos ao banco de propágulos vegetais do solo. E como consequência em cadeia, outros impactos sobrevieram, mesmo após a implantação de loteamentos, como: impacto visual; depreciação da qualidade do ar; depreciação da qualidade paisagística; possibilidade de ocorrência de acidentes com animais peçonhentos; afugentamento e consequente estresse na fauna terrestre silvestre.

Quando se observa a drenagem superficial, outros impactos são constatados, como: surgimento de pontos de concentração das águas; aumento pontual da concentração das águas; redução da capacidade de sustentação da área; estreitamento da base genética das espécies vegetais nativas; redução da capacidade produtiva do sítio.

Em relação à pressão antrópica propriamente dita, os impactos foram: deposição inadequada de resíduos sólidos domiciliares; impacto visual; depreciação da qualidade paisagística; possibilidade de ocorrência de acidentes com animais peçonhentos; afugentamento e, conseqüente estresse na fauna terrestre silvestre.

Todos esses danos ambientais podem ser minimizados por meio da adoção de medidas estruturais e não estruturais do poder público local, para que a APP urbana possa desempenhar sua importante função ecológica.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, O. T.; PASTORE, J. A.; ROCHA, F. T. *et al.* Flora fanerogâmica de um trecho da floresta densa secundária no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha/Indaiá – Cunha (SP). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 1-18, 2001.
- ANDRADE, L. M. S. de; ROMERO, M. A. B. A importância das áreas ambientalmente protegidas nas cidades. *In*: XI ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL – ANPUR. V. 11 (2005). **Anais [...]** Salvador – Bahia – Brasil. Disponível em: <http://unuhospedagem.com.br/revista/rbeur/index.php/anais/article/view/2751>. Acesso em: 18 fev. 2012.
- AOKI, Hideyo; PASQUAL, Antenor; ESTEVES, Rejane; NAGY, Silvio Carlos Santos. Plano de Manejo da Estação Ecológica de Paranapanema – SP. **Revista do Instituto Florestal: Série Registro**, São Paulo, n. 23, p. 1-19, 2001.
- ARRUDA, Vera Licia Vaz de; SAZIMA, Marlies. Flores visitadas por sirfídeos (Diptera: Syrphidae) em mata mesófila de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 109-117, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13.752/96**. Perícias de Engenharia na construção civil. 1996. 19p.
- BATISTELA, Tatiana Sancevero. **O zoneamento ambiental e o desafio da construção da gestão ambiental urbana**. 2007. 146 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BRASIL. **Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 9 de mar. de 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 28 jul. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999.** Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 28 jul. 2021.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 28 jul. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002.** Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm. Acesso em: 23 de abr. 2021

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 9 de jun. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. 1986. **Resolução Conama nº 1, de 23/01/1986.** define as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE– CONAMA. Brasil. Disponível em <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 28 jul. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2002. **Resolução Conama nº 302, de 20/03/2002.** Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE– CONAMA. Brasil. Disponível em <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=298>. Acesso em: 28 jul. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2002. **Resolução Conama nº 303, de 20/03/2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE– CONAMA. Brasil. Disponível em <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>. Acesso em: 28 jul. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2006. **Resolução Conama nº 369, de 28/03/2006.** Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE– CONAMA. Brasil. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>. Acesso em: 28 jul. 2021.

CHAZDON, Robin. L. **Renascimento de Florestas: regeneração na era do desmatamento**. Oficina de Texto: São Paulo. 2016. 432p.

CRESTANA, Marcelo de Souza Machado. **Florestas: sistemas de recuperação com essências nativas, produção de mudas e legislações**. Centro de Comunicação Rural, CECOR – SAA/CATI, 2006. 248 p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA – DAAE. **Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas**: hidráulicas de canais, travessias e barramentos. Cap. 2. Disponível em: <http://www.daae.sp.gov.br/site/guiapraticoooutorgas/>. Acesso em: 3 de jul. 2021.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA/COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAAE/CETESB. **Drenagem Urbana** – Manual de Projeto, 2ª Edição, 1980. São Paulo – SP.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE PROTEÇÃO DE RECURSOS NATURAIS – DPRN. **Portaria DEPRN nº 75 de 21 de dezembro de 2006**. Institui os novos modelos dos documentos oficiais emitidos pelo DEPRN e suas respectivas finalidades. DEPARTAMENTO ESTADUAL DE PROTEÇÃO DE RECURSOS NATURAIS. São Paulo. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2006_Port_DEPRN_75.pdf. Acesso em: 28 jul. 2021.

DURIGAN, Giselda; NOGUEIRA, José Carlos Bolliger. Recomposição de matas ciliares. **IF Série Registros**, n.4, p.1-14, set.1990.

DURIGAN, Giselda. Estrutura e Diversidade de Comunidades Florestais. In: MARTINS, S. V. **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 261 p. Viçosa –MG: Universidade Federal de Viçosa / Editora UFV, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília-DF: EMBRAPA-SPI, 1999. 395p.

FARIAS, Talden.; COUTINHO, Francisco Seráphico da Nóbrega. **Direito ambiental**: o meio ambiente e os desafios da contemporaneidade. Belo Horizonte: Fórum, 2010.

FINGER, César Augusto Guimarães. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC. 1992. 269p.

GONÇALVES, Rosa Maria Galera; GIANNOTTI, Edgar; GIANNOTTI, Juliana Di Giorgio; SILVA, Araci Aparecida. Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 73-95, jun. 2005.

GUARIGUATA, Manuel R.; OSTERTAG, Rebecca. Neotropical secondary Forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, n. 148, 185-206, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE-SP. **Norma de Inspeção Ambiental Imobiliária**. 1996. 23p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE-SP. **Norma Básica para Perícias de Engenharia**. 2002. 10p.

LIMA, Walter de Paula. Hidrologia florestal aplicado ao manejo de bacias hidrográficas. 2. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2008. 245p.

MACEDO, Antônio Carlos de. **Revegetação**: matas ciliares e de proteção ambiental. São Paulo: Fundação Florestal, 1993. 24p.

MACHADO, Sebastião do Amaral.; FIGUEIREDO FILHO, Afonso. **Dendrometria**. Curitiba: editado pelos autores. 2003. 309p.

MARTINS, Sebastião Venâncio. **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. Editora UFV: Viçosa-MG. 2012. 371p.

MORERO, Andrea Maria; SANTOS, Rozely Ferreira dos; FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso. Planejamento ambiental de áreas verdes: estudo de caso em Campinas–SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 19-30, jun. 2007.

OLIVEIRA, Celso Maran; MELNICKY, Elaine Cristina da Cunha. Políticas públicas municipais participativas: reflexões sobre a função social das cidades. In: OLIVEIRA, Celso Maran de (org.). **Novos Direitos**: a interdisciplinaridade do direito na sociedade contemporânea. São Carlos: CPOI/UFSCar, 2017. p. 29-46.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods11.html>. Acesso em: 28 jun. 2021.

PRUSKI, Fernando Falcon; BRANDÃO, Viviane dos Santos; SILVA, Demetrius David. da. **Escoamento Superficial**. Viçosa: Editora UFV. 2010. 87p.

SANCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANQUETTA, Carlos Roberto; DALLA CÔRTE, Ana Paula; RODRIGUES, Aurélio Lourenço; WATZLAWICK, Luciano Farinha; FERNANDES, L. A. V. **Inventários florestais**: planejamento e execução. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora. 2006. 271p.

SANTANA, José A. da; MAIA JÚNIOR, José. G. A; BARRETO, Wanctuy. da S. Comportamento de espécies arbóreas na recuperação da mata ciliar da nascente do Rio Pitimbu, Macaíba, RN. Anais: VIII Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Recife. 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/C%C3%A1tia%20Farias/Downloads/254-1032-1-PB.pdf> . Acesso em 30 de jun.2021.

SÃO CARLOS. **Lei nº 13.691, de 25 de novembro de 2005**. Instituiu o Plano Diretor Municipal. 2005. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/habitacao-morar/166049-plano-diretor-estrategico.html>. Acesso em: 10 jul. 2021.

SÃO CARLOS. **Lei nº 13.944, de 12 de dezembro de 2006**. Dispõe da criação de Áreas de Proteção e Recuperação do Mananciais do Município – APREM. 2006. Disponível em: <http://www.>

<https://leismunicipais.com.br/SP/SAO.CARLOS/LEI-13944-2006-SAO-CARLOS-SP.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

SÃO CARLOS-SP. Vara da Fazenda. **Ação Civil Pública n. 0011794-62.2006.8.26.0566**, Ministério Público do Estado de São Paulo e Cooperativa Habitacional Bicão e Outros), janeiro de 2002.

SÃO PAULO. SECRETARIA DE HABITAÇÃO. **Manual de orientação para aprovação de projetos habitacionais**. Secretaria da Habitação do Estado de São Paulo – São Paulo, 2011. 128p.: il.

SÃO PAULO. **Decreto Nº 52.053, de 13 de agosto de 2007**. Reestrutura o Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais – GRAPROHAB. Disponível em <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2007/decreto-52053-13.08.2007.html>. Acesso em: 11 jun. 2021.

SÃO PAULO. SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE/SP – SMA. 1994. **Resolução conjunta SMA IBAMA/SP nº 01, de 17 de fevereiro de 1994**. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. Disponível em: https://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/1994_Res_Conj_SMA_IBAMA_1.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.

SÃO PAULO. SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE/SP – SMA. 1995. **Resolução nº 55, de 13 de outubro de 1995**. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. Disponível em: https://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/1995_Res_SMA_55.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.

SOS-MATA ATLÂNTICA. **Relatório Técnico**. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, 2019. Disponível em: https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica_17-18.pdf. Acesso em: 28 jul. 2021.

STEINER, Claudia; RÜCKERT, Aldomar. Análise Preliminar das Políticas e Leis Ambientais e Urbanísticas e Suas Repercussões Sobre Áreas Protegidas Urbanas. REVISTA GEONORTE, v. 4, n. 12, p. 391 – 404, 10 jul. 2013. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1180>. Acesso em: 23 jul. 2021

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.

VIANINI, Kelvin Nunes; RIOS, Ana Elisa Rocha; OLIVEIRA, Gabriela; LANE, Jessica; ALMEIDA, Thaiane. Recuperação e revitalização da área de preservação permanente às margens do córrego das acácias – Parque Gentil Diniz, Contagem-MG. **VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental** Porto Alegre/RS – 23 a 26/11/2015. 6p.

Capítulo 3

VEGETAÇÃO NA CIDADE: UM OLHAR INTERDISCIPLINAR PARA SUB-BACIA DO CASSANDOCA

Grupo de Estudos e Práticas Camboatã Território – Natureza

Ana Maria Antunes Coelho⁸

Luis Octavio de Faria e Silva⁹

Rebeca Pegoraro Heredia¹⁰

Renata Ferraz de Toledo¹¹

Sidney Carneiro de Mendonça Fernandes¹²

A partir de uma perspectiva interdisciplinar, integrando as áreas da arquitetura, urbanismo, ciências ambientais e saúde, o presente texto objetiva promover reflexões sobre as diferentes funções da vegetação na área urbana das cidades, suas potencialidades e desafios. Desenvolvido a partir da interação de integrantes do Grupo de Estudos e Práticas Camboatã Território-Natureza, no âmbito da Universidade São Judas Tadeu, parte-se de uma abordagem histórica da relação saúde e ambiente, e do reconhecimento da importância da criação e manutenção de ambientes favoráveis à saúde, assim como de políticas públicas saudáveis, dentre elas, a de arborização urbana, como determinante das condições e da qualidade de vida nas cidades. Em seguida, trazemos uma representação ampliada e sensível às inúmeras contribuições, caminhos e possibilidades de interação da vegetação com a cidade e de se ressignificar como um *continuum* a relação quintal-roça-floresta.

As diferentes percepções e usos atribuídos para os espaços das ruas e calçadas, em sua relação com a arborização, são também tratados neste texto,

⁸ Doutora, gerente de projetos CDHU. E-mail: acoelho@cdhu.sp.gov.br

⁹ Doutor, Programa de Pós- Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade São Judas Tadeu – PGAUR/USJT Escola da Cidade. E-mail: li.fariaesilva@saojudas.br

¹⁰ Arquiteta, mestranda PGAUR/USJT. E-mail: rebecca.heredia.1870@aluno.saojudas.br

¹¹ Doutora, PGAUR/USJT e Programa de Pós- Graduação em Educação Física. E-mail: renata.toledo@saojudas.br

¹² Geocientista, mestrando PGAUR/USJT. E-mail: sidcm.fernandes@gmail.com

no qual novamente destacamos sua relevância como promotora da qualidade de vida, muito além das funções de regulação e controle impostas muitas vezes pelo poder público. Nessa mesma direção, seguimos fortalecendo a importância dos espaços públicos verdes na perspectiva dos seus serviços ecossistêmicos, especialmente no contexto de bacias hidrográficas e compartimentos ambientais que são entendidos e defendidos como base para o planejamento urbano-ambiental.

O texto apresenta, como um caminho possível de aplicação da perspectiva nele defendida, um ensaio de inserção de vegetação na bacia hidrográfica do Cassandoca, na zona leste paulistana, a partir da consolidação de ruas bioconectoras entre áreas com presença significativa de massa arbórea, tratadas como sistema de dispositivos de infraestrutura ecológica. A expectativa é de que o ensaio aqui apresentado seja exemplo para a replicação de seus conceitos base em outras bacias e que possa servir de apoio em investigações propositivas participativas, a partir da interação com ativistas locais, poder público, instituições de ensino e de saúde e de todos os agentes envolvidos na construção do lugar comum urbano paulistano.

RELAÇÃO SAÚDE-AMBIENTE: “DOS ARES, ÁGUAS E LUGARES” À CRIAÇÃO DE AMBIENTES FAVORÁVEIS À SAÚDE

Sem a pretensão de reconstruir aqui uma abordagem histórica completa, que contemple todos os períodos e aspectos da relação saúde e ambiente, diferentes olhares e interpretações podem ser identificados ao longo dos tempos, os quais, evidentemente, influenciaram diretamente a tomada de decisão e a forma como interagimos com o espaço urbano.

As primeiras conexões entre o espaço físico, o meio social e a saúde humana estão na clássica obra de Hipócrates, em 400 a.C., “Dos Ares, Águas e Lugares”, em que foram feitas suposições de uma possível influência do clima, da água, do solo, da alimentação e do modo de vida em geral na produção de doenças (SOBRAL; FREITAS, 2010). Entretanto, seguimos por um longo período de interpretação desse processo, considerado “período miasmático”, associado apenas a crenças, religião, misticismo, ou seja, a “forças externas desconhecidas” e que, possivelmente, a origem das doenças estava no ar, como relatado neste edital de 1831, do respeitado periódico *The Lancet*:

“Podemos apenas supor a existência de um veneno que progride a despeito do vento, do solo, de todas as condições do ar, e da barreira do mar” (JOHNSON, 2008).

Ainda no século XIX, os importantes estudos de John Snow, em 1854, mapeando no tempo e no espaço casos de cólera em um bairro de Londres, levantaram suspeitas para uma possível transmissão da doença pela água. E, posteriormente, junto à descoberta de agentes transmissores de doenças, no final do século XIX, o modo de “sanear” e “limpar” as ruas mudou, reconhecendo-se a necessidade de afastar, por exemplo, o esgoto e criar sistemas de drenagem. O foco passa a ser, portanto, o combate aos micróbios, inaugurando o chamado “período bacteriológico”, levando, novamente, a uma interpretação muito limitada da relação saúde-ambiente. Esse período traz consigo não apenas um modelo higienista de cidades, mas também uma proposta de educação sanitária “culpabilizadora” do indivíduo, minimizando, de certa forma, a responsabilidade do Estado e desconsiderando, portanto, toda a complexidade de situações de vulnerabilidade socioambiental.

Já no século XX se reconhece um outro percurso em direção a uma visão mais ampla de saúde, como produção social, e da sua relação com o ambiente, a começar pela própria definição de saúde proposta pela Organização Mundial de Saúde (OMS), em 1948, como sendo o “estado de mais completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas ausência de enfermidade”. Mas podemos dizer que foi a partir das primeiras reflexões em torno do que depois foi chamado de Movimento da Promoção da Saúde, que aspectos relacionados ao ambiente e ao espaço ocupado pelas pessoas foram considerados como determinantes da saúde, como indicado no Relatório Lalonde, de 1974, que destaca a poluição e agravos ambientais como importantes condicionantes do processo saúde-doença. Na Conferência de Alma-Ata (1978), a saúde é reconhecida como indispensável ao desenvolvimento integral do ser humano, sendo proposta a Meta “Saúde para todos no Ano 2000”. Entretanto, já estamos na segunda década do século XXI sem alcançarmos essa meta.

No contexto do Brasil, esse reconhecimento da relação saúde-ambiente tem destaque na definição de saúde proposta na VIII Conferência Nacional de Saúde, em 1986, a qual foi determinante para a instituição do Sistema Único de Saúde (SUS). Nesta propõe-se a saúde como “resultante das condições de alimentação, educação, renda, meio ambiente, trabalho, transporte, emprego,

lazer, liberdade, acesso e posse da terra e acesso a serviços de saúde”. Neste mesmo ano, ocorre no Canadá, na cidade de Ottawa, a Primeira Conferência Internacional de Promoção da Saúde, conectando-a de forma contundente à qualidade e condições de vida dos indivíduos e grupos sociais, sendo estabelecidos cinco campos de atuação: a elaboração e implementação de políticas públicas saudáveis; a criação de ambientes favoráveis à saúde; o reforço da ação comunitária; o desenvolvimento de habilidades pessoais; e a reorientação dos sistemas de saúde. Vale ressaltar aqui que consideramos como ambientes favoráveis à saúde os aspectos físicos e sociais, ou seja, a comunidade, as casas, o trabalho, os espaços educacionais e culturais, os ambientes de lazer e demais espaços públicos em geral (BRASIL, 2002).

Mas, afinal, o que torna um ambiente favorável à saúde? Que elementos desses diferentes espaços e, especialmente, dos espaços públicos, foco deste ensaio, os fazem ambientes favoráveis à saúde? E, dentre esses elementos, que destaque ganha a arborização urbana?

Antes de avançarmos nas reflexões em busca dessas respostas e na expectativa de “concluir” essa abordagem histórica da relação saúde-ambiente, não podemos deixar de apresentar aqui o modelo mais contemporâneo que vem sendo adotado pela OMS, desde 2005, com a criação da Comissão Mundial sobre os Determinantes Sociais da Saúde, a qual reconhece que a saúde depende das diversas condições socioambientais em que as pessoas nascem, crescem, vivem e envelhecem, sendo fundamental, portanto, conhecer quais são os determinantes sociais da saúde (DSS) e como operam na geração de iniquidades em saúde, a fim de combatê-las (CSDH, 2008).

Ao analisarmos os DSS e já buscando refletir sobre as questões colocadas anteriormente, reconhecemos que a arborização urbana figura tanto como um determinante de nível social/intermediário, como de nível macroestrutural/distal, já que a paisagem urbana e sua relação com a vegetação é certamente determinada pelas políticas públicas com este enfoque.

Nesse sentido, vale ainda retomar a relevância do Movimento da Promoção da Saúde enquanto impulsionador da elaboração de políticas públicas saudáveis e à criação de ambientes favoráveis à saúde. Isso porque, na Conferência de Alma-Ata de 1978, se estabeleceu como Meta “Saúde para

Todos no Ano 2000”, já em 2013, na 8ª Conferência Internacional de Promoção da Saúde, realizada em Helsinque, na Finlândia, se propõe como lema “Saúde em Todas as Políticas”, reconhecendo-se que qualquer decisão política pode impactar a saúde da população (PAHO, 2013). Essa constatação se torna evidente também no espaço urbano, já que não há mais dúvidas sobre a influência direta de políticas habitacionais, de saneamento, de mobilidade, de arborização, entre outras, na qualidade de vida.

Nesta mesma direção estão as associações e constatações do médico Paulo Saldiva (2018), ao comparar o metabolismo do corpo humano e o “metabolismo” das cidades. Para ele, assim como bactérias e vírus se agrupam, as pessoas também o fazem em comunidades. Mas nos grandes centros urbanos a forma como as pessoas vivem e se organizam na atualidade não tem favorecido a qualidade de vida. Para exemplificar, o professor apresenta três graves problemas de saúde pública e sua forte relação com as cidades: a obesidade, a saúde mental e o câncer. Os limites impostos pelas cidades dificultam, muitas vezes, a prática de atividades físicas, a produção de alimentos frescos e o “encontro das pessoas” para um convívio social com a diversidade. Além disso, há nos grandes centros o estímulo ao uso de transporte automatizado, agravando a poluição atmosférica, sendo seus efeitos sentidos mais fortemente por aqueles que passam, por exemplo, horas no transporte público para se deslocar – “a cidade é, portanto, desigual” (SALDIVA, 2018), e é urgente repensá-la.

VEGETAÇÃO E CIDADE: A POSSIBILIDADE DE INTERAÇÃO ROÇA-QUINTAL-FLORESTA NA PAISAGEM URBANA

Na sombra das árvores a temperatura é mais amena, nela podemos perceber as correntes de ar, mensurar o movimento das nuvens e encontrar abrigo para observar/acompanhar as vibrações da biosfera. Arbustos nos permitem uma visão como de um gigante sobre a trama que compõe o crescimento vegetal e sua interação com a fauna, sobretudo a microfauna. Há também as plantas de porte médio que nos envolvem e junto às quais ficamos como que mergulhados e à deriva. A vegetação rasteira completa o quadro com seu chamado à terra e misterioso convite à procura por caminhos.

A floresta compõe os vários portes e estratos acima insinuados, sobretudo a por assim dizer arquetípica floresta tropical ou equatorial densa, mas também nos cerrados, com seus descampados entremeados por veredas florestadas e mesmo a floresta branca nordestina, a caatinga, sem falar dos capões aqui e acolá nas campinas e pantanais, e das florestas frias onde reinam pinheiros e decíduas.

E quanto à presença das árvores, das plantas, da floresta, no habitat humano urbano? “Devemos começar a entender que a cidade se parece muito mais com um jardim do que com um conjunto de objetos minerais que podem ser abandonados depois de construídos: portanto, a cidade é antes de tudo um espaço de encontro para os vivos” (COCCIA, 2021, transcrição, adaptação à linguagem escrita e tradução do autor).

Ainda que nas palavras de Coccia a cidade pareça muito mais um jardim que um conjunto mineral, o habitat humano por ela representado se afastou da floresta, do mundo vegetal, a ponto de poder ser observada como um fenômeno de desertificação, como um processo de extinção da vida.

Na região da cidade de São Paulo, originalmente uma interessante intersecção de biomas, a ocupação humana, sobretudo desde o final do século XIX, tem sido pouco adepta da interação com a vegetação, vista ora como amenidade complementar sem protagonismo no âmbito de um projeto tecnocientífico moderno em crise, ora como evidência de resquícios de cenários incultos aguardando a irrefreável e oportuna marcha de um suposto progresso, cujos rastros são frequentemente o aprofundamento da desintegração e redução de biodiversidade. Nessa chave, Edgar Morin convoca que se controle o “frenesi tecno econômico mundial” (MORIN, 2020, p. 72-73) da globalização preponderante – expressão hiperbólica da experiência moderna – e nos mostra, ao refletir sobre a pandemia deflagrada em 2020, que o mito ocidental do homem cujo destino é tornar-se “senhor e dono da Natureza” teria desmoronado completamente diante do coronavírus. “Esse mito já tinha sido ferido no coração pela consciência ecológica que vem demonstrando há algumas décadas que quanto mais senhores nos tornamos da biosfera, mais nos tornamos dependentes dela; quanto mais a degradamos, mais degradamos nossa vida” (MORIN, 2020, p. 21).

A zona leste paulistana representa esse duplo movimento de forma exemplar e extrema. Uma verdadeira “chapa quente” se sobrepôs ali à base

geofísica existente, removendo-se interações bioquímicas que dão base à vida, à medida que se abafaram ecossistemas presentes, sufocados pelo concreto, pelo asfalto e outros produtos petroquímicos lançados indiscriminadamente no solo, no ar e nas águas.

A arborização urbana, os parques e espaços públicos vegetados na zona leste da cidade são lembranças de resistências quanto ao processo acima exposto, mas também da inadequação que se percebe na relação com ciclos naturais, resultado do que com algum constrangimento nos referimos como desenho urbano paulistano, refém do rodoviarismo e das contradições de um suicida hipermodernismo, de saída desconectado e cego, como expresso no mito fáustico – recontado e desvendado no início do século XIX por Goethe (2007) – em um movimento destruidor da biodiversidade em nome de um suposto controle que sabemos desconexo e, para dizer o mínimo, contraproducente.

Nesse quadro inquietante, uma reinvenção da presença da vegetação na cidade será um dispositivo de regeneração e fomento à biodiversidade, algo que ecoa o questionamento de Daniel Wahl quanto à perspectiva de uma Cultura Regenerativa, na qual:

Aprender a projetar sabiamente como natureza é uma peregrinação e um aprendizado que nunca terminará. Como podemos medir nosso sucesso? Estamos indo bem se observarmos um aumento na prosperidade humana e na bioprodutividade planetária, uma redução na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera e a disseminação de comunidades alinhadas e adaptadas regionalmente, de uma diversidade biocultural vibrante, em colaboração e solidariedade global. (WAHL, 2019, p. 198).

Entrelaçado e associado com os quintais e espaços da cidade, sendo esta recuperada (ou reinventada) como um lugar de aprofundamento de saberes e cultivo da diversidade biocultural, onde (e aqui tomamos emprestada a imagem do autor quanto a povos originários amazônicos) se poderá praticar.

Uma relação positiva entre humanos e animais como sujeitos interativos e beneficiários na propagação de plantas e na construção das paisagens, numa perspectiva não hierárquica ou excludente entre esses diferentes atores, que não situa, de um lado, o silvestre e o selvagem e, do outro, o doméstico e o consciente no protagonismo do ‘cultivo da floresta’. (SANTOS, 2020, p. 137).

Ecoando uma possível condição aqui defendida de cidade-floresta, com uma experiência recomposta a partir de práticas de culturas originárias.

A perspectiva, nesse sentido, é de a cidade favorecer a articulação entre humanos e outros seres não humanos, todos entendidos como sujeitos interativos e beneficiários, tendo como uma expressão fundamental a propagação de plantas e a construção de paisagens biodiversas. A vida na cidade, assim, poderá espelhar uma conexão maior com a terra, ser indicadora de uma cultura enraizada em paisagens multiespécies, com saberes e técnicas específicas em prol do aumento da biodiversidade, com a acima convocada interação quintal-roça-floresta como um *continuum*, um constructo: como um conjunto. Pode-se entrever, nesse sentido, uma consciência cidadina plena que se efetiva com uma relação consciente com as plantas, com a fauna e, por extensão, com os ciclos naturais.

Ao invés de forçar um mundo natural a se afastar de nós, para atender às nossas necessidades humanas, como a narrativa da separação nos faria, temos que nos integrar como uma espécie que tem muito a aprender com o resto da natureza na tentativa de discernir quais os projetos que melhor atendem a todo o sistema. (WAHL, 2019, p. 197).

Em sintonia com que se coloca acima, a vegetação na cidade deve ser entendida como infraestrutura para a manutenção dos corpos d'água, dentre algumas razões por promover a filtragem das águas que escorrem superficialmente (fitodepuração) e fazer, assim, com que os aquíferos sejam recarregados após a retenção de substâncias impróprias. Indissociável da micro e macrofauna, a vegetação também tem papel central na garantia da qualidade do ar e do solo, à medida que evapotranspira e mantém umidade, troca nutrientes e cria condições de aumento da biodiversidade, base para a manutenção da salubridade na vida. Trata-se, assim, de infraestrutura básica em um pretendido cenário de salubridade e regeneração.

RUAS, CALÇADAS E ARBORIZAÇÃO: DIFERENTES PERCEPÇÕES E USOS

As ruas e suas variadas classificações são percebidas de forma diferente de acordo com a escala em que as observamos ou as vivenciamos (COELHO,

2006). Se considerarmos a escala do planejamento urbano, ela é percebida a partir de suas possibilidades de conexões, ainda com o viés na lógica da locomoção e transporte, apesar de hoje termos exemplos difundidos de redesenho de ruas, como os manuais desenvolvidos pela NACTO, mas que em nossas cidades ainda estão em geral restritos a experiências e aplicações localizadas.

No jogo das escalas, como aquela do planejamento urbano, a linha da calçada não existe, não há diferenciação entre o que se imagina como função da rua no sistema de circulação e como as pessoas utilizam esses mesmos lugares. Na abstração do desenho, esses espaços tratados como “insignificantes”, deixam de existir como lugares e passam a ser regulamentados por meio de índices, coeficientes e usos. Em contraposição, na escala do real, o somatório de atividades aí desenvolvidas significa parte considerável da presença humana na cidade. Por meio das visões, dos percursos, da circulação, das emoções, dos espetáculos, que conhecemos e nos apropriamos dos vários lugares da cidade e pertencemos de forma diferente a cada um deles. Seu uso está vinculado a intenções de outras atividades, o que não impede que também seja apropriada como percursos necessários ou de lazer, encontro ou fruição, ainda que espontâneo e inconsciente.

O parcelamento do conhecimento e da forma como organizamos o pensamento, tende a classificar e separar os temas, os órgãos de gestão pública, as legislações, entre outros (LEFEBVRE, 1971). Nesse sentido, a cidade, entendida como um artefato humano, tende a se concentrar na sua própria produção, nas soluções racionais e de curto prazo e desprezar aqueles elementos que são imponderáveis e dinâmicos. Aquilo que classificamos como elementos da Natureza presentes na cidade trazem essa incerteza e a sensação de falta de controle que exaspera as ciências exatas com seus vários coeficientes de segurança.

Se, portanto, a ciência de hoje, em sua perplexidade, aponta as conquistas da técnica para “provar” que estamos lidando com uma “ordem autêntica” dada na natureza, parece ter caído num círculo vicioso: os cientistas formulam hipóteses para conciliar seus experimentos e em seguida empregam esses experimentos para verificar as hipóteses; e é óbvio que, durante todo o tempo, estão lidando com uma natureza hipotética. (ARENDT, 2002, p. 300).

No entanto, quando falamos de qualidade urbana, são esses elementos que nos trazem a sensação de conforto, da fruição do espaço, da sombra, do calor, da umidade e de nossa conexão como seres participantes dessa Natureza.

Na arborização urbana ainda nos prendemos à utilização de espécies que não trazem risco para a fiação, para a calçada, que não cresçam demais, que os frutos não caiam no chão e uma infinidade de critérios para que não se atrapalhe a cidade higienizada, funcional na sua dinâmica e lógica administrativa. Com essa perspectiva, limitamos a utilização na arborização urbana a um número insignificante de espécies, como um consolo e uma concessão urbana.

Na lógica da cidade, a presença percebida e estimulada desse elemento incontrollável e vivo, está ligado mais aos parques e algumas praças. No entanto, se considerarmos que as ruas e suas calçadas permeiam toda a cidade, temos aí um elemento agregador e de conexão, com potencial extremamente democrático para inserir a vegetação como indicador de qualidade, que faz a conexão com habitats existentes nas várias escalas, com a qualidade do solo, do ar, da água e das espécies que criam e se adaptam à cidade como seu habitat, demonstrado por Schilthuizen (2018).

Ao utilizar também como critério maior diversidade urbana, temos aí um campo imenso de pesquisa a ser desenvolvido para uma cidade como um artefato humano que faz parte da Natureza e que está ligado a ela intrinsecamente e na proximidade do cotidiano. O conhecimento da biodiversidade, das interações entre a vegetação e seus vários estratos com a fauna, representada por inúmeras espécies, além da avifauna que tende a ser mais cultuada, pode trazer mais elementos para compor a beleza da multiplicidade que a rua protagoniza. Nesse sentido, a possibilidade de utilização da infraestrutura verde, além de novas formas de tratar o escoamento da drenagem urbana, traz também a possibilidade de abertura de novos espaços permeáveis que possam alimentar e dar suporte às diversas espécies vegetais para criar o mosaico dos estratos apontado pelos biólogos na composição urbana.

É nesse sentido que os órgãos que compõem o Poder Público, além de suas características de regulação e controle, têm papel fundamental como agentes promotores de qualidade. Ainda que seja possível imaginar a

arborização urbana como atividade pontual, se estiver pensada como componente que traz a diversidade para o espaço urbano, é possível organizar manchas de composição de habitats a serem implantados ou grandes conexões entre habitats existentes, que podem ser introduzidos ou incrementados no dia a dia e ao longo do tempo e de forma muito próxima da população.

A arborização urbana na sua implantação e manutenção traz consigo também a questão do limiar entre o público e privado, assim como acontece com as calçadas, que existem em todos os lugares: ricos, pobres, sofisticados, vulgares, junto a monumentos, a grandes edifícios ou à casa autoconstruída, guardando sempre a escala humana na cidade. Ambas têm o Poder Público como o regulador dessa qualidade, mas pelo seu caráter ligado ao proprietário do lote, permitem também movimentos de grupos ou particulares, já que cada indivíduo pode colaborar de forma simples e de baixo custo, com o plantio na frente do seu lote. Movimentos educativos têm a possibilidade de engajar a população para atuar na melhoria da qualidade urbana. Pensemos nas grandes manchas urbanas carentes de arborização e que poderiam ter movimentos de plantio em suas ruas desérticas.

Isso abre a consciência de quanto é necessário de área impermeável nas calçadas para que o lote seja acessado, a possibilidade de redesenho de acessos, da calçada e do que entendemos como rua, em movimentos de conscientização nas várias escalas que podem construir esse potencial.

O redesenho de ruas e a hierarquização do viário são elementos fundamentais para valorização do pedestre e apropriação do espaço urbano. Para ilustrar a ideia de ruas bioconectoras, em uma infraestrutura já existente, avaliamos de forma preliminar as características de conexão viária das ruas do recorte proposto na bacia do Cassandoca, com as seguintes características: ruas compartilhadas, ruas locais e ruas de ligação.

A fim de criar espaços mais generosos para o plantio da vegetação, partimos do pior caso, com ruas com 10 m de largura e testadas dos lotes de 5 metros. Dessa forma, situações mais favoráveis tanto na largura da rua quanto da testada, podem trazer maior amplitude na proposta.

Para as ruas de ligação, propomos rebaixamento de guia mínimo de 2,5 m para acesso de veículos em cada lote, de modo que os jardins de chuva possam se agrupar e ter 1,0 X 5,0 m, o que fornece maior área de infiltração e

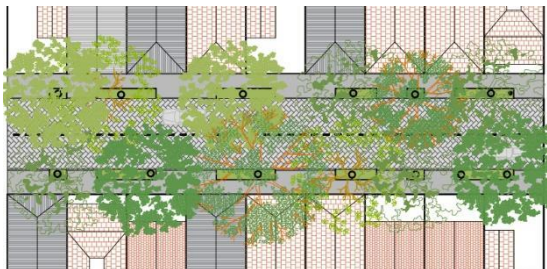
maior possibilidade de solo para o plantio das árvores, mantendo-se largura de leito carroçável de no mínimo 6,0 metros.

Figura 1 – Representação 3D exemplificando proposta para ruas de ligação



Fonte: Imagem produzida pelos autores (2021).

Figura 2 – Representação em planta exemplificando proposta para ruas de ligação



Fonte: Imagem produzida pelos autores (2021).

Para as ruas locais, com o uso de redesenho da via é possível manter as dimensões descritas com a inclusão da sinuosidade no leito carroçável para redução da velocidade dos veículos e, quando possível, com o alargamento das calçadas (para ruas com mais de 10 m de largura).

Figura 3 – Representação 3D exemplificando proposta para ruas locais



Fonte: Imagem produzida pelos autores (2021).

Figura 4 – Representação em planta exemplificando proposta para ruas locais



Fonte: Imagem produzida pelos autores (2021).

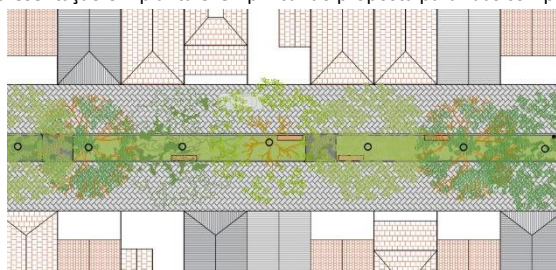
As ruas compartilhadas pressupõem apenas o acesso aos imóveis, sem distinção entre leito carroçável e calçada, já que a prioridade é do pedestre, com faixas de no mínimo 4,0 m de largura para acesso aos lotes, área central com jardins de chuva com no mínimo 2,0 m de largura por toda a extensão da rua, interceptadas por passagens intervaladas. Para ruas com comprimento superior a 40 m é necessária a previsão de hidrantes, para a segurança a incêndio. Dessa forma, pressupõe-se que a arborização poderá contar com maior área de solo permeável, além de se associarem aos estratos arbustivos e de forração, trazendo maior diversidade e possibilidades de associação com a fauna.

Figura 5 – Representação 3D exemplificando proposta para ruas compartilhadas



Fonte: Imagem produzida pelos autores (2021).

Figura 6 – Representação em planta exemplificando proposta para ruas compartilhadas



Fonte: Imagem produzida pelos autores (2021).

ESPAÇOS PÚBLICOS VEGETADOS COMPREENDIDOS COMO SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NO ÂMBITO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS ONDE SE ENCONTRAM

Os espaços públicos verdes são os componentes urbanos mais próximos que temos do habitat natural em que o ser humano se originou e do qual sempre dependerá. O habitat humano urbano construído por séculos trouxe problemas que poderiam ser amenizados e/ou sanados por meio de uma abordagem projetual e de ação envolvendo uma análise dos serviços ecossistêmicos prestados.

Complementar aos serviços ambientais, que são os serviços da sociedade para com o meio ambiente, e denominados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) como “benefícios ambientais resultantes de intervenções intencionais da sociedade na dinâmica dos ecossistemas, tais como as atividades humanas para a manutenção ou a recuperação dos componentes dos ecossistemas” (EMBRAPA, 2015), os serviços ecossistêmicos de que se trata aqui também incluem os benefícios para os seres humanos do manejo de ecossistemas naturais, ou seja, conforme caracterizados por Constanza (1997), são aquelas “funções ou processos que contribuem direta ou indiretamente para o bem-estar humano”, benefícios que as pessoas podem obter a partir do funcionamento dos ecossistemas saudáveis.

Na Avaliação Ecosistêmica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment), organizada por Kofi Annan, Secretário-Geral da Organização das Nações Unidas, em 2005, os serviços ecossistêmicos podem ser classificados em quatro categorias: provisão, regulação, suporte e cultural. O serviço de

suporte é o único que está diretamente ligado aos outros três por oferecer, como a própria designação, suporte para que os outros aconteçam, envolvendo a manutenção do meio de fornecimento, a exemplos de qualidade do solo, garantia de biodiversidade, polinização. O serviço de provisão envolve o fornecimento de matérias-primas básicas e suprimentos como comida e água. O serviço de regulação trata, por exemplo, da qualidade climática (temperatura, ar, chuva) e o serviço cultural oferece lazer, saúde mental e física, além de cultura (MEA, 2005).

Segundo Bolund e Hunhammar (1999), ao menos 6 dos 17 serviços apresentados por Constanza são considerados de maior relevância nos espaços verdes, a saber: filtragem do ar, regulação do microclima, regulação de ruído, drenagem de águas pluviais, tratamento de esgoto, recreação e cultura estes definidos por eles como no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Relação de serviços prestados com benefícios ao bem-estar humano

BENEFÍCIO AO BEM-ESTAR HUMANO	SERVIÇO ECOSSISTÊMICO PRESTADO
FILTRAGEM DE AR	As plantas têm uma alta capacidade de remoção de particulados.
REGULAÇÃO DO MICROCLIMA	Através da evapotranspiração, promove resfriamento e a sombra projetada das copas que diminui a temperatura ambiente.
REDUÇÃO DE RUÍDO	Capacidade de absorção do som e retardamento da velocidade do vento.
DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	Potencial de absorção diminuição da proporção e quantidade de alagamentos, inundações e erosões.
TRATAMENTO DE ESGOTO	Capacidade de retenção de nitrogênio e fósforo.
RECREAÇÃO E CULTURA	Redução de estresse, bem-estar físico-emocional.

Fonte: Tradução própria quadro disponível em Bolund e Hunhammar (1999).

Na perspectiva de busca de maior harmonia para com os ciclos naturais e a qualidade de vida humana e de todos os seres, a avaliação do cenário com o qual se vai interagir será facilitadora quando se der por meio da observação sistêmica de uma unidade ambiental, por exemplo, de uma bacia hidrográfica, em uma estratégia de investigação e identificação de oportunidades para potencializar a função dos espaços livres públicos verdes na cidade.

A bacia hidrográfica é entendida como um compartimento ambiental, nos termos utilizados por Schutzer (2012) em uma análise que não somente

leva em contrapartida as condições topográficas, mas também as sociais como cita a seguir:

A compartimentação ambiental, na forma aqui analisada, visa associar, ao compartimento de relevo, sua aptidão ou fragilidade em responder às funções urbanas que lhe quer dar a sociedade. Portanto, trata-se de um conceito de cunho eminentemente urbano, operacional, para avaliar e planejar a urbanização de um território. (SCHUTZER, 2012, p. 19).

Assim, analisamos as sub-bacias escolhidas a partir de metodologia que envolve, sobretudo, dois elementos na análise ambiental: o fluxo das águas e a morfologia do terreno e dois elementos na análise social: espaços livres verdes e arborização urbana no sistema viário.

Essa sobreposição traz informações esclarecedoras formalizando um estudo socioambiental que aponta nível de impermeabilização, velocidade das águas, geomorfologia, áreas mais ou menos vegetadas, estrutura da morfologia urbana e as suas consequências diretas, como pontos de alagamento, altos índices de temperatura, direção e velocidade dos ventos. Dados que nos fornecem o embasamento necessário para consolidar uma possível estratégia de promoção e potencialização dos serviços ecossistêmicos.

No caso da sub-bacias Cassandoca, para sua jusante e área de contribuição sobrepusemos quatros elementos para análise socioambiental e estratégia propositiva, sendo eles:

- a) hierarquia de vias: para uma análise de possíveis ruas para arborização viária;
- b) topografia e hidrografia: para uma análise ambiental;
- c) pontos nodais: áreas verdes destacadas no recorte deste tecido urbano;
- d) sobreposição destes três elementos para proposta de intervenção.

Figura 7 – Mapa pontos nodais

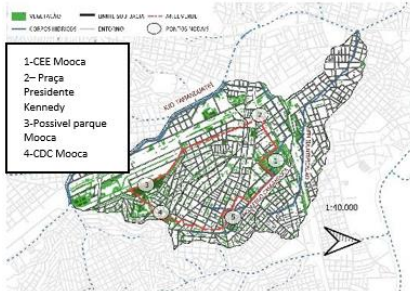


Figura 8 – Mapa topografia

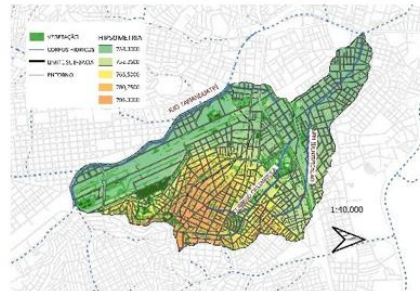


Figura 9 – Mapa hierarquia de vias

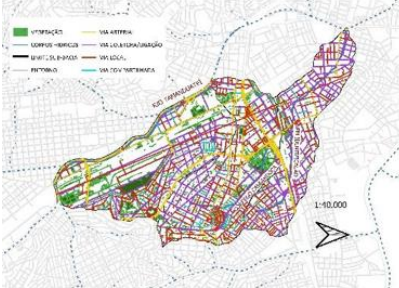
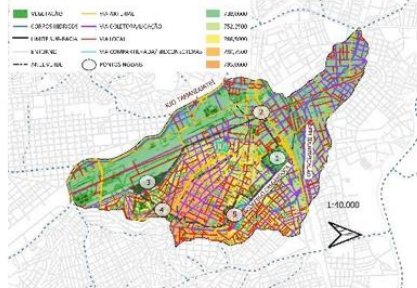


Figura 10 – Mapa sobreposição



VEGETAÇÃO NA ZONA LESTE PAULISTANA: HISTÓRICO, CONDIÇÃO ATUAL E POSSIBILIDADES

Para entender a vegetação no município de São Paulo é preciso refletir sobre o processo de sua retirada, sobretudo a partir de meados do século XX, da qual se tem um registro de perdas bastante documentadas, ao longo de um movimento colonizador com a prerrogativa de que a natureza precisava ser dominada.

Os registros da supressão da vegetação na região se iniciam com os naturalistas (como eram designados os cientistas do século XIX) e se intensificam ao longo do século XX em um processo em que a ocupação paulistana se expandiu transformando significativamente as características geológicas do seu sítio urbano e vários estudos sobre a expansão urbana demonstram o espalhamento da cidade por todos os tipos de terrenos (FURLAN, 2009 apud LIMNIIOS; FURLAN, 2013).

Silva define que município de São Paulo se localiza em terrenos de uma bacia sedimentar de relevo colinoso, cercada por morros e serras do embasamento cristalino e drenada por 3.200 km de cursos d'água. "Sobre esses terrenos pouco férteis, à exceção das várzeas, desenvolvia-se uma vegetação diversa, formada por matas de terra firme e de galeria; brejos e campos naturais" (SILVA, 2005). Limnios, observando o potencial benefício dos parques em seu entorno, realizou destacável trabalho, no qual investiga as perdas de área verde no município: "O rápido crescimento da área urbana de São Paulo, notadamente a partir do início do século XX, não foi acompanhado por um plano de áreas verdes que atendesse à demanda social por espaços de recreação, lazer e descanso, além das funções culturais, ambientais e sociais intrínsecas das áreas verdes urbanas" (LIMNIOS; FURLAN, 2013, p. 1). A perda de cobertura vegetal sofreu segundo Silva, um processo contínuo de redução, de fragmentação e de alteração da sua composição florística. A narrativa representa o que se vê nos mapas de vegetação atuais: a vegetação figura cada vez mais nas bordas das áreas urbanizadas ou como enclave do tecido urbano, situação em que diminui sua capacidade de autossustentação e de sustentação de fauna expressiva, diminuindo o contato diário das pessoas com elementos e processos naturais (SILVA, 2005).

Um retrato claro da fisionomia da vegetação paulistana, visível até a década de 1950, foi feito por França, destacando a vegetação especializada de terrenos úmidos: "Ao percorrer a região onde se encontra a cidade de São Paulo, percebe-se algumas formações vegetais típicas. Nas encostas da Serra da Cantareira ou nas vizinhanças da escarpa do Planalto, observam-se extensas áreas recobertas com formações florestais. Nas grandes várzeas – como as do Tietê, do Pinheiros e outros afluentes – têm-se diante dos olhos formações arbustivas próprias dos terrenos inundáveis." (FRANÇA, 1958).

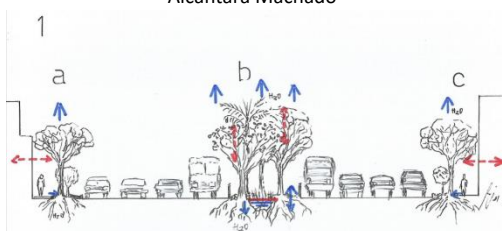
É preciso, definitivamente, entender o papel da vegetação, mais precisamente da arborização urbana em seu papel de indutora dos processos de evapotranspiração, infiltração de águas pluviais no solo, e retenção foliar tanto das águas pluviais quanto de partículas suspensas.

Em bairros da zona leste paulistana, seja pela precariedade das moradias de populações vulneráveis, muitas vezes agravado pela falta de infraestrutura, seja no modelo de ocupação do espaço urbano em áreas mais nobres, através de um processo especulativo típico do mercado imobiliário,

gerador de apropriação de espaços preciosos da paisagem, a vegetação tem sido sistematicamente retirada e pouco percebida no que diz respeito aos serviços ecossistêmicos que presta.

Nas sub-bacias do Alto Tietê da Zona Leste, são questões identificáveis a vegetação escassa, abaixo do índice mínimo recomendado pela OMS, vias arteriais produtoras de altas cargas de material poluente expelido por veículos de diversos portes, alto índice de impermeabilização superficial, gerando média superior de temperatura se comparado a outras regiões e problemáticas quanto à questão das enchentes do Alto Tietê. Apesar da presença de importantes fragmentos vegetados na região como o Parque do Carmo e a mata do Iguatemi, é visível a carência de fragmentos de grande porte na zona leste paulistana. Pouquíssima vegetação na bacia do Tamanduateí e, na bacia do Aricanduva, nota-se um processo incessante de fragmentação da vegetação da APA do Iguatemi, que ainda não está protegida efetivamente. Na zona leste como um todo, percebem-se grandes extensões áridas, com poucos parques de porte médio e pequeno.

Figura 11 – Desenho sem escala – possibilidades para as vias de fluxo pesado da Zona Leste. Av. Alcântara Machado



Fonte: Imagem produzida pelos autores (2021).

A Bacia do Cassandoca é uma sub-bacia do Tamanduateí, no início da zona leste paulistana, onde está o *campus* Mooca da Universidade São Judas Tadeu, base do Grupo de Estudos e Práticas Camboatã Território-Natureza, no âmbito do qual ocorrem os estudos que são base para o presente texto.

O córrego do Cassandoca, afluente da margem direita do rio Tamanduateí que neste deságua próximo ao rio Tietê, foi profundamente transformado ao longo da ocupação urbana intensificada sobretudo a partir da instalação da ferrovia no final do século XIX e bairros industriais a ela associados, com antigas áreas de instalações fabris que têm sido recompostas e são atualmente objeto

de disputa em função de interesses imobiliários. O alto Cassandoca e parte do seu curso médio foram, inclusive, desviados e atualmente um canal subterrâneo conduz suas águas até o Tamanduateí a montante do Parque D. Pedro II, enquanto as águas de parte de seu original curso médio e baixo Cassandoca seguem para um deságue à jusante do mesmo parque. Tanto o rio Tamanduateí como o Tietê foram retificados em canais cujos percursos muito se diferenciam da original condição de cursos meandrados, com várzeas intermitentemente alagáveis, frequentemente com lagoas resultantes de antigos meandros bloqueados naturalmente depois de cheias, o que impede uma definição com maior precisão quanto ao que teria sido o aspecto natural do Cassandoca e da região.

Na área a que nos referimos como parte do médio e o alto Cassandoca e na área de contribuição difusa da bacia do Tamanduateí, a Mooca de Baixo (industrial), identificam-se algumas áreas vegetadas que poderão ter um papel de focos em estratégia de intensificação de vegetação entendida como infraestrutura promotora de serviços ecossistêmicos. São essas áreas o Centro de Educacional e Esportivo da Mooca (CEE Mooca), jardins do Conjunto Residencial da Mooca (IAP, 1946) e do Núcleo Residencial da Mooca (Instituto de Aposentadoria e Pensão dos Trabalhadores em Transportes de Carga – IAPETEC, 1947), o terreno em disputa no limite com área industrial em intensa transformação onde se pleiteia a instalação do chamado Parque da Mooca, além de clubes e praças nas suas imediações.

Observando conceitos da ecologia da paisagem (LIMNIOS, 2006), é possível elaborar ensaios e projeções tendo o meio urbano como matriz da paisagem, seja ela vegetada ou densamente urbanizada (árida). E a conectividade surge como chave para um programa de recuperação de áreas degradadas, para garantir “continuidade espacial do habitat ou tipo de cobertura sobre a paisagem” (TURNER, 2001 apud LIMNIOS, 2006).

Na bacia do Cassandoca, percebe-se um grande potencial nas relações de conectividade entre parques municipais urbanos e espaços vegetados de diferentes escalas, como parques de vizinhança, lineares, arboretos, praças, tendo a arborização viária como um dos elementos de conexão entre tipos de vegetação. Após mais de três décadas de plantio de diversas espécies nativas e exóticas, por sucessivas administrações municipais, buscando-se melhorar a

qualidade de vida dos paulistanos – a partir de variados programas de fomento – vale refletir sobre a forma de se pensar os recursos em escalas mais locais.

Para um aprofundamento do ensaio aqui apresentado, assim, partiu-se de um polígono no bairro da Mooca (ver figuras na seção de mapas) como piloto e alguns tipos de vias foram escolhidos para uma investigação propositiva a partir do conceito de floresta urbana e serviços ecossistêmicos resultantes da interação com ciclos naturais – climáticos, referentes ao solo, à flora, fauna, e quanto aos habitantes do trecho urbano em questão (FAO, 2017).

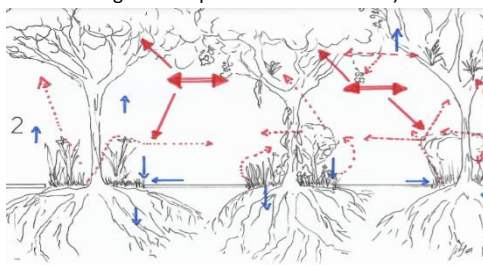
Segundo o documento *Directrices para la silvicultura urbana y periurbana*, da FAO, a floresta urbana pode mediar as questões de ocupação do território e suas consequências, culminando em benefícios socioambientais: *Los bosques urbanos, si están bien diseñados y distribuidos, pueden tener funciones clave para aumentar la igualdad social, promover un sentido de comunidad entre los residentes y garantizar el mantenimiento de los valores culturales locales* (FAO, 2017, p. 56).

A partir da perspectiva aqui defendida, de uma visão sistêmica quanto à vegetação na cidade, as áreas vegetadas habitualmente vistas em São Paulo, que têm um papel limitado quando pensadas individualmente, poderão ter sua função intensificada com a ressignificação das ruas que as conectam entre si como parte do sistema de áreas verdes urbanas, o que justifica a sua redefinição como elemento bioconector.

A IDEIA DE RUAS BIOCONECTORAS – UM ENSAIO PARA A BACIA DO CASSANDOCA E ARREDORES, NA MOOCA, SÃO PAULO

O ensaio aqui apresentado para parte da bacia do Cassandoca e arredores, investiga a perspectiva de espaços urbanos vegetados de forma difusa, não exclusivamente concentrada, como ocorre de forma geral na cidade de São Paulo.

Figura 12 – Desenho sem escala – ruas bioconectoras – intervalos (estimados) de 4 a 6 metros entre os espécimes (seja mantendo intervalo entre o acesso de veículos em residências, seja ao longo de um passeio numa via local)

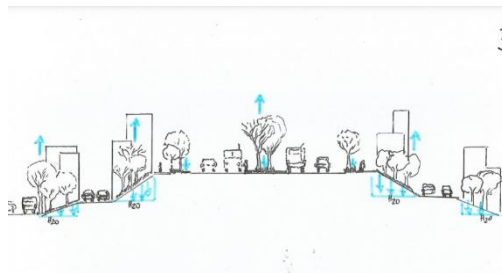


Fonte: Imagem produzida pelos autores (2021).

De baixo para cima: a representação do enraizamento das três árvores indica o potencial de ancoragem de espécies nativas, e sua ocupação desejável em termos de eficiência num jardim de chuva. *Setas vermelhas grossas*: indicam o trajeto e altura usual das espécies de avifauna, usando um corredor de alimentação, por exemplo. *As setas vermelhas mais finas*, indicam os trajetos usuais de predação de pássaros insetívoros a partir de poleiros a partir das árvores. *As setas vermelhas pontilhadas* representam os trajetos usuais dos insetos polinizadores, entre a camada herbácea, arbustiva e arbórea.

A perspectiva é a de conexão de áreas vegetadas existentes e intensificação da arborização em ruas ressignificadas como bioconectoras, levando em consideração questões centrais em relação à ecologia da paisagem ali presente: biomas locais (Domínio da Floresta Atlântica), solo e seus ciclos bioquímicos, vegetação (árvores, arbustos, herbáceas) com microfauna associada e matéria orgânica resultante, ciclo da água (no subsolo, em associação à vegetação, na umidade do ar, como fator de saúde pública), sempre em face da morfologia urbana existente e programas socioambientais a serem estimulados. A expectativa é a de cultivar coletivamente uma floresta urbana que aponte para a recuperação da paisagem.

Figura 13 – Desenho sem escala – ruas bioconectoras – Na bacia do Cassandoca, uma breve análise do potencial de uma via importante no complexo viário dentro do recorte



Fonte: Imagem produzida pelos autores (2021).

Um ensaio sobre a posição da avenida Paes de Barros no dorso de seu espigão num dos pontos mais altos da via, a cerca de 788 metros. As colinas e rebordos aqui simulados receberiam jardins potencialmente indicados para infiltração, aplicáveis em vertente na infraestrutura verde. As setas azuis ascendentes e descendentes indicam a ação ativadora do ciclo da água no meio urbano.

A partir da interação com esses princípios, as ruas bioconectoras poderão ser implantadas no âmbito de programas de arborização associados à infraestrutura verde-azul, com jardins de chuva que articulam coleta de água que fazem frente a enchentes ao mesmo tempo que representam aumento da área vegetada.

Reforça-se aqui o potencial presente no espaço das ruas, que são pouco ou nada consideradas no raciocínio mais abrangente sobre a vegetação na cidade. Defende-se sua classificação em categorias compatíveis com seus usos atuais, tratadas assim como elementos bioconectores da estrutura urbana, em outras palavras, sendo entendidas como o que denominamos de ruas bioconectoras.

A expectativa neste texto é a de ensaiar a possibilidade do planejamento da utilização das calçadas das ruas de forma sistêmica – em um cenário de ação imediata, uma otimização da arborização urbana como parte de uma espécie de parque difuso em que se transformam os bairros a partir desse tipo de ação e, em um momento posterior, a perspectiva de uma ampliação das áreas vegetadas no âmbito das ruas, conquistando faixa de estacionamentos em nome da visão renovada da vegetação urbana como

infraestrutura verde, com serviços ecossistêmicos valorizados e apontando para uma condição regenerativa

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pensar as ruas e calçadas como o espaço público do cotidiano da cidade coloca luz sobre as possibilidades que esses espaços podem protagonizar na relação intrínseca da fruição e uso da cidade com os elementos da Natureza, na conexão com todas as espécies de vida que estão ao nosso redor e no papel que temos como agentes que impactam e são impactados de uma forma mais virtuosa, seja no planejamento e projeto ou na concretude da vida local. Imaginar a multiplicidade do conhecimento amalgamado na soleira das portas, que traz saúde, ar mais puro e respirável em meio à dinâmica da vida que explode em cores, cheiros e texturas, traz mais a ideia da cidade como um grande jardim ou quem sabe a roça.

A possibilidade de uso da quantidade incrível de espécies que estão presentes nestes nossos ares, pode trazer para a arborização urbana uma outra perspectiva de infraestrutura, conectada por meio de ramificações de um sistema que carrega a vida e a diversidade tão almejada, permeando toda a cidade, ora com ligações mais estruturais e compactas, ora com possibilidades menos pretensiosas e tênues, mas que têm seu papel no grande mosaico.

Poder contar com um poder público mais propositivo na escala do planejamento, que define grandes manchas de diversidade e conexões, pode orientar na escala local a implementação de políticas de arborização e revegetação que aconteçam tanto em intervenções de obras públicas, como de comunidades e até do indivíduo. Essa proximidade de intervenção na cidade que se arvora pode trazer maior compreensão do papel que cada um exerce na construção do nosso espaço, seja no limiar do público ou que adentra para a privacidade do lote.

REFERÊNCIAS

ADLER, F. R.; TRANER, C. J. **Ecossistemas urbanos**: princípios ecológicos para o ambiente construído. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. Ecosystem services in urban areas. **Revista Ecological Economics**, n. 29, p. 293-301, 1999.

BRAZILIAN PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES (BPBES). Grupo de Trabalho da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). **Contribuições para o diálogo intersectorial: a construção do diagnóstico brasileiro sobre biodiversidade e serviços ecossistêmicos**, 2016. Disponível em: https://www.bpb.es.net.br/wp-content/uploads/2018/08/Dialogos_BPBES.pdf. Acesso em: 1º jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. **As cartas da promoção da saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cartas_promocao.pdf. Acesso em: 13 mar. 2021.

CLAYTON, P.; SCHWARTZ, A. **What is ecological civilization?** Crisis, hope, and the future of the planet. Anoka: Process Century Press, 2019.

COELHO, A. M. A. Calçadas – espaço do cidadão. In: KAHTOUNI, S.; MAGNOLI, M. M.; TOMINAGA, Y. (orgs.). **Discutindo a paisagem**. São Carlos: RiMa, 2006.

COMISSÃO NACIONAL SOBRE DETERMINANTES SOCIAIS DA SAÚDE (CNDSS). As causas sociais das iniquidades em saúde no Brasil. **Relatório Final da Comissão Nacional sobre Determinantes Sociais da Saúde**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2008. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/causas_sociais_iniquidades.pdf. Acesso em: 15 maio 2021.

COMMISSION ON SOCIAL DETERMINANTS OF HEALTH (CSDH). Closing the gap in a generation: health equity through action on the social determinants of health. **Final Report of the Commission on Social Determinants of Health**. Geneva: World Health Organization. Disponível em: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43943/1/9789241563703_eng.pdf. Acesso em: 23 maio 2021.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Revista Nature**, v. 387, n. 15, p. 253-260, 1997.

EMBRAPA. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília: Embrapa, 2015.

FRANÇA, A. O quadro Climato Botânico 1958. Cap. III. In: AZEVEDO, A. de (org.). **A Cidade de São Paulo Estudos de geografia urbana**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1958.

GOETHE, J. W. von. **Fausto, uma tragédia. Parte 1 e 2**. Tradução de Jenny Klabin Segall. São Paulo: Ed. 34, 2007. (original concluído no início do século XIX).

JOHNSON, S. **O mapa fantasma: como a luta de dois homens contra o cólera mudou o destino de nossas metrópoles**. São Paulo: Jorge Zahar, 2008.

LEFEBVRE, H. **El materialismo dialectico**. Buenos Aires: Editorial La Pleyad, 1971.

LIMNIOS, G. **Repertório botânico de acompanhamento viário do bairro da City Butantã**. 2006. Dissertação (mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo/USP, São Paulo, 2006.

LIMINIOS, G.; FURLAN, A. S. **Parques urbanos no município de São Paulo/SP (Brasil):** espacialização e demanda social. Faculdade de Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo/USP, 2013.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems ecosystem and human well-being: a framework for assessment**. Washington: Island Press, 2003.

MORIN, E. **É hora de mudarmos de via: as lições do coronavírus**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (PAHO). Summary of the experiences of the Americas. The 8th Global Conference on Health Promotion 2013, Helsinki, Finland, 10 to 14 of June, 2013. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/saudeurbana/wp-content/uploads/2018/06/PAHO2013ExperiencesOfTheAmericas.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2021.

SALBITANO, F.; BORELLI, S.; CONIGLIARO, M. *et al.* 2016. **Directrices para la silvicultura urbana y periurbana**. por. 2017. Directrices para la silvicultura urbana y periurbana. Roma: FAO, 2016.

SALDIVA, P. **Vida urbana e saúde: os desafios dos habitantes das metrópoles**. São Paulo: Contexto, 2018.

SANTOS, Gilton Mendes dos. **Transformar as plantas, cultivar o corpo**. in OLIVEIRA, Joana Cabral de et al (orgs). Vozes vegetais: diversidade, resistências e histórias da floresta. São Paulo: Ubu editora, 2020

SCHILTHUIZEN, M. **Darwin comes to town – how the urban jungle drives evolution**. London: Quercus Editions, 2018.

SCHUTZER, J. G. **Cidade e meio ambiente: a apropriação do relevo no desenho ambiental urbano**. São Paulo: Edusp, 2012.

SCHUTZER, J. G. **Análise estratégica do relevo e planejamento territorial urbano: compartimentos ambientais estruturantes na macrometrópole de São Paulo**. **Revista LABVERDE**, São Paulo, n. 5, dez., 2012.

SILVAGEM CICLO DE ESTUDOS SOBRE A VIDA. **Bate-papo selvagem sobre jardim, entre Emanuele Coccia e o paisagista Gilles Clément**. Produção: Madeleine Deschamps. Institut Français em parceria com o Escritório do Livro da Embaixada da França. 2021. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=cCoS84d5q74>. Acesso em: abr. 2021.

SILVA, F. C. A. **Proteção e fomento da vegetação no município de São Paulo: possibilidades, alcance e conflitos**. 2005. 227 f. Tese (Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas) – FAU/USP, São Paulo, 2005.

SOBRAL, A.; FREITAS, C.M. Modelo de organização de indicadores para a operacionalização dos determinantes socioambientais da saúde. **Saúde e Soc.**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 35-47, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902010000100004>.

SPIRN, A. W. **The granite garden**. Urban nature human design. Nova York: Basic Books, 1984.

WAHL, D. C. **Design de culturas regenerativas**. Rio de Janeiro: Bambual, [s/d].

Capítulo 4

ANÁLISE QUALITATIVA DAS ÁREAS VERDES PÚBLICAS NA ZONA NORTE DA CIDADE DE CUIABÁ-MT

Sandra Medina Benini¹³

Jeane Aparecida Rombi de Godoy¹⁴

INTRODUÇÃO

O contexto das cidades, particularmente no Brasil, a carência de espaços públicos destinados ao lazer e recreação assume o debate em diversas áreas do conhecimento. As Áreas Verdes Públicas Urbanizadas (AVPUs) são bem conhecidas pelos benefícios ambientais, tais como: combate à poluição do ar; regulação da umidade e temperatura do ar; contribuição à permeabilidade, fertilidade e umidade do solo, protegendo contra processos erosivos; redução dos níveis de ruído servindo como amortecedor do barulho nas cidades, dentre outros. Em síntese, contribuem para conforto ambiental dos locais onde estão inseridas. Somam-se a essas funções a de embelezamento da cidade, bem como a função do lazer.

Diante da importância da temática proposta, optou-se pela realização desta análise qualitativa das AVPUs, tendo como recorte espacial a zona norte da cidade de Cuiabá-MT, a qual se justifica pelos aspectos ambientais do sítio, bem como pela carência de espaços públicos destinado ao lazer e recreação à população.

¹³ Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela UPM com Pós-Doutorado em Arquitetura e Urbanismo pela FAAC/UNESP; Pesquisadora da ANAP. E-mail: arquiteta.benini@gmail.com

¹⁴ Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela UPM com Pós-Doutorado em Arquitetura e Urbanismo pela FAAC/UNESP, Docente da UNIVAG-MT. E-mail: urbanista.jeane@gmail.com

ESTADO DA ARTE

Para apresentar o estado da arte sobre o tema, parte-se do pressuposto de que as áreas verdes urbanas podem ser integradas à categoria de espaços livres na cidade, com características voltadas a recompor os elementos naturais, independente do porte de vegetação (MILANO, 1993). Nesse mesmo sentido, Cavalheiro et al. (1999) afirmam que área verde é “um tipo especial de espaços livres onde o elemento fundamental de composição é a vegetação”. Sob este enfoque, Lima et al. (1994, p. 549) tecem uma complementação, em que área verde é uma categoria de espaço livre, desde que haja predominância de vegetação arbórea, a exemplo das “praças, jardins públicos e parques urbanos”.

Por sua vez, Nucci (2008, p. 120), ao discutir a questão, aborda a importância das funções desempenhadas pelos espaços vegetados, ao considerar que para uma área ser identificada como área verde deve haver a “predominância de áreas plantadas e que deve cumprir três funções (estética, ecológica e lazer)”, além de apresentar uma cobertura vegetal e “solo permeável (sem laje) que devem ocupar, pelo menos, 70% da área”.

Independentemente de seu enquadramento quanto a titulação, sejam as áreas verdes de propriedade pública ou privada, quaisquer das duas categorias devem apresentar algum tipo de vegetação (não somente árvores) com dimensão vertical significativa, tornando-se relevante que as mesmas sejam utilizadas com objetivos sociais, ecológicos, científicos ou culturais (NOGUEIRA; WANTUELFER, 2002).

Para tanto, no âmbito desta pesquisa, considera-se área verde pública o conteúdo expresso no conceito, para o qual

[...] todo espaço livre (área verde / lazer) que foi afetado como de uso comum e que apresente algum tipo de vegetação (espontânea ou plantada), que possa contribuir em termos ambientais (fotossíntese, evapotranspiração, sombreamento, permeabilidade, conservação da biodiversidade e mitigue os efeitos da poluição sonora e atmosférica) e que também seja utilizado com objetivos sociais, ecológicos, científicos ou culturais. (BENINI, 2009, p. 71).

Como esses espaços são de uso comum do povo, impõe à Administração Municipal, bem como à “coletividade (a sociedade como um todo) o dever de defender e preservar tais espaços (áreas verdes públicas), visto que os mesmos podem contribuir para a sadia qualidade de vida e, conseqüentemente, para a qualidade ambiental” (BENINI, 2009).

Os estudos elaborados por Nucci (2008, p. 109) dão ênfase às condições de conforto propiciadas pelas áreas verdes, onde é comum encontrar um ambiente agradável, afastando a “angústia” da cidade, possibilitando ao indivíduo uma interação com a natureza.

Esses ambientes devem ser agradáveis e estéticos, com acomodações e instalações variadas de modo a facilitar a escolha individual. Devem ser livres de monotonia e isentos das dificuldades de espaço e da angústia das aglomerações urbanas. Principalmente para as crianças é fundamental que o espaço livre forneça a possibilidade de experimentar sons, odores, texturas, paladar da natureza; andar descalço pela areia, gramado; ter contato com animais como pássaros, pequenos mamíferos e insetos, etc. (NUCCI, 2008, p. 109).

Gomes (2005, p. 57) complementa a afirmação de Nucci (2008, p. 109), apontando que as áreas verdes, “do ponto de vista psicológico e social, influenciam o estado de ânimo dos indivíduos massificados com o transtorno das grandes cidades”. O autor também afirma que a vegetação oferece benefícios ambientais como, por exemplo, combate à poluição do ar¹⁵ através da fotossíntese¹⁶; “regula a umidade e temperatura do ar; mantém a permeabilidade, fertilidade e umidade do solo e protege-o contra a erosão e; reduz os níveis de ruído servindo como amortecedor do barulho das cidades”.

¹⁵ “Gases venenosos em suspensão no ar acima da rua e a poeira tóxica cobrem a via carroçável e as calçadas. Automóveis, ônibus e caminhões congestionam as ruas, acelerando e freando, emitindo torrentes de monóxidos de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas de chumbo e de combustível não queimado. O pára-e-anda do tráfego, característico de uma rua movimentada, produz mais poluentes do que um tráfego que flui suavemente a uma velocidade constante ao longo de uma rodovia, porque a concentração de fumaça dos escapamentos é maior, numa taxa irregular de combustão. Gotículas de óleo dos motores se transformam num fino aerossol; asbestos desprendem-se dos freios; a pavimentação das ruas literalmente tritura a borracha dos pneus em uma poeira fina” (SPIRN, 1995, p. 71).

¹⁶ “A fotossíntese auxilia na umidificação do ar, conseqüente resfriamento evaporativo.” (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007, p. 113-114).

Troppmaier e Galina (2003) acrescentam, enfatizando as vantagens das áreas verdes:

- a) Criação de microclima mais ameno que exerce função de centro de alta pressão e se reflete de forma marcante sobre a dinâmica da ilha de calor [...];
- b) Despoluição do ar de partículas sólidas e gasosas, dependendo do aparelho foliar, rugosidade da casca, porte e idade das espécies arbóreas;
- c) Redução da poluição sonora, especialmente por espécies aciculiformes (pinheiros) que podem acusar redução de 6 a 8 decibéis;
- d) Purificação do ar pela redução de microorganismos. Foram medidos 50 microorganismos por metro cúbico de ar de mata e até 4.000.000 por metro cúbico em shopping centers;
- e) Redução da intensidade do vento canalizado em avenidas cercadas por prédios;
- f) Vegetação como moldura e composição da paisagem junto a monumentos e edificações históricas.

Neste contexto analítico, Loboda e Angelis (2005) afirmam que as áreas verdes urbanas contribuem para a melhoria da qualidade de vida nas cidades. Segundo Gomes (2005, p. 115), as áreas verdes podem proporcionar conforto térmico¹⁷, visto que essas superfícies verdes interferem na formação de microclimas¹⁸. Spirn (1995, p. 68-69) explica que as áreas verdes diferem da

¹⁷ “Conforto térmico – Engloba as componentes termodinâmicas que, em suas relações, se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É um filtro perceptivo bastante significativo, pois afeta a todos permanentemente. Constitui, seja na climatologia médica, seja na tecnologia habitacional, assunto de investigação de importância crescente” (MONTEIRO, 2003, p. 24). “A sensação de conforto térmico está associada com o ritmo de troca de calor entre o corpo e o meio ambiente, sendo assim, o desempenho humano durante qualquer atividade pode ser otimizado, desde que o ambiente propicie condições de conforto e que sejam evitadas sensações desagradáveis, tais como: dificuldade de eliminar o excesso de calor produzido pelo organismo; perda exagerada de calor pelo corpo e desigualdade de temperatura entre as diversas partes do corpo.” (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007, p. 144).

¹⁸ “Cada cidade é composta por um mosaico de microclimas radicalmente diferentes, os quais são criados pelos mesmos processos que operam na escala geral da cidade. Os mesmos fenômenos que caracterizam o mesoclima urbano existem em miniatura por toda a cidade – pequenas ilhas de calor, microinversões, bolsões de grave poluição atmosférica e diferenças locais no comportamento dos ventos.” (SPIRN, 1995, p. 71).

paisagem de concreto, pela sua capacidade de dispersar a radiação solar, através da evaporação e transpiração.

Na cidade, concreto, pedra, tijolo e asfalto substituem a cobertura vegetal natural do campo. Esses materiais absorvem o calor mais rapidamente e o mantêm em maiores quantidades do que as plantas, o solo e a água. [...] Durante o dia todo, o calçamento, as paredes e os telhados absorvem e conservam o calor da irradiação solar. Embora a água e as plantas absorvam também a radiação solar, a maior parte dessa energia é gasta na evaporação e transpiração – resultando numa perda de calor maior do que é absorvido. [...] A cidade esfria mais lentamente: ela absorveu mais calor, e a irradiação desse calor para o céu noturno é inibida pelas paredes dos edifícios. (SPIRN, 1995, p. 68-9).

Do mesmo modo, Danni-Oliveira (2003, p. 157), com base nos estudos de climatologia urbana, afirma que as áreas residenciais, quando “ladeadas por áreas verdes”, recebem “incidência da radiação solar”, através das “trocas dos fluxos de calor e de umidade, bem como a dispersão de poluentes”.

Num contexto mais amplo, as relevâncias das áreas verdes públicas presentes no tecido urbano reiteram a necessidade de incorporar os princípios de preservação e conservação, de onde emerge o conceito de sustentabilidade urbana, o qual pode interferir favoravelmente não apenas na melhoria da qualidade ambiental, mas principalmente na qualidade de vida urbana.

A oferta de espaços públicos é um dos requisitos para a efetivação ao direito a cidade, uma vez que esses locais agregam “valores visuais ou paisagísticos, valores recreativos e valores ambientais” no ambiente urbano e que “uma boa qualidade do espaço público pode fornecer a permanência em uma espacialidade tranqüila, o desenvolvimento de atividades sociais e, conseqüentemente, vitalidade urbana” (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007, p.144).

Nesse contexto, as áreas verdes públicas, ou seja, jardins¹⁹ e parques urbanos²⁰ vêm “exercer um importante papel na identidade dos lugares,

¹⁹ Um jardim público compreende aqueles cuja manutenção fica ao encargo dos poderes públicos e se destinam ao uso e gozo da população em geral, com as limitações necessárias à sua função [...] (NIEMEYER, 2005, p.10).

²⁰ “Considera como parque todo espaço de uso público destinado à recreação de massa, qualquer que seja o seu tipo, capaz de incorporar intenções de conservação e cuja estrutura morfológica é

muitas vezes ressaltando as características físicas do sítio” urbano (PISSOL, 2006, p. 2). A implantação de um jardim ou parque urbano contribui para a humanização da cidade.

Os parques e jardins – As mais belas realizações da humanidade são produtos do ideal. Basta recordar os maravilhosos parques, jardins e monumentos sobreviventes de todas as grandes civilizações, para se compreender a força criadora de uma visão de longo alcance, capaz de dar forma e beleza aos elementos mais diversos, a fim de legá-los à posteridade. (LOUREIRO, 1979, p. 24).

A criação, produção e reprodução desses espaços no tempo agregam valores urbanísticos, essenciais ao arranjo espacial do sítio urbano. Loureiro (1979, p. 33) afirma que a cidade deve ser pensada e produzida, considerando as áreas verdes públicas como requisito básico à qualidade urbana. Para Robba e Macedo (2003, p. 44-45), essa qualidade urbana está implícita nos valores ambientais, funcionais, estéticos e simbólicos dessas áreas.

METODOLOGIA

Para a delimitação do universo a ser estudado optou-se por uma pesquisa qualitativa, em que os procedimentos tiveram uma base lógica que consistiu na investigação dividida em três fases: “aberta ou exploratória”, “coleta de dados” e “análise e interpretação sistemática dos dados” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 21).

A primeira fase da pesquisa, conhecida como aberta ou exploratória, consistiu do exame da literatura pertinente a livros, teses, dissertações, artigos, etc., sobre a temática, com repetição constante dos mesmos referenciais bibliográficos, sem apresentação de novas proposituras que viessem a ampliar a discussão teórica.

A segunda fase da pesquisa consistiu na coleta dos dados in loco (realizada 2019 e tabulação em 2020), tendo como subsídio os trabalhos de Angelis, Castro e Angelis Neto (2004), Santiago, Santiago e Soares (2016) e na

auto-suficiente, isto é, não é diretamente influenciada em sua configuração por nenhuma estrutura construída em seu entorno” (MACEDO; SAKATA, 2002, p. 14).

NBR 9050/2015, para a definição dos procedimentos metodológicos necessários. Nesta fase foram utilizados a base cartográfica da Prefeitura Municipal de Cuiabá e os dados do IBGE (2010).

A terceira fase consistiu da inserção do objeto de pesquisa dentro de um quadro de referenciais teóricos, concomitantemente com a construção empírica, o que permitiu a obtenção dos produtos desta pesquisa.

PROCEDIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DAS AVPU's

Uma vez verificada a implantação das AVPU's no bairro, consideraram-se os seguintes requisitos para análise: acessibilidade, vegetação, quantidade e qualidade dos mobiliários implantados e a oferta dos serviços públicos. Para a construção da pesquisa empírica, foram considerados atributos e variáveis preestabelecidas, conforme apresentado a seguir:

- a) para aferir a qualidade da acessibilidade nas AVPU's, foram considerados o estado de conservação do piso, a existência e o dimensionamento das rotas de circulação, barreiras naturais que pudessem comprometer a acessibilidade, a oferta de rampa e piso tátil de alerta e direcionamento, bem como a oferta de estacionamento, inclusive para idosos (Quadro 1):

Quadro 1 – Atribuição de peso (valor) à acessibilidade na AVPU

ATRIBUTO	VARIÁVEIS	SITUAÇÃO	PESO
Acessibilidade	Estado de conservação do piso no espaço (AVPU)	bom	2
		razoável	1
		ruim	0
	As rotas de circulação são inferiores a 1,20 metro	sim	0
		não	2
	Existência de pelo menos uma rota acessível no interior do espaço (AVPU)	sim	2
		não	0
	A vegetação do espaço (AVPU) interrompe a rota acessível	sim	0
		não	2
	Tem rampa de acesso	sim	2
		não	0
	Tem piso tátil de alerta e direcional	sim	2
		não	0
	No entorno do espaço (AVPU) há vagas reservadas para pessoas com deficiência	sim	2
		não	0
	No entorno da praça (AVPU) há vagas reservadas para idosos	sim	2
		não	0
	Estacionamento	sim	2
		não	0

Fonte: Benini (2020).

- b) a qualidade do atributo “vegetação” foi mensurado, considerando critérios com a oferta de espaços arborizados e vegetação rasteira, o tratamento paisagístico, bem como o percentual de permeabilidade nas AVPUs (Quadro 2):

Quadro 2 – Atribuição de peso (valor) à vegetação na AVPU

ATRIBUTO	VARIÁVEIS	SITUAÇÃO	PESO
Vegetação	Espaço é arborizado	sim	3
		não	0
	Espaço tem vegetação rasteira	sim	3
		não	0
	O espaço tem tratamento paisagístico	sim	3
		não	0
	Permeabilidade (%)	superior a 75%	3
		de 50 a 75%	2
		de 25 a 49%	1
		inferior a 25%	0

Fonte: Benini (2020).

- c) Para avaliar a qualidade dos mobiliários destinados à recreação, foram considerados a oferta de parque infantil, equipamentos de exercício (academia ao ar livre), equipamentos de ginástica para terceira idade, bem como se nas AVPUs havia a instalação de quadra esportiva (Quadro 3).

Quadro 3 – Atribuição de peso (valor) aos mobiliários destinados à recreação na AVPU

ATRIBUTO	VARIÁVEIS	SITUAÇÃO	PESO
Mobiliários destinados à recreação	Parque infantil	sim	3
		não	0
	Equipamentos de exercícios – Academia ao ar livre	sim	3
		não	0
	Equipamentos de ginástica para terceira idade	sim	3
		não	0
	Quadra esportiva	sim	3
		não	0

Fonte: Benini (2020).

- d) dentre os atributos avaliados, na questão cultural foram considerados a instalação de palco para apresentação artísticas, chafariz e espelho d'água e exposição de obras de arte, a exemplo de esculturas, bustos, entre outros (Quadro 4):

Quadro 4 – Atribuição de peso (valor) aos mobiliários destinados à cultura na AVPU

ATRIBUTO	VARIÁVEIS	SITUAÇÃO	PESO
Cultura	Palco	sim	2
		não	0
	Obra de arte	sim	2
		não	0
	Chafariz / espelho d'água	sim	2
		não	0

Fonte: Benini (2020).

- e) a qualidade do mobiliário em geral, considerou o valor/peso atribuído para cada variável do Quadro 5, de modo a permitir uma análise sistemática das AVPU:

Quadro 5 – Atribuição de peso (valor) aos mobiliários em geral na AVPU

ATRIBUTO	VARIÁVEIS	SITUAÇÃO	PESO
Mobiliário em geral	Bancos	sim	3
		não	0
	Bebedor	sim	3
		não	0
	Iluminação alta	sim	3
		não	0
	Iluminação baixa	sim	3
		não	0
	Lixeira	sim	3
		não	0
	Sanitário	sim	2
		não	0
	Ponto de ônibus	sim	1
		não	0
	Ponto de táxi	sim	1
		não	0
	Banca de revista	sim	1
		não	0
	Telefone público	sim	1
		não	0
	Quiosque	sim	1
		não	0

Fonte: Benini (2020).

- f) Ademais, a pesquisa contemplou a avaliação dos serviços públicos ofertados nas AVPU, tais como conservação e limpeza do espaço. Nesta etapa, também foi considerada a oferta de segurança (vigia) no local (Quadro 6):

Quadro 6 – Atribuição de peso (valor) a oferta de serviço público na AVPU

ATRIBUTO	VARIÁVEIS	SITUAÇÃO	PESO
Serviço público	Conservação do espaço	bom	2
		razoável	1
		ruim	0
	Limpeza no espaço	bom	2
		razoável	1
		ruim	0
	Tem segurança (vigia) no local	sim	1
		não	0

Fonte: Benini (2020).

A conjugação desses atributos apresentados, considerando suas variáveis, permitiu que fossem gerados alguns produtos de análises, como tabelas e mapas, os quais permitiram especializar a qualidade das AVPU.

A partir desses dados foi aferido o Índice de Área Verde Pública Urbanizada (IAVPU) por bairro da zona oeste da cidade de Cuiabá, por intermédio da interpolação de dados na seguinte fórmula:

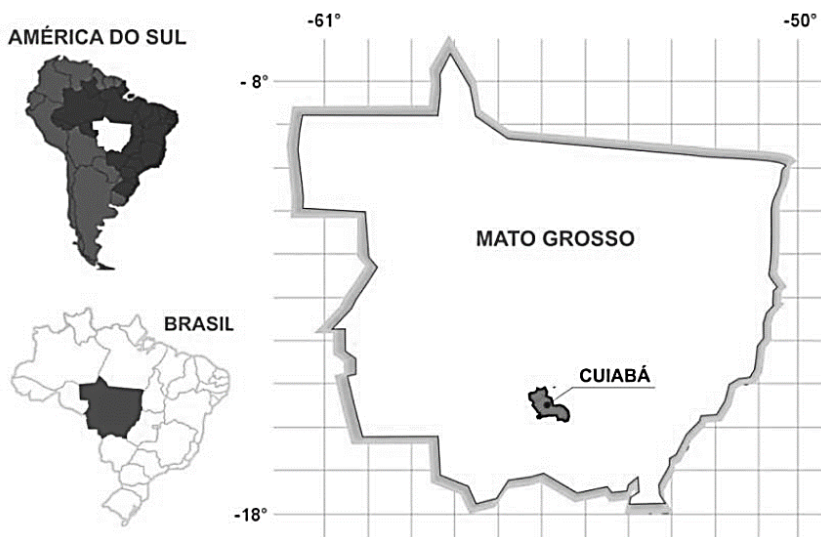
$$\text{IAVPU} = \text{Índice de Área Verde Pública Urbanizada por bairro}$$

$$\sum \{ \text{AVP Urbanizada} : \text{hab} \} = \text{IAVPU} (\text{m}^2/\text{hab})$$

Assim, considerando a metodologia apresentada, destaca-se ainda que a mesma pode ser replicada não só nas demais zonas da cidade de Cuiabá, mas em qualquer cidade do território brasileiro.

ESTUDO DE CASO

Para o desenvolvimento deste trabalho, optou-se como recorte espacial a Zona Norte da cidade Cuiabá, Estado do Mato Grosso, que possui área de 3.538,17 km², correspondendo a 254,57 m² à área urbana e 3.283,60 km² à área rural. Faz divisa com os municípios de Acorizal, Rosário Oeste, Chapada dos Guimarães, Santo Antônio do Leverger e Várzea Grande (Figura 1).

Figura 1 – Localização de Cuiabá-MT

Fonte: Ávila (2015, p. 4).

A cidade Cuiabá está localizada na baixada cuiabana, onde, segundo Ávila (2015, p. 4), na região há predominância de um “clima Tropical Continental, sem influência marítima, onde já foi detectada a interferência do uso do solo urbano na ocorrência de ilhas de calor”, a região “apresenta baixa frequência e velocidade média dos ventos, que torna a influência do espaço construído sobre a temperatura do ar mais perceptível, já que as trocas térmicas por convecção são minimizadas”, deste modo tem-se a predominância de temperaturas elevadas, com chuva no verão e inverno com clima seco.

Segundo dados do Censo IBGE (2010), 36,41% da população da zona norte da cidade de Cuiabá encontram-se na faixa de 0 a 19 anos (crianças e adolescentes), dados estes que denotam a necessidade de implantação de políticas públicas para atendimento deste público (Tabela 1).

Tabela 1 - População (crianças e adolescentes) da Zona Norte da Cidade de Cuiabá-MT

Cd.	BAIRRO ZONA NORTE	POPULAÇÃO (1)	GRUPOS ETÁRIOS (%)			
			0 a 4 anos	5 a 9 anos	10 a 14 anos	16 a 19 anos
25	JARDIM FLORIANÓPOLIS	4.824	9,12	8,46	10,84	11,40
26	JARDIM VITÓRIA	8.966	9,21	8,20	10,86	11,97
27	PARAÍSO	5.655	9,07	10,45	10,75	10,80
28	NOVA CONQUISTA	855	8,77	7,37	10,18	10,53
29	PRIMEIRO DE MARÇO	7.457	8,65	9,59	10,57	11,30
30	TRÊS BARRAS	9.926	9,96	9,30	10,36	10,71
31	MORADA DA SERRA	56.066	6,50	6,38	7,43	8,62
32	MORADA DO OURO	5.824	5,25	6,06	6,71	8,46
33	CENTRO POLÍTICO ADMINISTRATIVO	5.434	9,83	9,49	9,60	10,09
34	PAIAGUÁS	4.743	7,72	7,97	8,24	8,67
117	ÁREA DE EXPANSÃO URBANA	11.164	9,57	9,16	9,04	7,32

1 - População segundo dados coletados pelo Censo IBGE (2010).

Fonte: IBGE (2010), organizado pelas autoras (2021).

Ao observar os dados econômicos, verificou-se que o rendimento médio da população na região é baixo, comprometendo assim a qualidade de vida de seus moradores. Fato este que reforça a importância da oferta de espaços públicos para esses moradores, destinados ao lazer e recreação, considerando que muitos não tem acesso a clubes, shopping, academias, etc.

Tabela 2 - Rendimento médio da população na zona norte da cidade de Cuiabá-MT

Cd.	BAIRRO	POPULAÇÃO ⁽¹⁾	RENDIMENTO MÉDIO (SM) ⁽²⁾
25	JARDIM FLORIANÓPOLIS	4.824	2,25
26	JARDIM VITÓRIA	8.966	2,24
27	PARAÍSO	5.655	2,41
28	NOVA CONQUISTA	855	2,41
29	PRIMEIRO DE MARÇO	7.457	2,59
30	TRÊS BARRAS	9.926	2,41
31	MORADA DA SERRA	56.066	5,18
32	MORADA DO OURO	5.824	11,69
33	CENTRO POLÍTICO ADMINISTRATIVO	5.434	2,72
34	PAIAGUÁS	4.743	6,03
117	ÁREA DE EXPANSÃO URBANA	11.164	-

1 - População segundo dados coletados pelo Censo IBGE (2010).

2 - Rendimentos Médios (SM) - como base para este trabalho utilizaram-se os dados da tabela “Valor do rendimento nominal médio mensal, valor do rendimento nominal mediano mensal das pessoas com rendimento, responsáveis pelos domicílios particulares permanentes, segundo os bairros” do Censo Demográfico 2000 (resultados do universo), divulgado pelo IBGE.

Fonte: IBGE (2010), organizado pelas autoras (2021).

RESULTADOS

Durante a realização desta pesquisa verificou-se uma carência na oferta de AVPU's na zona norte da cidade de Cuiabá, apresentando assim um descompasso com a Lei de Parcelamento de Solo (Lei 6.766/1979), a qual determina em seu art. 22 quais os equipamentos urbanos (vias e praças, os espaços livres e as áreas destinadas a edifícios públicos e outros equipamentos urbanos) que, após o registro do loteamento, passam a integrar os bens de domínio público.

Sabe-se que as Administrações Públicas têm restrições orçamentárias para atender a todas as demandas urbanas (saúde, educação, serviços sociais, entre outros), e por esta razão acaba sendo destinado um valor insuficiente do orçamento para implantação desses espaços.

Os resultados obtidos pela análise qualitativa das AVPU's, demonstraram que os bairros que obtiveram uma pontuação elevada, com

exceção do Centro Político Administrativo, são bairros de classe média segundo o IBGE (2010), a exemplo da Morada do Ouro e Bairro Paiaguais.

Tabela 3 – Síntese da avaliação qualitativa das AVPU da zona norte da cidade de Cuiabá-MT

Cd.	BAIRRO DA ZONA NORTE	ÁREA VERDE PÚBLICA URBANIZADA	M ²	QUALIDADE ⁽¹⁾	MÉDIA Q. ⁽²⁾
25	Jardim Florianópolis	Praça Arquiteto Júlio de Lamonica Freire	2.427,98	27	27
30	Três Barras	Praça Residencial Nova Canaã	3.049,35	39	26,6
		Praça Jardim Umurana	1.980,32	20	
		Praça Três Barras	2.074,98	21	
31	Morada da Serra	Espaço sem denominação	15.540,95	40	27,3
		Praça de Esporte e Lazer Ermes do Nascimento Justino	4.995,49	31	
		Praça da Caixa D'água	1.982,70	31	
		Espaço sem denominação	2.1744,93	33	
		Praça do CPA I	2.340,16	11	
		Praça do Ginásio Verdinho	9.337,54	35	
		Espaço sem denominação	3.124,49	20	
		Parque Municipal Lagoa Encantada	3.519,00	18	
32	Morada do Ouro	Praça Cultural Morada do Ouro	3.641,00	38	38
33	Centro Político Administrativo	Praça Sem. Jonas Pinheiro	11.336,00	38	45
		Parque Massairo Okamura	540.000,00	50	
		Praça Monumento Ulisses Guimarães	8.148,00	33	
		Parque das Águas	270.000,00	59	
34	Bairro Paiaguais	Espaço sem denominação	4094,95	43	43

1 - Qualidade das AVPU - Área Verde Pública Urbanizada (praças, jardins e parques).

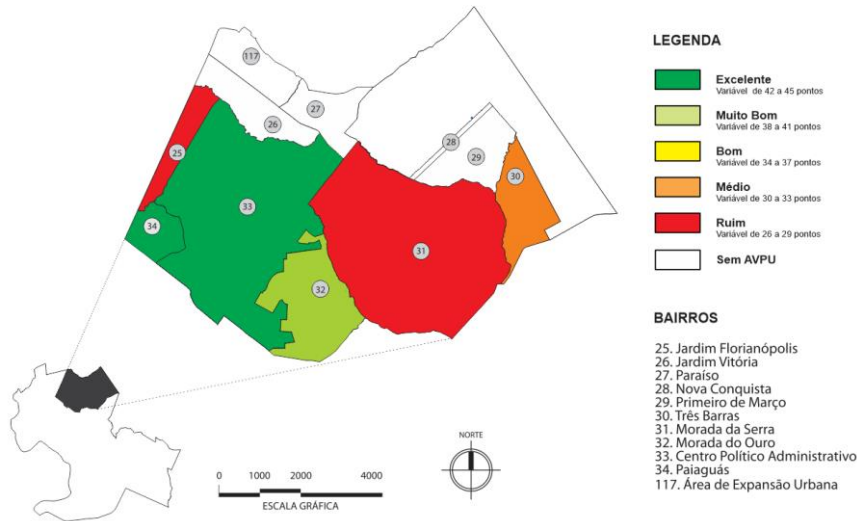
2 - Média da qualidade aferida por bairro.

Fonte: Organizado pelas autoras (2021).

A Figura 2 demonstra a contradição presente na implantação de políticas públicas destinado ao lazer e recreação na região, pois onde há

população tem menor rendimento, a qualidade das AVPUs é baixa, ou simplesmente não foram implantadas, a exemplo do Jardim Vitória, Paraíso e Nova Conquista, Primeiro de Março.

Figura 2 - Mapa da avaliação qualidade das AVPU da zona Norte da Cidade de Cuiabá-MT



Fonte: Organizado pelas autoras (2021).

A Tabela 4 apresenta o Índice de Área Verde Urbanizada (IAVP), o qual tem sua base de cálculo na disponibilidade de AVPU para cada habitante do bairro. Segundo Troppmair e Galina (2003), a ONU recomenda que sejam adotados “12 metros quadrados de área verde por habitante para que haja equilíbrio entre a quantidade de oxigênio e gás carbônico”.

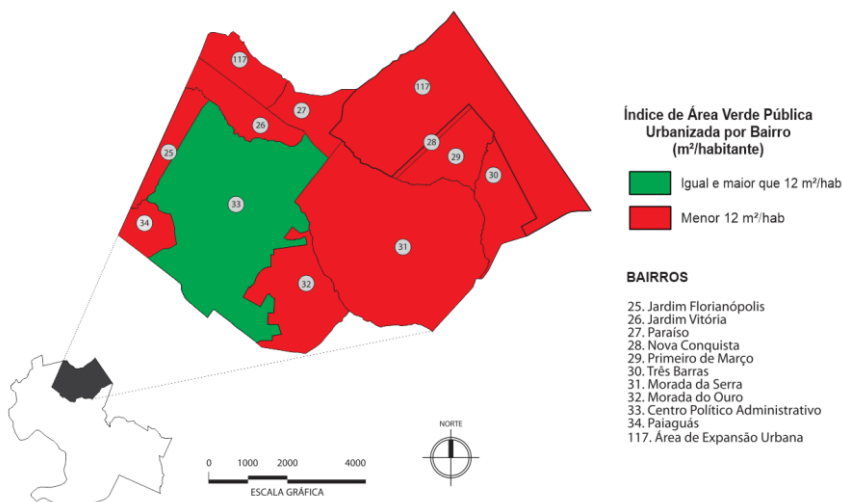
Tabela 4 - IAVPU da zona norte da cidade de Cuiabá-MT

Cd.	BAIRRO DA ZONA NORTE	POPULAÇÃO ⁽¹⁾	AVPU /M2 ⁽²⁾	IAVPU ⁽³⁾
25	Jardim Florianópolis	4.824	2.427,98	0,50
26	Jardim Vitória	8.966	0	0
27	Paraíso	5.655	0	0
28	Nova Conquista	855	0	0
29	Primeiro de Março	7.457	0	0
30	Três Barras	9.926	7.104,65	0,71
31	Morada da Serra	56.066	62.585,26	1,11
32	Morada do Ouro	5.824	3.641,00	0,62
33	Centro Político Administrativo	5.434	829.484,00	152,64
34	Paiaçuás	4.743	4.094,95	0,86
117	Área de Expansão Urbana	11.164	0	0

1 - População segundo dados coletados pelo Censo IBGE (2010).

2 - AVPU/M2 – Área Verde Pública Urbanizada por metro quadrado.

3 - IAVPU – Índice de Área Verde Pública Urbanizada.

Figura 3 - Mapa do IAVPU por loteamento na zona norte da cidade de Cuiabá-MT

Fonte: Organizado pelas autoras (2021)

A espacialização do IAVPU da zona norte de Cuiabá na Figura 3, permite verificar que, apesar da predominância das altas temperaturas na região, o que demandaria a oferta de mais áreas verdes, a maior parte da área estudada apresenta um índice abaixo do ideal recomendado pela ONU.

CONCLUSÃO

O conteúdo apresentado neste artigo evidencia que a zona norte da cidade de Cuiabá apresenta uma carência, não só na quantidade de espaços públicos destinados ao lazer e recreação, como da qualidade desses espaços, o que denota a ausência de políticas públicas direcionadas à população de menor poder aquisitivo.

Ao mensurar o IAVPU, verificou-se a necessidade de implantação de novos espaços, com observância à Lei de Parcelamento de Solo, de modo melhorar de uma qualidade ambiental da população.

REFERÊNCIAS

ANGELIS, B. L. de; CASTRO, R. M. de; ANGELIS NETO, G. Metodologia para levantamento, cadastramento, diagnóstico e avaliação de praça no Brasil. **Engenharia Civil**, UM, n. 20, p. 57-70, 2004. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/cec/revista/Num20/Pag%2057-70.pdf>. Acesso em: 5 set. 2020.

ÁVILA, A. D. *et al.* Análise de revestimentos de cobertura do solo em parque urbano na cidade de Cuiabá-MT-Brasil. **ANAIS... XIII ENCONTRO NACIONAL e IX ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 2015. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/encac/files/2015/topico3artigo07.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2020.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L. de; TORRES, S. C. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió: EDUFAL, 2007. 164 p.

BENINI, S. M. **Áreas verdes públicas: a construção do conceito e a análise geográfica desses espaços no ambiente urbano**. 2009. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, SP, 2009.

BENINI, S. M. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: estudo de caso da cidade de Tupã/SP**. 2015. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, SP, 2015.

BENINI, S. M. Landscape planning of the city of Cuiabá - MT: case study of urbanized green areas in the Westside. **Revista Nacional De Gerenciamento De Cidades**, v. 8, n. 67, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17271/2318847286720202735>

CAVALHEIRO, F. *et al.* Proposição de terminologia para o verde urbano. **Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Rio de Janeiro, ano VII, n. 3, p. 7, jul./ago./set. 1999.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. A cidade de Curitiba e a poluição do ar: implicações de seus atributos urbanos e geoecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno. *In*: MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. (org.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p.155-172.

GOMES, M. A. S. **As praças de Ribeirão Preto-SP**: uma contribuição geográfica ao planejamento e à gestão dos espaços públicos. 2005. 204 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Uberlândia, 2005.

LIMA, A. M. L. P. *et al.* Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. *In*: 2º CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1994, **Anais...** São Luís. p. 539-550.

LOBODA, C. R.; ANGELIS, B. L. D. de. Áreas públicas urbanas: conceito, uso e funções. **Ambiência**, Guarapuava, PR, v. 1 n. 1, p. 125-139, jan./jun. 2005.

LOUREIRO, M. A. S. **A cidade e as áreas verdes**. São Paulo: Secretaria de Serviços e Obras do Município, 1979. 185 p.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagem qualitativa. São Paulo: EPU, 1986. 99 p.

MACEDO, S. S.; SAKATA, F. G. **Parques urbanos no Brasil**. São Paulo: Edusp/Imprensa Oficial do Estado, 2002. 208 p.

MILANO, M. S. Planejamento da arborização urbana: relação entre áreas verdes e ruas arborizadas. *In*: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4, 1990. Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1990.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria do clima urbano: um projeto e seus caminhos. *In*: MONTEIRO, C. A. de F.; MENDOÇA, F. (org.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-67.

NIEMEYER, C. A. da C. **Paisagismo no planejamento arquitetônico**. Uberlândia: EDUFU, 2005. 127 p.

NOGUEIRA, A.; WANTUELFER, G. **Florestas urbanas**: planejamento para melhoria da qualidade de vida. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2. ed. Curitiba: O Autor, 2008. 150 p.

PISSOL, K. M. S. de A. A dinâmica urbana: uma leitura da cidade e da qualidade de vida no urbano. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia-MG, v. 7, n. 17, p. 1-7, fev. 2006.

ROBBA, F.; MACEDO, S. S. **Praças brasileiras**: public squares in Brazil. São Paulo: Edusp/Imprensa oficial do Estado, 2002. 312p.

SPIRN, A. W. **O jardim de granito**: a natureza no desenho da cidade. São Paulo: Edusp, 1995. 345 p.

SANTIAGO, Z. M. P.; SANTIAGO, C. Q. de; SOARES, T. S. Acessibilidade no espaço público: o caso das praças de Fortaleza. **Ergodesign e HCI**, Rio de Janeiro-RJ, v. 4, n. 2, p. 32-29, 2016.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. H. Áreas verdes. **Território & Cidadania**, Rio Claro, SP, ano III, n. 2, jun-dez, 2003.

Capítulo 5

OCUPAÇÃO TERRITORIAL E MICROCLIMA URBANO - UMA PROPOSTA PARA ESTABELECIMENTO DE PADRÕES DE REFERÊNCIA

Marcius Carvalho²¹

Cláudia Cotrim Pezzuto¹⁶

INTRODUÇÃO

O ecossistema urbano é dinâmico, resultante de combinações no tempo e no espaço de diferentes ecossistemas naturais e artificiais, no qual as pessoas constroem seus assentamentos sobre os remanescentes do ecossistema natural formando uma estrutura complexa. Esta dinâmica transforma o ambiente físico, desencadeando mudanças na paisagem, na meteorologia e o clima da cidade.

Neste contexto, discutir e avaliar a forma de ocupação do espaço urbano pode contribuir para o uso equilibrado dos recursos naturais buscando orientar decisores públicos na proposição de um planejamento urbano adequado a partir de diferentes visões.

Este capítulo apresenta uma metodologia para avaliar espaços urbanos a partir do método multicritério de organização de classificação de preferência para o enriquecimento de avaliações (PROMETHEE). O primeiro passo para aplicação do método, após a definição do espaço urbano em estudo e seus subespaços, é estabelecer os critérios de análise e representá-los por indicadores. Esses indicadores devem expressar as implicações sociais, econômicas e ambientais da ocupação urbana indicando espaços a evoluírem no sentido de se tornarem mais sustentáveis ou serem tomados como referências no sentido de apoiar o setor público no desenvolvimento de novos

²¹ Programa de Pós-Graduação em Infraestrutura Urbana PUC- Campinas, SP

projetos de ocupação equilibrada. Alguns desses indicadores são: variação de temperatura do ar (representada pela amplitude térmica), fração de superfície permeável e impermeável e presença de corpo d'água. Considerando que o microclima urbano é resultado do conjunto de critérios e que cada critério contribui de forma diferenciada para um ambiente urbano confortável termicamente, portanto diferentes pesos devem ser atribuídos a cada um na composição de um índice final. Portanto, devem ser gerados cenários com variação dos pesos para avaliação da influência de cada um dos critérios no desempenho climático do subespaço analisado. Esta proposição permite o estabelecimento de um padrão de referência, *benchmarking*, que pode auxiliar o administrador público no planejamento e em estabelecimento de regulamentações para constituição de ocupações futuras sustentáveis, ou mesmo melhorias das atuais, com relação ao microclima.

Espera-se que as decisões tomadas pelo setor público sejam mais eficazes e produtoras para o microclima de uma região quando apoiadas em resultados quantitativos, obtidos pela análise multicritério proposta por este trabalho.

METODOLOGIA

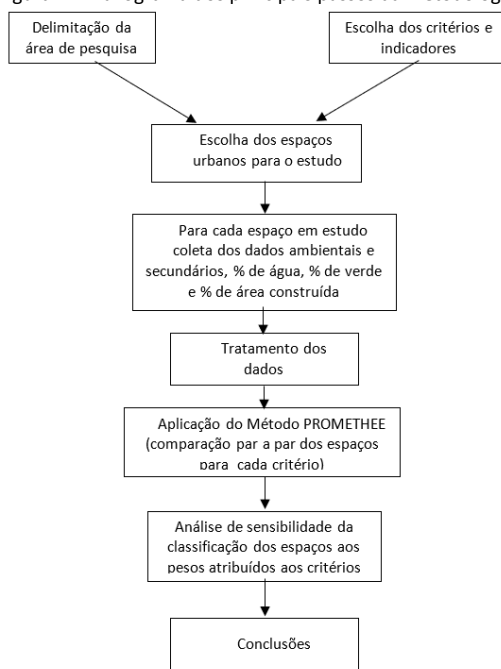
Uma pesquisa de ocupação territorial e microclima urbano deve ser estruturada em uma série de etapas representadas desde a delimitação da área de estudo até identificação das variáveis urbanas que interferem nas condições climáticas. O processo metodológico consistiu nas seguintes etapas (Figura 1).

- Delimitação da área de pesquisa: Compreende a definição da área urbana a ser pesquisada, identificação dentro desta área dos espaços a serem considerados para o estudo e escolha dos indicadores para a avaliação de desempenho.
- Coleta e tratamento dos dados: Coleta e tratamento de dados ambientais da área de estudo e espacialização em um Sistema de Informação Geográfica e escolha dos critérios para análise representados por seus indicadores (fração de superfície permeável, fração de superfície impermeável e presença de corpo

d'água, e temperatura do ar). Nesta fase é importante a percepção do cidadão e o ponto de vista do Gestor Público.

- Aplicação do Método multicritério PROMETHEE para comparação par a par de indicadores entre cada critério e estabelecimento da classificação dos espaços em estudo com identificação de padrão de referência. Ainda, é de grande importância a avaliação da sensibilidade aos pesos atribuídos aos critérios no sentido de considerar diferentes visões: visão que privilegia o cidadão, visão que atende os objetivos do setor público.
- Análise e conclusões

Figura 1 – Fluxograma dos principais passos da metodologia

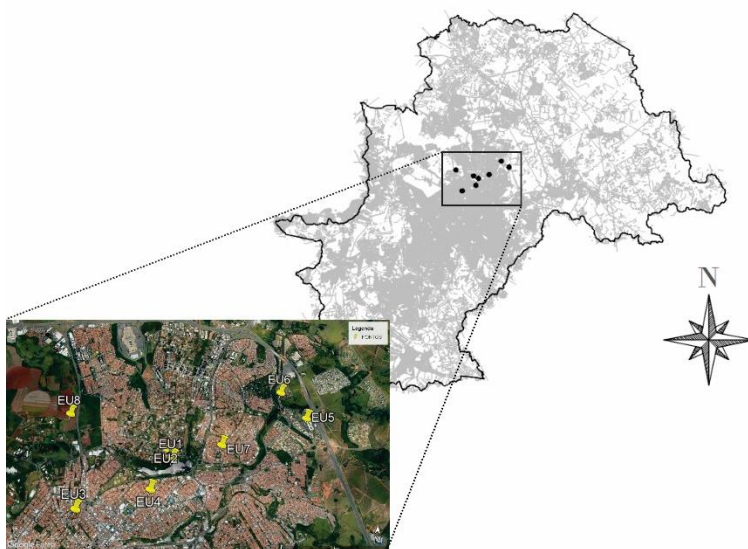


Descrição da área de estudo

Para aplicação da metodologia foi selecionado um recorte urbano na porção noroeste na cidade de Campinas, SP, Figura 2. O município de Campinas (S 22°48' 57" S, O 47°03' 33" O, altitude média 680 m) está localizado no

sudeste do Brasil, ocupando uma área de aproximadamente 794 km² com população total estimada de aproximadamente 1.223.113 habitantes, densidade demográfica de 1.359,60 hab/km² (IBGE, 2021). O clima da cidade é tropical de altitude (Cwa de acordo com a classificação de Köppen) com verão quente e úmido, inverno ameno e seco e ventos predominantes sudeste. A temperatura média anual é de 22,40 °C, média máxima 32,5 °C, média mínima 12,3 °C.

Figura 2 – Área de estudo



Fonte: Adaptado Google-Earth (2021).

O estudo considera oito espaços urbanos para coleta de dados de temperatura do ar e parâmetros morfológicos, que representam diferentes padrões de ocupação urbana (Figura 1 e Quadro 1). A partir desses espaços urbanos foi adotado um ponto de coleta no centro de cada área. Os dados foram coletados durante sete dias do período de inverno de 2013 em dias sem precipitação e condições de calmaria. Os instrumentos (TESTO 174h) foram instalados dentro de protetores contra intempéries e incidência direta (HOBO RS1), em locais sem obstruções e a uma altura aproximada de 3 metros. A Figura 1 e Quadro 1 mostram a localização e caracterização dos pontos de coleta.

Quadro 1 – Caracterização dos pontos amostrais

Imagem	Descrição da subárea
	EU1: Ponto inserido no interior de um parque urbano com proximidade de uma lagoa e extensa área verde.
	EU2: Área predominantemente residencial com edificações baixas (1 ou 2 pavimentos). Arborização viária média a alta, proximidade de Parque Urbano. Cobertura do solo predominantemente pavimentada.
	EU 3: Área de uso misto, edificações baixas (1 a 2 pavimentos) e altas (até 12 pavimentos), pouca arborização viária e cobertura do solo predominantemente pavimentada.
	EU 4: Área de uso misto, edificações predominantemente baixas (1 a 2 pavimentos), presença de edifícios altos no entorno da área, pouca arborização viária e cobertura do solo predominantemente pavimentada.
	EU 5: Área de uso misto, edificações baixas (1 a 2 pavimentos), presença de edifícios altos no entorno da área e proximidade de rodovia e áreas permeáveis.
	EU 6: Área predominantemente residencial (1 a 2 pavimentos), proximidade de área de fundos de vale e presença de corpo hídrico e proximidade de rodovia e áreas permeáveis.
	EU 7: Área predominantemente residencial (1 a 2 pavimentos), pouca arborização viária, e cobertura do solo pavimentada.
	EU 8: Proximidade de área de pastagem e rodovia e cobertura do solo predominantemente permeável.

Seleção dos indicadores para análise do microclima urbano

Este estudo considera que as seguintes variáveis estão fortemente relacionadas com o microclima urbano: fração de superfície impermeável (SI - Relação da área do plano de construção/áreas pavimentadas com a área total de estudo - %), fração de superfície permeável (SP - Relação da área do plano de vegetação (área de projeção horizontal das copas das árvores), e das áreas permeáveis - %), Fração de superfície do Corpo d'Água (CA - relação da área do corpo d'água - %) e sugere que sejam transformadas nos seguintes indicadores: porcentagem de superfície impermeável, porcentagem de superfície permeável e porcentagem de corpo d'água e variação da temperatura do ar, expressos em porcentagem como:

Fração de Superfície Impermeável - % (SI)

$$\%SE = (SI/AT)*100 \quad (1)$$

Fração de Superfície Permeável - % (SP)

$$\% SP = (SP/AT)*100 \quad (2)$$

Fração de Corpo D'água - % (CA)

$$\% EN = (CA/AT)*100 \quad (3)$$

Variação de Temperatura - %

$$\%VT = (V_{\max} - V_{\min})*100 \quad (4)$$

AT nas equações de 1 a 3 representa a Área Total (utilizando um raio de 500 m), na equação 4 a variável $V_{\max}$ representa a temperatura máxima do ar do local e $V_{\min}$ a temperatura mínima do ar.

Para caracterização dos espaços urbanos selecionados, estudos indicam delimitar um raio de influência em torno da área de estudo. A abrangência do raio depende da rugosidade da superfície, geometria das edificações, condições de estabilidade da atmosfera e escala de análise (LECONTE et al., 2015; NDUKA and ABDULHAMED, 2011; STEWART and OKE, 2012). Para este estudo adota-se um raio de 500 metros a partir do ponto de coleta, identificado por meio de visualização de uma Imagem Satélite GeoEye. A partir deste raio são digitalizados os indicadores de estudo: Fração de Superfície Impermeável, Fração de Superfície Permeável, Fração de Corpo D'água. A variação da

temperatura do ar foi coletada no ponto fixo de medição no centro de cada área de estudo.

Análise multicritério para avaliação climática

Para que as decisões do setor público se tornem eficazes devem estar apoiadas em ferramentas integradas de avaliação de desempenho com a análise do trade-off entre os diferentes critérios de avaliação de um projeto, o que é possível pelo emprego de análise multicritério. Conhecida como MCDM (Multi-Criteria-Decision Making), cada vez mais é usada na avaliação de políticas ambientais (TURCK SIN; BERNARDINI; MACHARIS, 2011). O apoio à decisão pelo enfoque multicritério apresenta como propriedades:

- a) a possibilidade de lidar com questões complexas;
- b) a incorporação de critérios que são difíceis de monetizar;
- c) a representação uma visão holística incorporando aspectos tangíveis, bem como intangíveis, muitas vezes negligenciados por outros métodos de avaliação;
- d) a inclusão de partes interessadas no processo de tomada de decisão, por atribuição de pesos aos critérios.

Existem várias técnicas para conduzir uma MCDA e entre elas duas largamente utilizadas são o Processo Analítico Hierárquico (AHP - Analytical Hierarchy Process) e o Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE) que se baseiam na comparação par a par entre critérios e alternativas (BALALI; ZAHRAIE; ROOZBAHANI, 2014; BEHZADIAN *et al.*, 2010; PAULA; CERRI, 2012). Um enfoque conveniente é a integração do método AHP com o método PROMETHEE como sugerido em (MACHARIS *et al.*, 2004) por permitir a participação do decisor estabelecendo os pesos para ponderação dos critérios e avaliação quantitativa por meio dos indicadores de cada critério.

O método multicritério PROMETHEE

Os métodos multicritérios de auxílio à decisão se propõem ao ordenamento completo de um conjunto finito de alternativas da melhor para a pior em problemas com múltiplos critérios conflitantes (BEHZADIAN *et al.*,

2010). O PROMETHEE pertence a uma família de métodos de análise de problemas com multicritérios que auxilia ao tomador de decisão a encontrar a melhor entre um conjunto de possíveis alternativas. Esta família de métodos, classificados como métodos de superação, tem sido aplicada em inúmeros campos de pesquisa e seu sucesso é basicamente devido às propriedades matemáticas e particular facilidade de uso. É tido como um método muito simples de ordenação em termos de conceito e aplicação, comparado com outros métodos multicritérios, baseando-se na comparação par a par das alternativas ao longo de cada critério. As alternativas são avaliadas de acordo com diferentes critérios que podem ser maximizadas ou minimizadas. A sua implementação requer dois principais passos: a determinação dos pesos para cada um dos critérios e a escolha e aplicação de uma função de preferência.

Determinação dos pesos

A primeira etapa consiste em atribuir pesos de acordo com a importância de cada critério adotado na análise. Esta definição conta com participação dos decisores assumindo que estes podem estabelecer esta ponderação adequadamente, pelo menos quando o número de critérios não for muito grande (MACHARIS; VERBEKE; DE BRUCKER, 2004). Entretanto, é conveniente uma análise de sensibilidade dos resultados em relação aos pesos inicialmente estabelecidos, no sentido de avaliar se há diferença significativa por variações incrementais na ponderação, identificando-as e analisando-as.

A função de preferência

A função de preferência (ou superação), utilizada para ordenar as alternativas segundo o conceito de dominância, transforma a diferença obtida entre duas alternativas em um grau de preferência que está na faixa entre 0 e 1. Brans and Vincke (1985) propuseram cinco diferentes tipos de funções de preferência de fácil aplicação sendo que para cada critério existe um valor “q” para a indiferença, um valor “p” para a preferência explícita e um valor intermediário “d” entre “p” e “q” que representa a diferença entre duas ações para um determinado critério. Neste trabalho será utilizada a função linear (Eq.1) definida como:

$$P_j(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{se } d_j < q_j \\ \frac{d_j - q_j}{p_j - q_j}, & \text{se } q_j < d_j < p_j \\ 1, & \text{se } d_j > p_j \end{cases} \quad (\text{Eq. 1})$$

A seguir são apresentados os principais passos para a aplicação do método PROMETHEE.

Passo 1: Determinação do desvio - comparação par a par (Eq. 2),

$$d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b) \quad (\text{Eq. 2})$$

onde $d_j(a, b)$ define a diferença entre a avaliação de a e de b em cada critério.

Passo 2: Aplicação da função preferência (Eq. 3),

$$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)] \quad j=1, \dots, k \quad (\text{Eq. 3})$$

onde $P_j(a, b)$ denota a preferência da alternativa a em relação a alternativa b em cada critério, em função de $d_j(a, b)$.

Passo 3: Cálculo da preferência global (Eq. 4),

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k w_j \times P_j(a, b) \quad \forall a, b \in A \quad (\text{Eq. 4})$$

onde $\pi(a, b)$ de a sobre b é definido como o a soma ponderada $p(a, b)$ para cada critério, e w_j e o peso associado ao j-ésimo critério.

Passo 4: Cálculo da classificação parcial (Eq. 5 e 6),

$$\phi_+(a) = \frac{1}{n+1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad (\text{Eq. 5})$$

$$\phi_-(a) = \frac{1}{n+1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (\text{Eq. 6})$$

onde $\phi_+(a)$ e $\phi_-(a)$ são fluxos positivos e negativos para cada alternativa, respectivamente.

Passo 5: Cálculo do PROMETHEE ranking completo (Eq. 7),

$$\Phi(a) = \phi_+(a) - \phi_-(a) \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que: $\phi_+(a)$ determina quanto a alternativa A domina as outras alternativas; $\phi_-(a)$ determina quanto as outras alternativas dominam a alternativa A, enquanto $\varphi(a)$ denota o fluxo de saída para cada alternativa.

A execução do algoritmo até a eq.5 do Passo 4 constitui-se no PROMETHEE I e fornece ranking parcial de alternativas. O PROMETHEE II fornece uma classificação completa das alternativas, desde as melhores até as piores, classificação baseada no fluxo líquido. A alternativa classificada como a melhor pode ser considerada a *benchmarking*, aquela definida como referência segundo o conjunto de critérios previamente estabelecidos.

AVALIAÇÃO DO ESPAÇO URBANO SOB ESTUDO

Coleta e tratamento dos dados

A Tabela 1 apresenta os valores das temperaturas média, mínima e máxima além da amplitude térmica no período de inverno para oito Espaços Urbanos (EU).

Tabela 1 – Valores médios de temperatura do ar. Período de coleta. Espaços Urbanos (EUs)

Pontos	Temperatura Média ar (°C)	Temperatura Mín ar (°C)	Temperatura Máx ar (°C)	Δ Temperatura (°C)
EU1	19,3	11,6	27,3	15,7
EU2	19,7	11,0	28,1	17,1
EU3	20,4	12,9	27,9	15,0
EU4	20,3	12,3	28,2	15,9
EU5	20,1	11,4	27,8	16,4
EU6	19,0	8,9	29,4	20,5
EU7	20,0	10,8	28,4	17,6
EU8	19,1	10,2	28,0	17,8

A temperatura média do ar apresentou diferenças de aproximadamente 1,4 °C, entre o espaço EU6 (19,0 °C) e o espaço EU3 (20,4 °C). Para os valores de temperatura do ar média máxima foi registrada uma variação máxima

aproximadamente de 2,1 °C, entre o espaço EU6 (29,4 °C) e o espaço EU1 (27,3°C). A localização do espaço EU6 em área residencial, com proximidade de região de fundo de vale e áreas abertas contribuiu para o aquecimento diurno. Já o espaço EU1, localizado no interior do Parque Urbano, apresentou menores valores, justificado pela obstrução do céu pelas copas das árvores.

Cao *et al.* (2010) relatam que o efeito do resfriamento dos parques depende da forma e áreas, de árvores e arbustos, e da condição de radiação solar sazonal. Os outros espaços apresentaram valores muito próximos, diferenças entre 0,5 °C. Além de apresentar a maior temperatura máxima, o ponto EU6 apresentou o menor valor de temperatura do ar mínima (8,9 °C). Em contrapartida, o espaço EU3 apresentou o maior valor (12,9 °C), diferença de aproximadamente 4,0 °C, entre o espaço mais frio, EU6. As maiores diferenças encontradas referem-se à amplitude térmica, entre os pontos EU6 (20,5 °C) e o espaço EU3 (15,0 °C), diferença aproximada de 5,5 °C. O espaço 3 localiza-se em região residencial de baixa densidade, porém com alta taxa de área construída e pavimentada e baixa taxa de porcentagem de espaço natural (vegetação, corpo hídrico e solo exposto). Destaca-se também a baixa amplitude do espaço EU1, 15,7 °C.

A análise descritiva acima caracteriza um problema com múltiplos critérios, com situação conflitante entre os critérios, de natureza complexa, subjetiva e mal estruturado para um processo de avaliação. Esta constatação leva a aplicação do método PROMETHEE como uma forma de estabelecer um ranking para classificação dos espaços segundo os critérios adotados para definição do desempenho térmico de um espaço urbano.

A Tabela 2 apresenta os pontos de estudo distribuídos por quatro critérios; amplitude de temperatura, percentagem de corpo d'água, percentagem de superfície permeável e percentagem de área superfície impermeável. Mostra também a maior diferença entre as medidas de cada critério e o que será considerado como parâmetro de indiferença, tomado como 10% da maior diferença. Por exemplo, a maior diferença entre a maior medida de temperatura e (20,5 °C) e a menor (15 °C) é de 5,5 °C. A indiferença, é o valor que traduz a incerteza de qual espaço é predominante em relação ao outro e foi tomada como 10% da maior amplitude entre as medidas para os três primeiros critérios e como 2% para Área Impermeável.

Tabela 2 – Caracterização dos espaços em estudo

EU	Δ Temperatura	% Corpo Água	% Área Permeável	% Área Impermeável
EU1	15,7	16,5	38,5	45
EU2	17,1	6	50	44
EU3	15	0	10	90
EU4	15,9	4,5	18	77,5
EU5	16,4	0	57	43
EU6	20,5	2	63	35
EU7	17,6	0	27,5	72,5
EU8	17,8	0	94	6
Maior Difer.	5,50000	16,50000	84,00000	84
Indiferença	0,55000	1,65000	8,40000	2

Crítérios de avaliação

Seguindo a literatura, tomou-se como critérios de avaliação a variação da temperatura (representada pela Amplitude Térmica), a fração de áreas permeáveis, a fração de áreas impermeáveis e a fração de corpo d'água, como mostrado na Tabela 2. Estudos indicam que a presença de corpos d'água no ambiente são responsáveis pelo resfriamento evaporativo, reduzindo assim o efeito de aquecimento (GUPTA; MATHEW; KHANDELWAL, 2018; MASIERO; SOUZA, 2013).

Por outro lado, a maior variação de temperatura do ar (Δ temp.) e maior fração de corpo d'água foram considerados como elementos que contribuem para o resfriamento urbano. Por outro lado, o incremento de áreas verdes contribui para a mitigação do efeito da ilha de calor urbana (ALCHAPAR *et al.*, 2017; BOWLER *et al.*, 2010; CHANG; LI, 2014; PEZZUTO *et al.*, 2015). Em contrapartida, o incremento da temperatura do ar é influenciado pela relação da geometria urbana e estrutura. Entre elas as estruturas ao nível do solo tais como, paredes, superfícies de telhados, áreas pavimentadas, entre outros (RIZWAN; DENNIS; LIU, 2008).

Neste sentido, o aumento de as áreas impermeáveis (soma da área pavimentada e edificada) foi tomado como fator negativo às condições climáticas ideais.

O método PROMETHEE faz a comparação par a par das alternativas em cada critério. Tomando como exemplo, a comparação entre EU1 e EU2 é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise comparativa entre EU1 e EU2

EU	Δ Temperatura	%Corpo Água	% Área Permeável	% Área Impermeável
EU1	15,7	16,5	38,5	45
EU2	17,1	6	50	44
Diferença	- 1,4	10,5	11,5	1

Dos resultados da Tabela 3 conclui-se que a EU2 supera a EU1 em variação de temperatura e área permeável enquanto a EU1 supera a EU2 em áreas permeáveis verdes.

A diferença em área impermeável não é significativa por ser menor que o valor de indiferença especificado. A aplicação da eq. 1. Aos resultados obtidos na Tabela 3 estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultado da comparação segundo a função de preferência

EU	Δ Temperatura	% Corpo Água	% Área Permeável	% Área Impermeável
EU1	0	1	0	0,5
EU2	1	0	1	0,5

Para a avaliação final deve ser atribuído um peso para cada critério segundo os objetivos do estudo e sustentados pela experiência do decisor. No sentido de avaliar a sensibilidade à variação dos pesos na classificação final dos espaços foram propostos quatro diferentes cenários como apresentado na Tabela 5. O primeiro cenário considera todos os critérios como de mesma importância, pesos iguais. O segundo cenário atribui maior importância aos espaços com maior porcentagem de corpo d'água e os outros critérios com pesos iguais. O terceiro cenário considera como mais importante a variação de temperatura do ar (maior amplitude térmica) e peso intermediário para a

presença de corpo d’água e o quarto considera que a porcentagem de área permeável e menor porcentagem de área impermeável (soma da área pavimentada e área edificada) podem atuar no resfriamento do ambiente urbano na escala local.

Tabela 5 – Cenários de pesos

Cenário	Pesos	Pesos	Pesos	Pesos
	Δ Temperatura do Ar (°C)	% de Corpo d’água	% de Área Permeável	% de Área Impermeável
1	0,25	0,25	0,25	0,25
2	0,17	0,5	0,17	0,17
3	0,5	0,3	0,1	0,1
4	0,1	0,1	0,4	0,4

A Tabela 6 apresenta os resultados para os quatro cenários propostos na Tabela 3. Para os três primeiros cenários o espaço com o melhor desempenho quanto ao clima foi o EU6. Este resultado deveu-se à existência de maior variação de temperatura entre todos os espaços em estudo e à existência de corpo d’água. Este espaço se coloca em segundo lugar mesmo quando as ponderações para as áreas permeáveis são maiores. O espaço EU8 se destaca para o último cenário, quando foi dada maior ponderação a existência de áreas permeáveis.

Por outro lado, o espaço EU3 foi o de pior desempenho para todos os cenários de ponderação. Isto porque apresenta a menor variação de temperatura, nenhuma percentagem de corpo d’água, a menor percentagem de área permeável e, por conseguinte, maior percentagem de área impermeável.

Em conclusão, o melhor espaço para diferentes cenários resultantes de atribuição de pesos diferentes atribuídos as quatro variáveis consideradas na análise foi o espaço 6, e este deve ser tomado pelos gestores como benchmarking para estabelecimentos de políticas públicas de melhoria de outros espaços ou para novos espaços a serem criados.

Tabela 6 – Resultados da avaliação dos espaços para diferentes pesos

Espaços	CENÁRIOS			
	1	2	3	4
EU1	0,368	0,490	0,355	0,35832
EU2	0,469	0,525	0,489	0,46412
EU3	0,070	0,098	0,060	0,05667
EU4	0,365	0,462	0,394	0,33423
EU5	0,370	0,294	0,305	0,40565
EU6	0,577	0,534	0,617	0,58408
EU7	0,318	0,275	0,385	0,2974
EU8	0,566	0,426	0,500	0,60292
Máx	0,577	0,534	0,617	0,603
Mín	0,070	0,098	0,060	0,057

CONCLUSÕES

A tomada de decisão da forma de ocupação territorial por um agente público é função de variáveis qualitativas e quantitativas, influencia no microclima de uma região e tem reflexo na percepção do conforto térmico de seus habitantes. A combinação de áreas verdes, superfície asfáltica, espelho d'água e edificações são variáveis que contribuem para a definição de um espaço urbano confortável termicamente. Para a análise espacial de cada espaço as características acima são representadas por indicadores. A combinação desses indicadores em um índice representa a análise espacial do ecossistema em estudo e pode revelar informações importantes em relação ao uso do ecossistema e contribuir para o processo de definição de padrões de referência de políticas públicas e planejamento dentro de um espaço urbano.

REFERÊNCIAS

ALCHAPAR, N. L. *et al.* The impact of different cooling strategies on urban air temperatures: the cases of Campinas, Brazil and Mendoza, Argentina. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 130, n. 1-2, p. 35-50, 2017.

BALALI, V.; ZAHRAIE, B.; ROOZBAHANI, A. A comparison of AHP and PROMETHEE Family decision making methods for selection of building structural system. v. 2, n. 5, p. 149-159, 2014.

BEHZADIAN, M. *et al.* PROMETHEE: a comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research**, v. 200, n. 1, p. 198-215, 2010.

BOWLER, D. E. *et al.* Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, v. 97, n. 3, p. 147-155, 2010.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. A preference ranking organisation method: (The PROMETHEE method for multiple criteria decision-making). **Management Science**, v. 31, n. 6, p. 647-656, 1985.

CAO, X. *et al.* Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. **Landscape and Urban Planning**, v. 96, n. 4, p. 224-231, 2010.

CHANG, C. R.; LI, M. H. Effects of urban parks on the local urban thermal environment. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 13, n. 4, p. 672-681, 2014.

DACANAL, C. **Fragmentos florestais urbanos e interações climáticas em diferentes escalas: estudo em Campinas, SP.** 2011. Tese (doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, Campinas, SP, 2011.

FERREIRA, L. S.; DUARTE, D. H. S. Exploring the relationship between urban form, land surface temperature and vegetation indices in a subtropical megacity. **Urban Climate**, v. 27, n. november 2018, p. 105-123, 2019.

GOOGLE-EARTH. **Mapa.** Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>. Acesso em: 19 mar. 2019.

GUPTA, N.; MATHEW, A.; KHANDELWAL, S. Analysis of cooling effect of water bodies on land surface temperature in nearby region: A case study of Ahmedabad and Chandigarh cities in India. **Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, v. 22, n. 1, p. 81-93, 2018.

IBGE. **Banco de dados cidades:** informações sobre municípios brasileiros. instituto brasileiro de geografia e estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/campinas.html>. Acesso em: 18 mar. 2021.

KIYOUTAKA, N. Recent trends with of urban special climatological emphasis on the studies thermal areas in Japan, environments. **Geographical Review of Japan**, v. 69 (Ser B), n. 2, p. 206-224, 1996.

LECONTE, F. *et al.* Using local climate zone scheme for UHI assessment: evaluation of the method using mobile measurements. **Building and Environment**, v. 83, p. 39-49, 2015.

MACHARIS, C.; VERBEKE, A.; DE BRUCKER, K. The strategic evaluation of new technologies through multicriteria analysis: the advisors case. **Research in Transportation Economics**, v. 8, n. 4, p. 443-462, 2004.

MASIERO, E.; SOUZA, L. C. L. de. Variação de umidade absoluta e temperatura do ar intraurbano nos arredores de um corpo d'água. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 4, p. 25-39, 2013.

MCT/INPE/CPTEC-INMET. PROGCLIMA - Boletim de prognóstico climático. **PROGCLIMA**, v. 7, p. 1-

2, 2013.

MONTEZUMA, R. C. M.; PEZZUTO, C. C.; ALBUQUERQUE, C. T. Análise microclimática na interface de áreas vegetadas e edificadas. *In*: UFGD (Ed.). **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados, MS: [s.n.], [s.d]. p. 221–242.

NDUKA, I. C.; ABDULHAMED, A. I. Classifying urban climate field sites by “Thermal Climate Zones” the case of Onitsha Metropolis. **Research Journal of Environmental and Earth sciences**, v. 3, n. 2, p. 75-80, 2011.

NORO, M.; LAZZARIN, R. Urban climate urban heat island in Padua, Italy: Simulation analysis and mitigation strategies. **URBAN CLIMATE**, 2015.

OKE, T. R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. **IOM Report**, n. 81, WMO=TD No. 1250, 2006.

PAULA, P. B. L. de; CERRI, L. E. da S. Aplicação do processo analítico hierarquico (Ahp) para priorização de obras de intervenção em áreas e setores de risco geológico. **Geociências**, v. 31, n. 2, p. 247-257, 2012.

PEZZUTO, C. C. *et al.* Avaliação do comportamento térmico de áreas verdes em diferentes configurações de entorno imediato - estudo de caso em regiões metropolitanas do Brasil. **Cadernos da Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa**, v. 8, p. 104-113, 2015.

PEZZUTO, C. C.; CARVALHO, M. F. H. de; MOTA, L. T. M. Diferentes enfoques para avaliação do microclima urbano. **Cadernos PROARQ**, v. 26, p. 54-69, 2016.

RIZWAN, A. M.; DENNIS, Y. C. L.; LIU, C. A review on the generation, determination and mitigation of urban heat island. **Journal of Environmental Sciences**, v. 20, n. 1, p. 120-128, 2008.

SKELHORN, C.; LINDLEY, S.; LEVERMORE, G. Landscape and urban planning the impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city: a fine scale assessment in Manchester, UK. **Landscape and Urban Planning**, v. 121, p. 129-140, 2014.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879-1900, 2012.

TURCKIN, L.; BERNARDINI, A.; MACHARIS, C. A combined AHP-PROMETHEE approach for selecting the most appropriate policy scenario to stimulate a clean vehicle fleet. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 20, n. June 2014, p. 954-965, 2011.

Capítulo 6

APLICAÇÃO DE PAVIMENTOS FRIOS COMO ESTRATÉGIA DE MITIGAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR: MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

Nicolas Jorge Vianna²²

Regina Marcia Longo²³

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico e social de áreas rurais e urbanas vem emergindo com o crescimento populacional, provindo assim maior área pavimentada, como ruas, calçadas, estacionamentos, praças, dentre outros (LI, 2015), as quais podem contabilizar cerca de 29-39% da área urbana total ocupada (AKBARI; ROSE, 2008). Ademais, grande parte da área pavimentada possui baixa refletância solar (5-25%), resultando assim em maior absorção e armazenamento de calor (XIE *et al.*, 2020).

No Brasil, grande parte da malha rodoviária é pavimentada em concreto asfáltico. Em razão da alta inércia térmica e da superfície escura, esse material é propício a absorver e armazenar irradiação solar (CHEELA *et al.*, 2021; QUIN, 2015). Em adição, a alteração da ocupação do solo tornaria a sua superfície, antes permeável, em grande parte dos casos impermeável (DI MARIA *et al.*, 2013; EPA, 2008a; XIE *et al.*, 2020), alterando, consequentemente, a forma como ocorrem as trocas de calor entre a superfície e o ambiente (ZHU *et al.*, 2021).

Portanto, as áreas pavimentadas acabam desempenhando um papel intrínseco no equilíbrio térmico urbano (XU *et al.*, 2021). Como resultado, este desenvolvimento contribui para a formação do fenômeno ilhas de calor, nas

²² Engenheiro civil, mestrando em Sistemas de Infraestrutura Urbana pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas. E-mail: nicolas.jv1@puccampinas.edu.br

²³ Professora doutora, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. E-mail: regina.longo@puc-campinas.edu.br

quais áreas urbanas e suburbanas apresentam temperaturas mais elevadas àquelas regiões rurais ao seu entorno (EPA, 2008a).

Dentre outros fatores contribuintes para a intensificação deste fenômeno, ressalta-se a carência de áreas verdes e permeáveis (limitando assim sombras e a evapotranspiração), a utilização de materiais com baixa refletância solar (albedo), geometrias urbanas que retenham calor e/ou reduzam a velocidade do vento e a concentração de atividades que liberam calor devido ao uso de combustíveis fósseis (LI, 2015; WANG; BERARDI; AKBARI, 2016).

Como consequências da elevada temperatura em centros urbanos, destacam-se: maior demanda de energia para resfriar prédios e casas durante o verão, aumento da emissão de poluentes atmosféricos (prejudicando a qualidade do ar), baixa qualidade da água e, especialmente, desconforto e risco à saúde humana – risco de morbidade e doenças devido ao calor (LI, 2015; MOHAJERANI; BAKARIC; JEFFREY-BAILLEY, 2017).

Visto que o sistema de infraestrutura e o ambiente construído interferem diretamente na economia e no meio ambiente, pesquisas tem focado nas ciências dos materiais, tecnologias e operações sustentáveis que visam maximizar a performance econômica e ambiental (LI, 2015).

Distintas técnicas e estratégias de mitigação vêm sendo propostas com sucesso com o objetivo de resfriar as cidades (SANTAMOURIS, 2013), sendo sua maioria baseadas em dois aspectos, arborização e vegetação urbana (*greening*) e a adoção de materiais frios, *cool materials* (ZHU *et al.*, 2021).

A aplicação de materiais frios torna-se vantajosa devido à sua fácil aplicabilidade, a qual pode ser realizada tanto em estruturas novas quanto naquelas já existentes, estendendo assim a vida útil de projeto (KOLOKOTSA *et al.*, 2018). A utilização desses materiais é comumente empregada em telhados, fachadas e pavimentos, sendo este o foco de estudo deste artigo.

Segundo a Environmental Protection Agency (2008b), *cool pavements* (pavimentos frios, em português) é uma tecnologia que tende a armazenar menos calor e apresentam uma temperatura, na superfície, inferior a um pavimento convencional. Essa tecnologia vem sendo empregada e desenvolvida com sucesso com o intuito de mitigar o efeito das ilhas de calor, apesar da ausência de definições oficiais e normas diretrizes (XU *et al.*, 2021).

Antigamente, esse termo se referia majoritariamente aos pavimentos reflexivos. Entretanto, com o aumento da popularização dos pavimentos permeáveis, o termo tornou-se mais abrangente, englobando assim outras tecnologias que resultam na mesma finalidade (EPA, 2008b). Logo, a terminologia [*cool pavements*] engloba distintos pavimentos cuja tecnologias resultam na modificação da absorção, evaporação e no armazenamento de calor (QUIN, 2015). Desta forma, poder-se-á classificá-los em três principais grupos: pavimentos reflexivos, pavimentos evaporativos e pavimentos com modificação nas propriedades térmicas.

O uso de pavimentos reflexivos são os mais estudados e os que apresentam maior relação custo-benefício para mitigar as ilhas de calor (MOHAJERANI; BAKARIC; JEFFREY-BAILLEY, 2017), sendo o seu emprego recomendado para regiões secas e quentes no verão, com uma grande área exposta ao sol (QUIN, 2015). Essa tecnologia tem como princípio o aprimoramento da refletância e do albedo do material, visando assim a reduzir a temperatura superficial e o calor sensível liberado ao ambiente (XIE *et al.*, 2019a). Para reduzir a energia solar absorvida, considera-se a aplicação de um revestimento branco ou de coloração clara e/ou a redução da rugosidade da superfície (CHEELA *et al.*, 2021).

A aplicação de pavimentos reflexivos acarreta distintas vantagens, como a redução no uso de energia urbana, melhor qualidade do ar, melhor iluminação à noite e em situações adversas e reduz as tensões devido aos diferenciais térmicos nos pavimentos, aumentando, conseqüentemente, a sua durabilidade (QUIN, 2015).

Em concordância com Chen, Wang e Zhu (2017), a utilização de pavimentos reflexivos é pouco efetiva em ruas cercadas por prédios altos. Para isso, a utilização de pavimentos com modificações nas propriedades térmicas acaba sendo mais eficaz. Essa modificação realizada ao pavimento pode ser quanto a capacidade de convecção ou armazenamento de calor.

Sabe-se que as propriedades dos materiais influenciam diretamente no comportamento térmico do pavimento e, conseqüentemente, na performance do ambiente construído (LI, 2015). A condutividade térmica descreve a velocidade na qual o calor é conduzido à estrutura, influenciando assim na temperatura ao longo das espessuras do pavimento. A capacidade térmica

informa a quantidade de energia que um material pode reter por metro cúbico (XU *et al.*, 2021).

Em concordância com Xu *et al.* (2021), pavimentos com alta condutividade e capacidade térmica são recomendados para centros urbanos cujo efeito das ilhas de calor é dominante ao longo do dia, enquanto os pavimentos com baixa condutividade e capacidade térmica possuem sua aplicação mais plausível naquelas em que o efeito das ilhas de calor é mais severo à noite.

Por sua vez, pavimentos evaporativos vêm recebendo grande atenção e estudos em razão de sua função de resfriamento por meio da evaporação d'água (MOHAJERANI; BAKARIC; JEFFREY-BAILLEY, 2017). Todavia, certa disponibilidade de água, proveniente das chuvas, é necessária para o desempenho satisfatório desta tecnologia (XIE *et al.*, 2019a; KUBILAY *et al.*, 2020), podendo então ser um problema, dependendo da região e da estação do ano.

Os pavimentos evaporativos, em especial os permeáveis, resultam em distintos benefícios sociais, como a redução no escoamento superficial e infiltração das águas providas das chuvas, redução do barulho (devido à presença de poros) e melhores condições ao tráfego (QUIN, 2015).

OBJETIVO

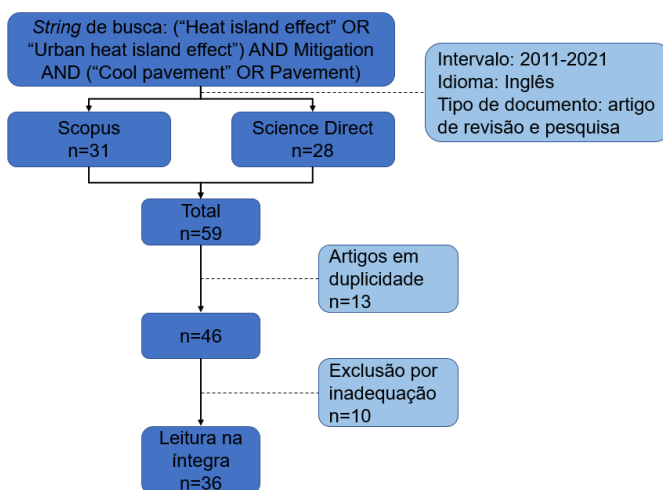
O presente artigo teve por objetivo apresentar um mapeamento sistemático da literatura a respeito do tema “estratégia de mitigação do efeito ilhas de calor por meio de pavimentos frios” a partir de artigos científicos publicados, nos últimos dez anos, com o intuito de identificar, no âmbito acadêmico, os principais desenvolvimentos pertinentes ao tema.

METODOLOGIA

Como proposta metodológica deste trabalho, realizou-se um mapeamento sistemático da literatura acerca do tema “pavimentos frios (*cool pavements*) como estratégia de mitigação das ilhas de calor”. A Figura 1 apresenta, de forma sucinta, o fluxograma empregado no desenvolvimento deste trabalho, o qual pode ser retratado em quatro partes intrínsecas: a)

definição da *string* de busca e suas limitações; b) pesquisa em bases de dados seguida da eliminação dos artigos em duplicidade; c) triagem dos artigos com base no título e resumo; e d) análise na íntegra dos artigos selecionados.

Figura 1 – Fluxograma aplicado na metodologia



Fonte: Autoria própria (2021).

Para isso, o mapeamento sistemático da literatura foi realizado com auxílio das bases de dados Scopus e Science Direct, cujo período de busca foi compreendido entre os anos de 2011 e 2021. As bases de dados foram consultadas por meio do portal da Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, a qual se deu no dia 20 de abril de 2021.

Neste artigo, a busca por publicações foi delimitada por meio das seguintes palavras-chaves (em inglês): *heat island effect* ou *urban heat island effect*; *mitigation*; e *cool pavements* ou *pavement*. A *string* de busca é esquematizada na Figura 1, a qual foi aplicada com restrição ao aparecimento no título do artigo, no resumo e/ou nas palavras-chave. Em adição, filtros de busca limitando somente a artigos de pesquisa ou revisão, em inglês, foi adicionado.

Obteve-se um total de 59 documentos, sendo 31 e 28 referentes às bases de dados Scopus e Science Direct, respectivamente. A Tabela 1 apresenta a quantidade de cada tipo de artigo (pesquisa ou revisão) obtidos.

Tabela 1 – Separação por tipo de documento encontrado no mapeamento sistemático da literatura

Tipo de artigo	Scopus	Science Direct
Artigos de pesquisa	28	25
Artigos de revisão	3	3

Fonte: Autoria própria (2021).

Os documentos coletados foram posteriormente analisados no Software Microsoft Excel®. A função “eliminar duplicatas” foi utilizada visando a excluir artigos em duplicidade que tenham sido obtidos pelas plataformas de busca. Desta maneira, 13 artigos foram excluídos, totalizando, portanto, 46 artigos, dentre os quais realizou-se uma primeira triagem com base no título e resumo.

Após a análise, aferiu-se que 36 artigos, do total, enquadram-se na temática em questão, ou seja, a utilização de pavimentos frios como estratégia de mitigação do efeito das ilhas de calor. Dentre os motivos de exclusão por inadequação, cumpre ressaltar artigos que tratavam da mitigação das ilhas de calor por meio de telhados frios (*cool roofs*), telhados verdes (*green roofs*) e/ou arborização, estudo da refletância de materiais frios voltados a fachadas e coberturas e, por fim, fluxo de calor em centros urbanos, que, apesar de apresentar a alternativa de pavimentos refletivos, não era o foco do estudo.

Os artigos selecionados foram avaliados na íntegra, buscando assim investigar os principais fatores que estão sendo estudados na atualidade. Os seguintes dados foram coletados: ano de publicação, palavras-chave, instituição referente ao autor principal e o tipo de pavimento analisado. Para melhor visualização, empregaram-se recursos gráficos para apresentar os dados coletados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 apresenta as principais palavras-chave referentes aos artigos analisados. Em razão da grande versatilidade e abrangência do tema, distintas palavras-chave foram obtidas, destacando-se somente aqueles referentes ao

tema global, como *urban heat island* (13 vezes) e *cool pavement* (5 vezes). As demais palavras em destaque apresentaram baixa incidência por serem específicas ao tema abordado em cada artigo. Com isso, palavras tais como *permeable pavement* (4 vezes), *solar reflectance* (4 vezes) e *reflective coating* (3 vezes) demonstram a tendência dos estudos que vêm sendo abordados pela literatura nos últimos anos.

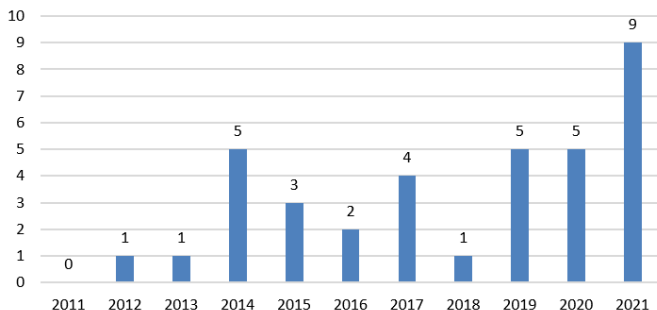
Figura 2 – Wordcloud das principais palavras-chaves encontradas nos artigos analisados



Fonte: Autoria própria (2021).

Como representado no Gráfico 1, o ano de 2021, até a presente data, foi o que mais resultou em publicações acerca do tema pesquisado (9 artigos, no total). No período de busca, dentre aqueles com publicações, o ano de 2018 foi o que apresentou menos resultados (uma publicação), seguido então de anos com expressivo aumento. Logo, as 19 publicações referentes aos últimos três anos (2019-2021) compreendem cerca 52,77% da quantidade total de artigos publicados, podendo essa tendência de crescimento ser profundamente analisada em estudos posteriores.

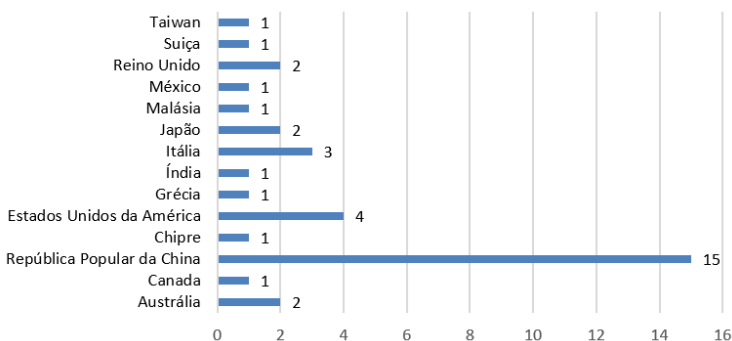
Gráfico 1 – Quantidade de artigos publicados ao longo dos anos



Fonte: Autoria própria (2021).

Analisando o cenário internacional (ver Gráfico 2), obteve-se que o maior volume de artigos publicados é referente à República Popular da China, com 15 artigos no total, seguido então dos Estados Unidos e Itália, com 4 e 3 publicações, respectivamente.

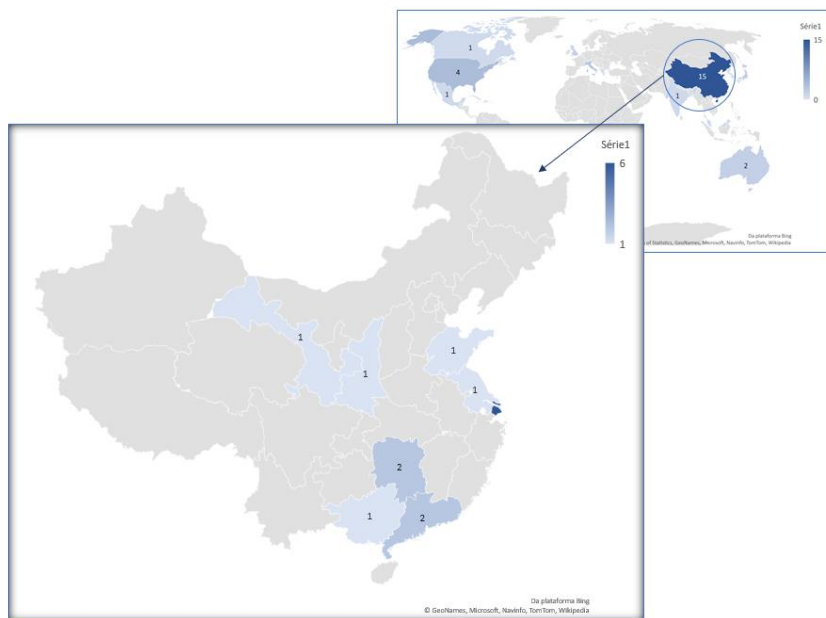
Gráfico 2 – Quantidade de artigos referentes aos países dos autores principais



Fonte: Autoria própria (2021).

Tendo em vista a quantidade expressiva de publicações concernentes à República Popular da China, buscou-se analisar a distribuição de publicações ao longo de seu território, como indicado na Figura 3. Observa-se que Xangai foi a província com maior quantidade de publicações, totalizando 6. Ao sul da República Popular da China, Hunan e Guangdong apresentaram duas publicações cada. Por fim, as províncias Gansu, Guangxi, Jiangsu, Shaanxi e Shandong apresentaram uma publicação.

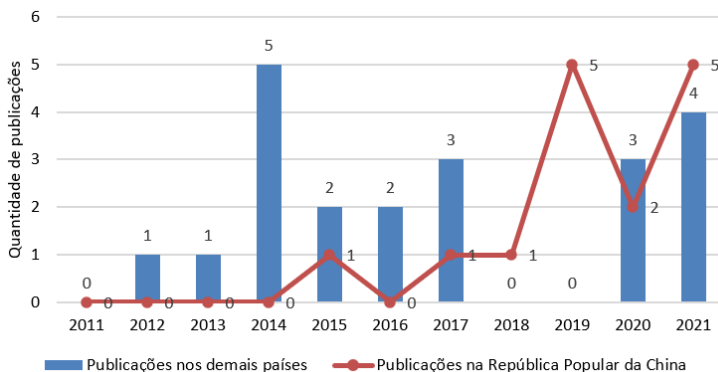
Figura 3 – Quantidade de publicações ao longo do território da República Popular da China



Fonte: Autoria própria (2021).

Em adição, buscou-se analisar o desenvolvimento das publicações referentes à República Popular da China em comparação com os demais países (ver Gráfico 3), ao longo dos últimos dez anos. Nota-se que a primeira publicação, compreendida dentro do período de busca, ocorreu no ano de 2015. Por sua vez, nos anos de 2018 e 2019, a quantidade de publicações representaram 100,00% do total, enquanto em 2020 e 2021, totalizaram 40,00% e 55,56%, respectivamente, mostrando assim grande impacto e contribuição científica no cenário mundial.

Gráfico 3 – Comparação entre a quantidade de artigos publicados referentes à República Popular da China e os demais países



Fonte: Autoria própria (2021).

Com base nos artigos selecionados para a análise na íntegra, buscou-se indicar as principais tecnologias (pavimentos reflexivos, pavimentos evaporativos ou pavimentos com propriedades térmicas modificadas) abordadas por cada autor, conforme esquematizado na Tabela 2.

Ademais, o tópico “Outros” foi adicionado para caracterizar os artigos que abordavam os seguintes assuntos: pavimentos ou materiais frios em geral, não retratando assim uma tecnologia em específico, estudo das propriedades térmicas dos materiais, análise de políticas públicas e relação custo-benefício de ações para a mitigação das ilhas de calor.

Tabela 2 – Análise dos artigos selecionados e tecnologias de pavimentos estudada pelos autores

Tecnologia	Total	Autores
Pavimentos reflexivos	17	Cheela <i>et al.</i> (2021), Chen <i>et al.</i> (2021), Xu <i>et al.</i> (2021), Zhu <i>et al.</i> (2021), Xie <i>et al.</i> (2020), Zhang e Ayyub (2020), Xie <i>et al.</i> (2019a), Xie <i>et al.</i> (2019b), You <i>et al.</i> (2019), Mohajerani, Bakaric e Jeffrey-Bailley (2017), Quin (2015), Tukiran, Ariffin e Ghani (2015), Wang, Berardi e Akbari (2015), Georgakis, Zoras e Santamouris (2014), Lin e Ichinose (2014), Rossi <i>et al.</i> (2014), Lee e Kohm (2014).
Pavimentos evaporativos	14	Ge <i>et al.</i> (2021), Hu, T. Ma e K. Ma (2021), Xu <i>et al.</i> (2021), Huang e Chen (2020), Kubilay <i>et al.</i> (2020), Liu, Li e Yu (2020), Xie, Akin e Shi (2019), Wang <i>et al.</i> (2019), Wang <i>et al.</i> (2018), Mohajerani, Bakaric e Jeffrey-Bailley (2017), Quin (2015), Li, Harvey e Ge (2014), Takebayashi e Moriyama (2012), Lee e Kohm (2014).
Pavimentos com propriedades térmicas modificadas	4	Xie e Wang (2021), Xu <i>et al.</i> (2021), Chen, Wang e Zhu (2017), Quin (2015).
Outros	7	Anupam, Anjali Balan e Sharma (2021), Battista, E.L. Vollaro e R.L. Vollaro (2021), Estrada, Botzen e Tol (2017), Nasir, Hughes e Calautit (2017), Despini <i>et al.</i> (2016), Kakoniti <i>et al.</i> (2016), Di Maria <i>et al.</i> (2013).

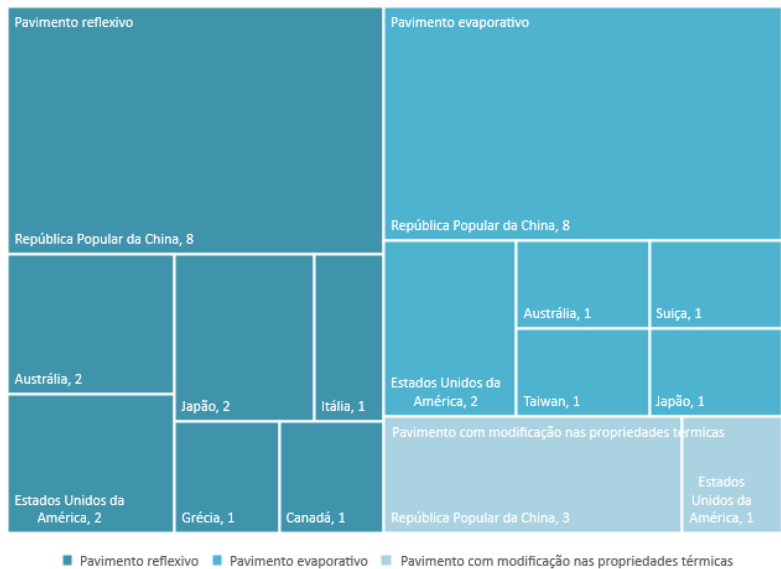
Fonte: Autoria própria (2021).

Portanto, nota-se que os pavimentos reflexivos e evaporativos são os que mais se destacam na literatura, sendo abordados em 47,22 e 38,89% do total de artigos, respectivamente. Por fim, os pavimentos com modificações nas propriedades térmicas foram abordados em 11,11% das publicações analisadas.

Ademais, buscou-se correlacionar a quantidade de publicações quanto à tecnologia de pavimento estudada e ao país referente à afiliação do autor principal, como retratado na

Figura 4. Como resultado, nota-se que a República Popular da China se destacou nas três categorias, apresentando oito publicações abordando sobre pavimentos reflexivos, oito quanto aos pavimentos evaporativos e três sobre pavimentos com modificação nas propriedades térmicas.

Figura 4 – Comparativo das publicações de cada país acerca das tecnologias de pavimentos reflexivos, evaporativos e com modificações nas propriedades térmicas



Fonte: Autoria própria (2021).

CONCLUSÃO

Atualmente, pesquisas vêm focando em estratégias passivas para mitigar o efeito das ilhas de calor, destacando-se então a aplicação de pavimentos frios. Com isso, este trabalho teve por objetivo levantar um mapeamento sistemático da literatura acerca deste tema, nos últimos dez anos, com o intuito de determinar as principais tecnologias e direcionamento das pesquisas.

Cumprе salientar que os resultados obtidos neste estudo são cabíveis somente a amostragem obtida pelas bases de dados Science Direct e Scopus. Ainda assim, as ferramentas mostraram-se adequadas para a busca de documentos, possibilitando um entendimento mais amplo quanto ao tema abordado.

A busca por publicações nos bancos de dados resultou em 46 artigos, sendo que um total de 36 artigos foram analisados na íntegra. A quantidade de

publicações científicas tivera um crescimento acentuado nos últimos anos (2019-2021), compreendendo cerca de 52,77% do total.

Com relação aos países referentes aos autores principais, a República Popular da China destaca-se com relação aos demais, apresentando um total de 15 publicações, dentre as quais trata-se majoritariamente sobre pavimentos reflexivos e evaporativos. Destarte, Xangai, Hunan e Guangdong destacaram-se como as províncias com mais publicações dentro do território da República Popular da China.

Observou-se que o foco atual nas pesquisas científicas vem sendo quanto a tecnologia de pavimentos reflexivos e evaporativos, os quais constatou-se que foram abordados em 47,22 e 38,89% do total de artigos, respectivamente.

Com respeito aos pavimentos reflexivos, observou-se que estudos têm focado na aplicação e desenvolvimento de revestimentos e selantes, utilização de pigmentos coloridos e termocrômico e em determinadas propriedades dos materiais, como o albedo e a performance térmica.

Devido ao aprimoramento da refletância e do albedo do material, é possível reduzir a temperatura superficial e o calor sensível liberado ao ambiente. Contudo, a exposição do pavimento ao clima e ao envelhecimento podem acabar degradando significativamente a sua performance térmica, propriedades óticas e, conseqüentemente, o efeito de resfriamento do pavimento. Entretanto, o estudo da durabilidade dos materiais ainda se encontra em um estágio preliminar, sendo cabíveis futuras pesquisas.

Quanto à tecnologia de pavimentos evaporativos, destacam-se os pavimentos permeáveis, porosos e retentores de água. O aumento da porosidade permite com que a água infiltre na estrutura, sendo que juntamente com a absorção de calor (irradiação solar), a água presente nos poros é evaporada, resultando no resfriamento da estrutura e, conseqüentemente, contribuindo na mitigação do efeito das ilhas de calor.

Conclui-se que a aplicação de pavimentos frios, sejam reflexivos, evaporativos, ou com modificações nas propriedades térmicas, são vantajosos para o desenvolvimento sustentável de uma sociedade e como estratégia de mitigação do efeito das ilhas de calor. Entretanto, a análise do cenário no qual serão empregados é imprescindível para que se possa aplicar o melhor sistema em termos de desempenho e maximizar a relação custo-benefício.

Em razão da quantidade notória de publicações reveladas na República Popular da China, recomenda-se, como trabalhos futuros, a busca por incentivos e políticas públicas acerca da aplicação de pavimentos frios, mais especificamente voltadas aos pavimentos evaporativos e reflexivos. Destarte, aconselha-se, também, a busca por essas informações nos Estados Unidos da América e no continente Europeu.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao aporte financeiro concedido pelo Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições Comunitárias de Ensino Superior – PROSUC/CAPES – Código de financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- AKBARI, H.; ROSE, L. S. Urban surfaces and heat island mitigation potentials. **Journal of the Human-environment System**, v. 11, n. 2, p. 85-101, 2008.
- ANUPAM, B. R.; ANJALI BALAN, L.; SHARMA, S. Thermal and mechanical performance of cement concrete pavements containing PVC-glass mix. **Road Materials and Pavement Design**, p. 1-13, 2021.
- BATTISTA, G.; VOLLARO, E. de L.; VOLLARO, R. de L. How cool pavements and green roof affect building energy performances. **Heat Transfer Engineering**, p. 1-15, 2021.
- CHEELA, V. R. *et al.* Combating urban heat island effect—a review of reflective pavements and tree shading strategies. **Buildings**, v. 11, n. 3, p. 93, 2021.
- CHEN, J.; WANG, H.; ZHU, H. Analytical approach for evaluating temperature field of thermal modified asphalt pavement and urban heat island effect. **Applied Thermal Engineering**, v. 113, p. 739-748, 2017.
- CHEN, Z. *et al.* Long-term photo oxidation aging investigation of temperature-regulating bitumen based on thermochromic principle. **Fuel**, v. 286, p. 119403, 2021.
- DESPINI, F. *et al.* Correlation between remote sensing data and ground based measurements for solar reflectance retrieving. **Energy and Buildings**, v. 114, p. 227-233, 2016.
- DI MARIA, V. *et al.* Urban heat island effect: thermal response from different types of exposed paved surfaces. **International Journal of Pavement Research & Technology**, v. 6, n. 4, 2013.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Reducing urban heat islands**: compendium of strategies, cool pavements. US EPA, 2008b. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100RPJ6.PDF?Dockkey=P100RPJ6.PDF>. Acesso em: 12 abr. 2021.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Reducing urban heat islands**: compendium of strategies, urban heat island basics. US EPA, 2008a. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100RPJ6.PDF?Dockkey=P100RPJ6.PDF>. Acesso em: 12 abr. 2021.

ESTRADA, F.; BOTZEN, W.J.W.; TOL, R.S.J. A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 6, p. 403-406, 2017.

GE, N. *et al.* Mechanical responses analysis and modulus inverse calculation of permeable asphalt pavement under dynamic load. **International Journal of Transportation Science and Technology**, 2021.

GEORGAKIS, C.; ZORAS, S.; SANTAMOURIS, M. Studying the effect of “cool” coatings in street urban canyons and its potential as a heat island mitigation technique. **Sustainable Cities and Society**, v. 13, p. 20-31, 2014.

HU, J.; MA, T.; MA, K. DEM-CFD simulation on clogging and degradation of air voids in double-layer porous asphalt pavement under rainfall. **Journal of Hydrology**, v. 595, p. 126028, 2021.

HUANG, J.M.; CHEN, L.-C. A numerical study on mitigation strategies of urban heat islands in a tropical megacity: a case study in Kaohsiung city, Taiwan. **Sustainability**, v. 12, n. 10, p. 3952, 2020.

KOLOKOTSA, D.-D. *et al.* Cool roofs and cool pavements application in Acharnes, Greece. **Sustainable Cities and Society**, v. 37, p. 466-474, 2018.

KUBILAY, A. *et al.* Advancement in urban climate modelling at local scale: urban heat island mitigation and building cooling demand. **Atmosphere**, v. 11, n. 12, p. 1313, 2020.

LEE, K. W.; KOHM, S. Cool pavements. In: **Climate change, energy, sustainability and pavements**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. p. 439-453.

LI, H. **Pavement materials for heat island mitigation: design and management strategies**. Butterworth-Heinemann, 2015. ISBN: 978-0-12-803476-7.

LI, H.; HARVEY, J.; GE, Z. Experimental investigation on evaporation rate for enhancing evaporative cooling effect of permeable pavement materials. **Construction and Building Materials**, v. 65, p. 367-375, 2014.

LIN, Y.; ICHINOSE, T. Experimental evaluation of mitigation of thermal effects by “Katsuren travertine” paving material. **Energy and Buildings**, v. 81, p. 253-261, 2014.

LIU, Y.; LI, T.; YU, L. Urban heat island mitigation and hydrology performance of innovative permeable pavement: a pilot-scale study. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, p. 118938, 2020.

MOHAJERANI, A.; BAKARIC, J.; JEFFREY-BAILEY, T. The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. **Journal of Environmental Management**, v. 197, p. 522-538, 2017.

NASIR, D.S.N.M.; HUGHES, B. R.; CALAUTIT, J. K. Influence of urban form on the performance of road pavement solar collector system: symmetrical and asymmetrical heights. **Energy Conversion and Management**, v. 149, p. 904-917, 2017.

QIN, Y. A review on the development of cool pavements to mitigate urban heat island effect. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 445-459, 2015.

ROSSI, Federico *et al.* Analysis of retro-reflective surfaces for urban heat island mitigation: A new analytical model. **Applied Energy**, v. 114, p. 621-631, 2014.

SANTAMOURIS, M. Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island. – a review of the actual developments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 26, p. 224-240, 2013.

TAKEBAYASHI, H.; MORIYAMA, M. Study on surface heat budget of various pavements for urban heat island mitigation. **Advances in Materials Science and Engineering**, v. 2012, 2012.

- TUKIRAN, J. Md; ARIFFIN, J.; GHANI, A. N. A. Review on urban heat island mitigation strategy through vegetation and pavements characterization. **Advances in Environmental Biology**, v. 9, n. 5, p. 1-3, 2015.
- WANG, J. *et al.* Experimental investigation on the influence of evaporative cooling of permeable pavements on outdoor thermal environment. **Building and Environment**, v. 140, p. 184-193, 2018.
- WANG, J. *et al.* Impacts of the water absorption capability on the evaporative cooling effect of pervious paving materials. **Building and Environment**, v. 151, p. 187-197, 2019.
- WANG, Y.; BERARDI, U.; AKBARI, H. Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada. **Energy and Buildings**, v. 114, p. 2-19, 2016.
- WANG, Y.; BERARDI, U.; AKBARI, H. The urban heat island effect in the city of Toronto. **Procedia engineering**, v. 118, p. 137-144, 2015.
- XIE, N.; AKIN, M.; SHI, X. Permeable concrete pavements: A review of environmental benefits and durability. **Journal of Cleaner Production**, v. 210, p. 1605-1621, 2019.
- XIE, N. *et al.* Effects of accelerated weathering on the optical characteristics of reflective coatings for cool pavement. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 215, p. 110698, 2020.
- XIE, N. *et al.* Laboratorial investigation on optical and thermal properties of cool pavement nano-coatings for urban heat island mitigation. **Building and Environment**, v. 147, p. 231-240, 2019a.
- XIE, N. *et al.* Optical and durability performance of near-infrared reflective coatings for cool pavement: laboratorial investigation. **Building and Environment**, v. 163, p. 106334, 2019b.
- XIE, P.; WANG, H. Potential benefit of photovoltaic pavement for mitigation of urban heat island effect. **Applied Thermal Engineering**, v. 191, p. 116883, 2021.
- XU, L. *et al.* Potential strategies to mitigate the heat island impacts of highway pavement on megacities with considerations of energy uses. **Applied Energy**, v. 281, p. 116077, 2021.
- YOU, Z. *et al.* A black near-infrared reflective coating based on nano-technology. **Energy and Buildings**, v. 205, p. 109523, 2019.
- ZHANG, Y.; AYYUB, B. M. Projecting heat waves temporally and spatially for local adaptations in a changing climate: Washington DC as a case study. **Natural Hazards**, v. 103, p. 731-750, 2020.
- ZHU, Z. *et al.* Assessment of urban surface and canopy cooling strategies in high-rise residential communities. **Journal of Cleaner Production**, v. 288, p. 125599, 2021.
- KAKONITI, A. *et al.* The role of materials selection in the urban heat island effect in dry mid-latitude climates. **Environmental Fluid Mechanics**, v. 16, n. 2, p. 347-371, 2016.

Capítulo 7

IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO DESEMPENHO TÉRMICO DE COBERTURAS COM USO DE ISOLAMENTO²⁴

*Emeli Lalesca Aparecida da Guarda*²⁵

*Luciane Cleonice Durante*²⁶

*Elaise Gabriel*²⁷

*Renata Mansuelo Alves Domingos*²⁸

*Ivan Julio Apolonio Callejas*²⁹

INTRODUÇÃO

O sistema climático terrestre vem sofrendo transformações significativas de seu balanço energético em decorrência de fenômenos naturais e de ações antropogênicas, tais como mudanças nas concentrações atmosféricas, na cobertura do solo e na radiação solar, impulsionando o aquecimento global e, consequentemente, as mudanças climáticas (IPCC, 2007). De acordo com Ferreira *et al.* (2017), mudanças climáticas são alterações nas variáveis climáticas por meio dos fatores antropogênicos que resultam em um ajuste natural e dinâmico do sistema climático.

Assim, o Quarto Relatório de Avaliação das Mudanças Climáticas (AR4) do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), intitulado *Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*, trouxe como referência modelos de emissões de Gases de Efeito Estufa e seus respectivos impactos no

²⁴ Artigo publicado no XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC) e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído (ELACAC).

²⁵ Mestre, doutoranda em Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: emeliguarda@gmail.com

²⁶ Doutora, professora adjunta da Universidade Federal do Mato Grosso. E-mail: luciane.durante@hotmail.com (professora responsável pela coordenação da pesquisa).

²⁷ Mestre, doutoranda em Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: elaisegabriel@hotmail.com

²⁸ Mestre, doutoranda em Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: mansuelo.alves@gmail.com

²⁹ Doutor, professor adjunto na Universidade Federal do Mato Grosso. E-mail: ivancallejas1973@gmail.com

aquecimento global. Os modelos são divididos em quatro famílias, denominadas cenários A1, A2, B1 e B2, onde A e B significam baixo (otimistas) e alto (pessimistas) comprometimento com o desenvolvimento sustentável, e 1 e 2, a integração ou fragmentação regional, respectivamente. Essa publicação destaca que a maior parte dos eventos de aumento de temperatura observada nos últimos 50 anos foi provocada pelas ações antrópicas, e alerta para o aumento médio das temperaturas globais de 1,1 a 5,4 °C, podendo atingir 6,4 °C até o ano de 2100, se a população e a economia continuarem em acelerado crescimento, com consumo intenso de combustíveis fósseis (IPCC, 2007).

Sob a ótica dos edifícios, o fenômeno das mudanças climáticas tem causado impacto significativo nas demandas energéticas dos edifícios para garantir o conforto dos usuários nos ambientes internos, o que contribui para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), constituindo-se um círculo vicioso do processo de aquecimento global. Pesquisas evidenciam que o aquecimento global tem causado diminuição nas necessidades de aquecimento e aumento nas necessidades de resfriamento (ASIMAKOPOULOS *et al.*, 2012; GUARDA; DURANTE; CALLEJAS, 2018; JENTSCH *et al.*, 2013; WAN; LI; LAM, 2012; ZHU *et al.*, 2013).

Invidiata, Lavagna e Ghisi (2018) investigaram os efeitos das mudanças climáticas em um edifício multifamiliar de interesse social, localizado em Milão, para distintos sistemas construtivos de vedações verticais. Os autores utilizaram a ferramenta CCWorldWeatherGen, desenvolvida para o cenário de emissões A2 do IPCC, que permite a elaboração dos arquivos climáticos futuros a partir de arquivos sem a interferência dos fenômenos do aquecimento global e consideraram as projeções futuras para 2020 (período de 2011-2041), 2050 (período de 2041-2071) e 2080 (período de 2071-2100), denominadas time-slices. Os resultados demonstraram variação da temperatura do ar de +3,6 °C, da radiação global horizontal de +7,2 Wh/m² e da umidade relativa do ar de -5,7% do cenário atual para o cenário de 2080. Em todos os sistemas de vedação, as horas de desconforto por calor, de conforto e de desconforto por frio variaram de +185%, 7% e 47% das horas anuais do cenário atual para 2080. Como consequência, a demanda de energia aumentou, em média, de +13% do cenário atual para o de 2080, justificada pelo crescimento da necessidade energética para resfriamento. Os autores concluíram que, ao aplicarem-se estratégias de projeto aos edifícios, é possível reduzir os impactos ambientais

da categoria de aquecimento global, destacando a importância dessa avaliação em todas as fases do ciclo de vida dos edifícios.

Triana, Lamberts e Sassi (2018) investigaram o desempenho termoenergético de uma habitação de interesse social, denominada Caso Base, na qual foram implementadas medidas de eficiência energética com caráter mitigador das mudanças climáticas para as projeções de 2020 (período de 2011-2040) e 2050 (período de 2041-2070), todas voltadas para a fase operacional da habitação, nas cidades de São Paulo e Salvador. Os resultados demonstraram aumento das temperaturas médias do ar de +2 °C, para as duas cidades. Nas análises de eficiência energética do Caso Base, em ambas as cidades, apresentaram variação de +5.044 °Ch e de +140%, nos graus horas de resfriamento (GHR) e no consumo energético para refrigeração, respectivamente, do cenário atual para o cenário de 2050.

Quanto às medidas mitigadoras, as tipologias de cobertura que continham isolamento térmico (as de telhas cerâmicas com isolamento e os forros de laje de concreto com EPS) apresentaram melhor desempenho térmico. Os autores afirmam que desconsiderar a incorporação de medidas mitigadoras nos projetos habitacionais construídos atualmente pode resultar em um aumento significativo de consumo energético associado ao uso do sistema de condicionamento artificial para resfriamento no futuro. Tem-se, então, a adoção de materiais isolantes térmicos como uma das formas mais eficazes de reduzir a taxa de transmissão de calor e o uso de energia para resfriamento e aquecimento de espaços em edifícios, com o que corroboram Fang *et al.* (2014). Desta maneira, o estudo de intervenções construtivas de projeto em cenários climáticos futuros, considerando a habitabilidade e a demanda energética, adquire importância para o planejamento da vida útil dos edifícios.

OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo geral analisar comparativamente os efeitos do aquecimento global no consumo energético de uma habitação de interesse social (HIS) localizada na cidade de Cuiabá-MT, considerando o seu sistema padrão de cobertura (telha cerâmica e forro de PVC) e a substituição do forro por três tipologias, sendo duas de laje mista (treliças de concreto com

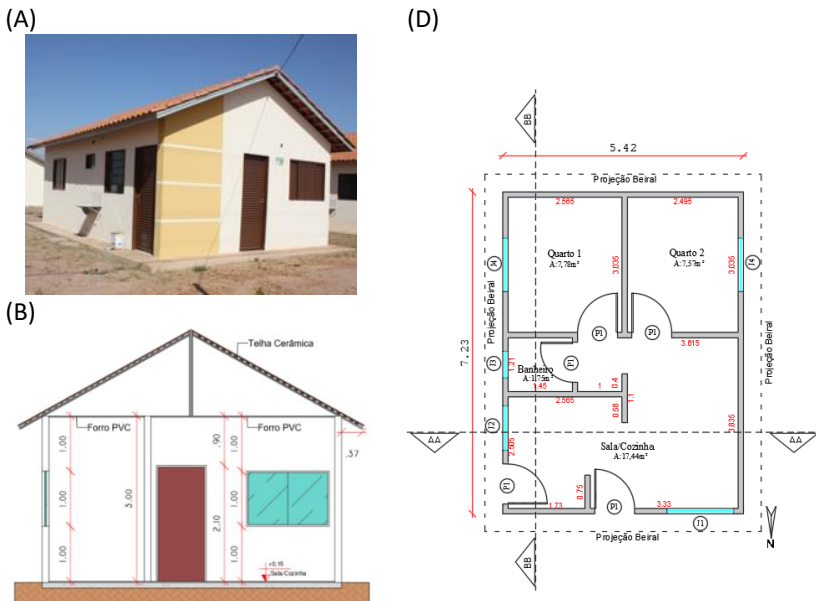
preenchimento de placas de poliestireno - EPS) - com e sem lã de vidro sobreposta, e uma de forro de gesso. Considerou-se o cenário de emissões A2, do Quarto Relatório (AR4) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e os time-slices de 2020 (período de 2011-2040), 2050 (período de 2041-2070) e 2080 (período de 2071-2100).

MÉTODO

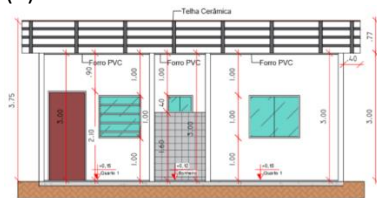
Definição do objeto de estudo

O objeto de estudo constitui-se de uma habitação residencial unifamiliar, localizada na cidade de Cuiabá-MT, Zona Bioclimática 7 (ZB7), com 39,18 m² de área total, contendo os ambientes Sala/Cozinha (17,44 m²), Quarto 1 (7,78 m²), Quarto 2 (7,57 m²) e Banheiro (1,75 m²) (Figura 1). A cobertura possui duas águas com beirais de 30 cm e o pé-direito é de 3,00 m. A edificação com as características originais de cobertura é doravante denominada Tbase.

Figura 5 – Objeto de Estudo (Tbase): (A) Edificação construída; (B) Corte AA; (C) Corte BB e (D) planta baixa



(C)



As esquadrias nos quartos e sala são metálicas, do tipo veneziana e vidro, com dimensões de 1,20 x 1,10m, com quatro folhas (duas fixas e duas de correr). Na cozinha, são do tipo basculante, com dimensões de 1,20 x 1,10m. na sala. As portas externas são metálicas e as internas, em madeira. As propriedades térmicas dos materiais construtivos que compõem os fechamentos verticais e horizontais foram atribuídas utilizando-se a NBR 15.220 (ABNT, 2005), expressas em termos de absorvância, resistência térmica (R) e transmitância térmica (U) (Tabela 1).

Tabela 3 – Propriedades termo-físicas da envoltória da tipologia Tbase

Envoltória	Composição	Espessura (cm)	Absorvância (adimensional)	Resistência térmica (Rt*, m²K/W)	Transmitância térmica (U, W/m²K)
Paredes	Argamassa externa	2,50	0,30	0,2991**	3,34
	Tijolo Cerâmico	9,00	0,85		
	Argamassa interna	2,50	0,30		
Cobertura	Telha Cerâmica	1,00	0,85	0,4795***	2,08
	Forro de PVC	1,00	0,30		

*Considerando Resistência Superficial Externa (0,04), **Resistência Superficial Interna - fluxo horizontal (0,13), ***Resistência Superficial Interna - fluxo ascendente (0,17).

Fonte: Dos autores (2021).

Considerando que a cobertura recebe diretamente a radiação solar direta e é um componente construtivo importante no desempenho térmico e energético da habitação, em função de sua posição menos inclinada em relação à incidência da radiação solar, parte-se do projeto original (Tbase) e alteram-se as tipologias de forro, de acordo com as seguintes intervenções: i) inserção de poliestireno expandido (EPS) na laje (T1); ii) inserção de lã de vidro na laje

(T2), e iii) inserção de forro de gesso, tipo acartonado (T3). Para a determinação das propriedades térmicas das tipologias de T1 a T3, adotou-se a resistência térmica superficial externa igual a 0,04, a resistência térmica superficial interna para fluxo ascendente igual a 0,17 e a resistência térmica da câmara de ar de alta emissividade, espessura maior que 5cm, igual a 0,21 m²K/W. (Tabela 2).

Tabela 2 – Propriedades termo físicas da cobertura das tipologias T1 a T3

	Composição	Espessura (cm)	α	Rt (m ² K/W)	U (W/m ² K)
T1	Telha cerâmica	1,00	0,85	1,420	0,704
	Concreto	6,00	0,80		
	EPS	4,00	0,30		
	Acabamento	2,00	0,30		
T2	Telha cerâmica	1,00	0,85	1,310	0,763
	Concreto	6,00	0,80		
	Lã de vidro	4,00	0,30		
	Acabamento	2,00	0,30		
T3	Telha cerâmica	1,00	0,85	0,4053	2,467
	Forro de gesso	1,25	0,20		

Fonte: Dos autores (2021).

Elaboração dos cenários climáticos futuros

A realização de um levantamento das pesquisas publicadas em plataformas científicas sobre estudos de projeções climáticas futuras possibilitou a identificação da metodologia indicada pelo IPCC para a elaboração dos arquivos climáticos sob influência do aquecimento global (INVIDIATA; GHISI, 2016; SONG; YE, 2017; TRIANA; LAMBERTS; SASSI, 2016; WANG, LIU; BROWN, 2017). Identificou-se, então, a metodologia “morphing” publicada por Belcher, Haker e Powell (2005), para a elaboração dos arquivos climáticos futuros. Essa metodologia modifica um conjunto de variáveis climáticas históricas (1961-1990) de 8.760 horas anuais, sem a influência dos efeitos do aquecimento global e os incorpora conforme as premissas do cenário A2 do Quarto Relatório (AR4) do IPCC, obtendo assim as projeções de dados climáticos futuros.

O processo é realizado em três etapas: a) desvio no arquivo climático horário atual e adição da variação média mensal projetada; b) extensão do atual arquivo climático horário por ordenamento da variação média mensal

projetada, e c) combinação das etapas anteriores (BELCHER; HACKER; POWELL, 2005).

A percepção do processo empregado por este método evidenciou a complexidade em elaborar cenários climáticos futuros com a visão de aplicação em softwares de desempenho termoenergético de habitações. No sentido de facilitar e consolidar as operações algorítmicas citadas, o grupo de pesquisa Sustainable Energy Research Group (SERG), da Universidade de Southampton, no Reino Unido, desenvolveu junto com a Microsoft® a ferramenta Climate Change World Weather Generator (CCWorldWeatherGen) incorporada ao Software Excel, disponibilizada gratuitamente e cuja interface é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Interface da ferramenta CCWorldWeatherGen

Summary of combined HadCM3 A2 ensemble climate change predictions for the selected weather site

No scenario selected

		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
Daily mean temperature	TEMP (°C)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum temperature	TMAX (°C)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Minimum temperature	TMIN (°C)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Horizontal solar irradiation	DSVF W/m²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total cloud cover	TCLV %points	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total precipitation rate	PREC %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Relative humidity	RHUM %points	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mean sea level pressure	MSLP hpa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wind speed*	WIND %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

* Please note that wind speed resides on a 96x72 grid whilst all the other data is on a 96x73 grid

EPW weather file selection

(1) Please specify the EPW file you want to transform

Select EPW File for Morphing

Current EPW baseline weather file for morphing:

No weather file selected Latitude: 0.00 N
Longitude: 0.00 E
Elevation: 0 m

HadCM3 scenario timeframe selection

(2) Please select a HadCM3 A2 scenario ensemble timeframe

☐ 2020's ☐ 2050's ☐ 2080's Load Scenario

Closest four HadCM3 96x73 grid points to

	A	Latitude:	Longitude:
No weather file selected	B	0.00 N	0.00 E
	C	0.00 N	0.00 E
No scenario selected	D	0.00 N	0.00 E

Fonte: Jentsch, Bahaj e James (2008).

A ferramenta consiste em uma planilha eletrônica que integra os arquivos de extensão EPW ao Modelo Climático Global (MCG) Hadley Centre Coupled Model version 3 (HadCM3), que, por sua vez, consiste em um modelo acoplado oceano-atmosfera, com resolução de 417 km x 278 km na região do Equador e de 295 km x 278 km aos 45° de Latitude, para os time-slice 2020 (período de 2011-2040), 2050 (período de 2041-2070) e 2080 (período de 2071-2100).

Simulação computacional

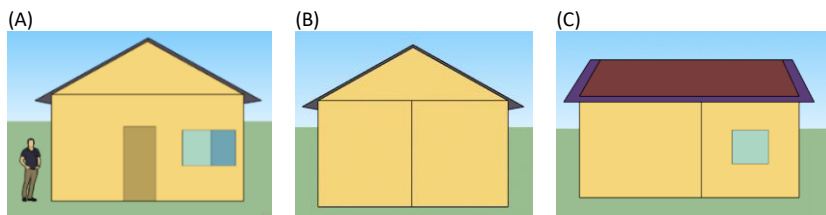
Optou-se pela utilização do software EnergyPlus do Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), pela possibilidade da inserção dos arquivos climáticos atual e futuros, além de ser validado pela Standard 140-2004 (ASHRAE, 2004). O software utiliza o arquivo climático (epw) do local de estudo, contendo uma série de dados, como: temperatura do solo, propriedades térmicas dos materiais construtivos, rotinas de ventilação natural e/ou artificial, de ocupação, equipamentos, iluminação e da inserção da localização geográfica com os dados do dia típico de projeto para o período de verão e/ou inverno, com a finalidade de representar o clima (RORIZ, 2012). Possibilita obter os resultados de consumo de energia para resfriamento e/ou aquecimento e temperatura interna dos ambientes, para avaliação do desempenho térmico dos sistemas construtivos e de todo o edifício no âmbito térmico e energético (DOE, 2016).

Para modelagem da geometria da edificação utilizou-se o plugin Open Studio, onde todos os ambientes foram definidos como uma zona térmica, inclusive o ático. Foram configuradas previamente as propriedades térmicas dos materiais construtivos (opacos e transparentes), as paredes, telhado e aberturas como superfícies expostas ao sol e ao vento e as paredes internas, sem exposição. Os beirais foram representados no modelo por uma superfície, caracterizando sombreamento das paredes externas (Figura 3).

Os padrões de ocupação e ganhos internos foram inseridos conforme o Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2012), que especifica os perfis de ocupação para os dias da semana e finais de semana, como também os horários de ocupação e uso da iluminação e dos equipamentos. Desta maneira, foram consideradas duas pessoas em cada quarto e quatro pessoas na sala, com atividade metabólica de 45 W/m^2 (atividade dormindo) e de 60 W/m^2 (atividade em repouso, sentada), respectivamente. Os padrões de iluminação foram configurados para os dias de semana e finais de semana (Tabela 3). A densidade de potência instalada da iluminação recomendada é de $5,0 \text{ W/m}^2$ para dormitórios e de $6,0 \text{ W/m}^2$ para sala (INMETRO, 2012). As cargas internas de equipamentos foram modeladas somente para a sala, com o período de 24 horas e a potência de $1,5 \text{ W/m}^2$ (INMETRO, 2012). A edificação foi modelada

como isolada no lote, sem influência de elementos de sombreamento e ventilação do entorno.

Figura 3 – Modelo da simulação computacional: (A) Fachada frontal; (B) Fachada posterior e (C) Fachada lateral direita



Fonte: Dos autores (2021).

Tabela 3 - Rotinas de ocupação e iluminação para os dias de semana e finais de semana

PEI	Dormitórios		Sala/Cozinha	
	Dia de Semana	Finais de Semana	Dia de Semana	Finais de Semana
Ocupação	21 h às 08 h	21 h às 10 h	14 h às 21 h	11 h às 21 h
Iluminação	21 h às 22 h	21 h às 22 h	17 h às 21 h	11 h às 12 h e das 17 h às 21 h

Fonte: Dos autores (2021).

Considerando-se que as temperaturas do solo influenciam significativamente nos resultados das simulações, optou-se no Cenário Base, por utilizar o software Slab, auxiliar do EnergyPlus. Nos cenários climáticos futuros, optou-se pela utilização das temperaturas médias do ar, disponibilizados pelos arquivos climáticos de 2020, 2050 e 2080, com base em Alves (2014), que afirma que em profundidades rasas, de 1 a 8 metros em solos secos ou de 1 a 20 metros em solos pesados, arenosos e úmidos, a temperatura é próxima da média anual.

Estimativa de consumo energético conforme método do balanço térmico

O consumo energético foi definido como a carga térmica, ou seja, a quantidade de calor que deve ser retirada do ar, para o caso de resfriamento, ou adicionada, no caso de aquecimento, com a finalidade de manter condições de conforto térmico adequadas. Entende-se por balanço térmico, a quantificação da carga térmica necessária para aquecer ou resfriar um

ambiente até uma temperatura de referência, com base no comportamento térmico e energético das edificações no clima que está inserida (MELO; LAMBERTS, 2008). O balanço térmico depende, então, da magnitude da carga interna (ganhos de calor por fontes internas, tais como iluminação, pessoas, equipamentos, condicionamento artificial (HVAC), ventilação e infiltrações) e das trocas de calor pelos fechamentos horizontais e verticais (ASHRAE, 2013). O princípio básico desta metodologia consiste em um balanço de energia para cada superfície do ambiente e um balanço de energia para o ar interno, determinando, assim, a parcela dos ganhos de calor, originando as cargas térmicas para resfriamento e/ou aquecimento (ASHRAE, 2013).

Para a aplicação desta metodologia utilizou-se o software EnergyPlus, utilizando-se um sistema de condicionamento de ar ideal, pela modelagem do Input: HVACTemplate: Zone: IdealLoadsAirSystem e retirando-se os valores do Output: Zone Ideal Loads Zone Total Colling Energy (em J). Os resultados obtidos do Output foram quantificados em kWh/mês de cada tipologia, sendo considerada a carga térmica total (iluminação, pessoas, equipamentos e condicionamento artificial, em kWh). O termostato foi ajustado para a cidade de Cuiabá, com 22,54 °C e 29,26 °C, para aquecimento e resfriamento, respectivamente.

RESULTADOS

Arquivos climáticos futuros

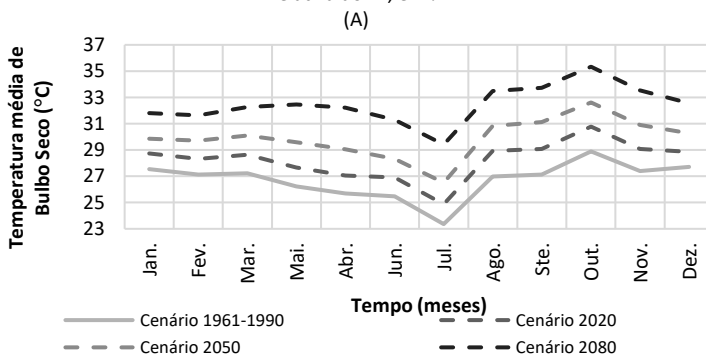
Após a execução da ferramenta CCWorldWeatherGen, primeira etapa metodológica deste trabalho, obtiveram-se os arquivos climáticos na extensão epw, referentes às três projeções analisadas (2020, 2050 e 2080) para a cidade de Cuiabá-MT. A partir desses arquivos e do arquivo epw sem a influência do aquecimento global (período de 1961 a 1990, denominado Cenário Base), foi possível gerar elementos gráficos das médias mensais das variáveis climáticas que serão mais vulneráveis aos efeitos do aquecimento global, a saber: Temperatura de Bulbo Seco (TBS, em °C) e Umidade Relativa do Ar (UR, em %). Os resultados evidenciaram que os efeitos climatológicos futuros provocaram aumento das médias mensais de temperatura e diminuição da umidade

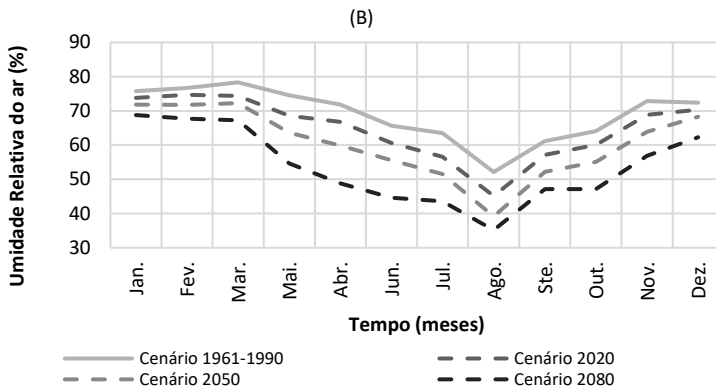
relativa do ar, corroborando com estudos de Rubio-Bellido; Pérez-Fargalho e Pulido-Arcas (2016), assim como de Triana, Lamberts e Sassi (2018).

A temperatura média anual no cenário atual é de 26,73 °C, passando para 28,24 °C no time-slice 2020 (2011-2040), para 29,90 °C no time-slice 2050 (2041-2070) e para 32,48 °C no time-slice 2080 (2071-2100), ou seja, aumentou 21,50% do Cenário Base até 2080. Os meses caracterizados como mais quentes são os meses de outubro, dezembro e janeiro, com médias mensais de 28,89 °C, 27,70 °C e 27,55 °C, respectivamente, aumentando para 30,78 °C (+6,53%), 28,87 °C (+4,16%) e 28,73 °C (+4,30%) no time-slice 2020, para 32,62 °C (+12,89%), 30,26 °C (+9,21%) e 29,87 °C (+8,42%), no time-slice 2050 e para 35,34 °C (+22,30%), 32,52 °C (+17,52%) e 31,81 °C (+15,47%), no time-slice 2080, respectivamente (Figura 4A).

A umidade relativa do ar anual diminuiu 22% do Cenário Base para o cenário de 2080. A média anual base é de 69,08%, passando para 64,75% em 2020, 60,41% em 2050 e 53,67% em 2080. Os meses de março, fevereiro e janeiro são os mais úmidos no Cenário Base, com 78,32%, 76,70% e 75,79%, respectivamente. Nas projeções futuras, a umidade sofreu redução para 74,33% (-5,08%), 74,68% (-2,63%) e 73,79% (-2,64%) em 2020, para 72,26% (-7,73%), 71,70% (-6,53%) e 71,79% (-5,28%) em 2050 e para 67,26% (-14,12%), 67,69% (-11,74%) e 68,76% (-9,28) em 2080, respectivamente (Figura 4B). Ressalta-se que essa redução está relacionada diretamente ao aumento da temperatura média do ar.

Figura 4 – Arquivos Climáticos Futuros: (A) Temperatura de Bulbo Seco, em °C; (B) Umidade Relativa do Ar, em %





Essas condições também são encontradas no trabalho de Rubio-Bellido; Pérez-Fargallo e Pullido-Arcas (2016), que afirmam um aumento de 4 °C para a temperatura média anual do ar e uma diminuição da umidade relativa do ar em 5%, em todas as zonas bioclimáticas do Chile, até o cenário de 2080. Comparando os resultados obtidos entre os autores acima e os do presente estudo, a diferença entre os aumentos de temperatura média do ar encontrados é de 1,75 °C (5,75 °C em Cuiabá e 4,0 °C no Chile) e de umidade relativa do ar é de 11% (-16% em Cuiabá e -5% no Chile). Corroboram com os resultados deste estudo os encontrados Triana, Lamberts e Sassi (2018) para as cidades de São Paulo e Salvador, em cenário de 2050 – aumento na temperatura média do ar de 3 °C e por Yildiz (2015), em três cidades da Turquia, que concluiu por um aumento da temperatura média anual e a radiação global horizontal média anual de 4 °C e 7 Wh/m², respectivamente, e pela diminuição da umidade relativa do ar média anual em 10%, até o cenário de 2080. Também citam-se Song e Ye (2017) que para a Província de Guangdong, na China, encontraram um aumento de + 0,82 °C, 1,91 °C e 3,41 °C, em 2020, 2050 e 2080, respectivamente.

Estimativa de consumo energético

O consumo energético mensal das quatro tipologias (Tbase, T1, T2 e T3) foram quantificados por meio da somatória da carga térmica para resfriamento (iluminação, pessoas, equipamentos, infiltração e condicionamento artificial

(HVAC) de cada ambiente de permanência prolongada. Destaca-se que, os valores de consumo energético tratam da quantidade de carga térmica necessária para resfriamento e aquecimento de cada ambiente de permanência prolongada (quartos e sala) de cada tipologia.

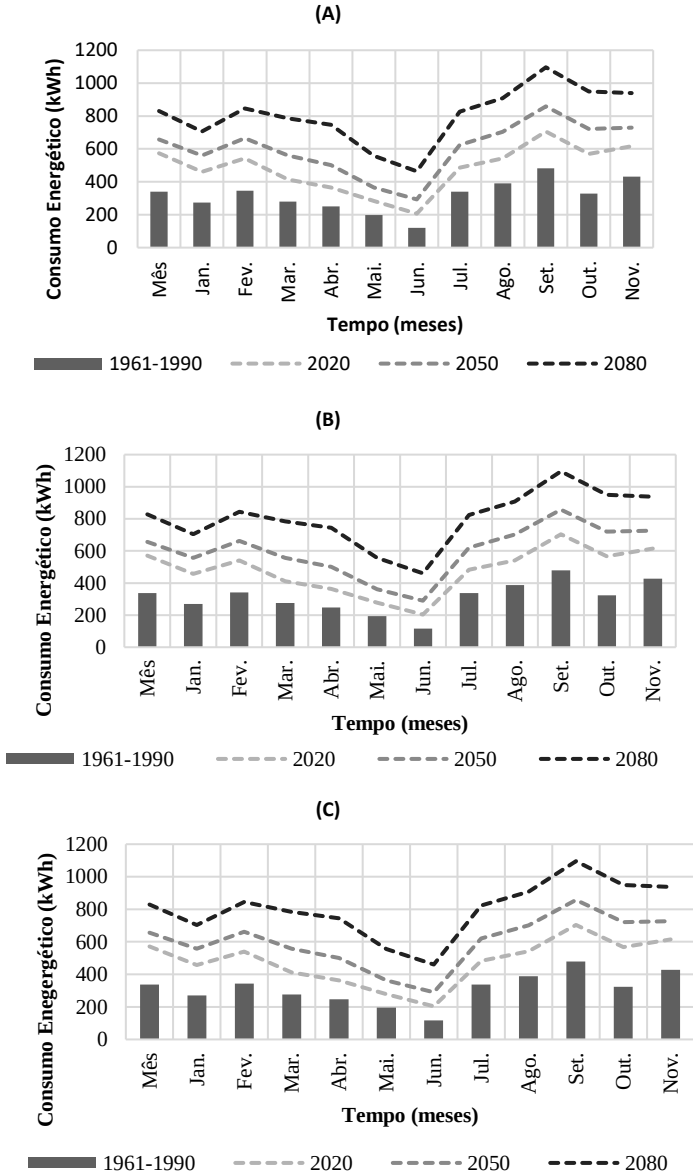
As tipologias Tbase e T3 (Figuras 5A e 5D) apresentaram valores de consumo energético coincidentes e os maiores valores de consumo energético para resfriamento nos quatro cenários, sendo os maiores valores no mês de outubro e os menores valores no mês de julho. No mês de outubro, obtiveram consumo de 482 kWh no Cenário Base, de 705 kWh em 2020, de 858 kWh em 2050 e de 1.096 kWh em 2080, apresentando aumento de 56% do Cenário Base em relação ao de 2080. Já no mês de julho, obtiveram consumo de 119 kWh no Cenário Base, de 206 kWh em 2020, de 293 kWh em 2050 e de 463 kWh em 2080, apresentando aumento de 74% do Cenário Base em relação ao de 2080.

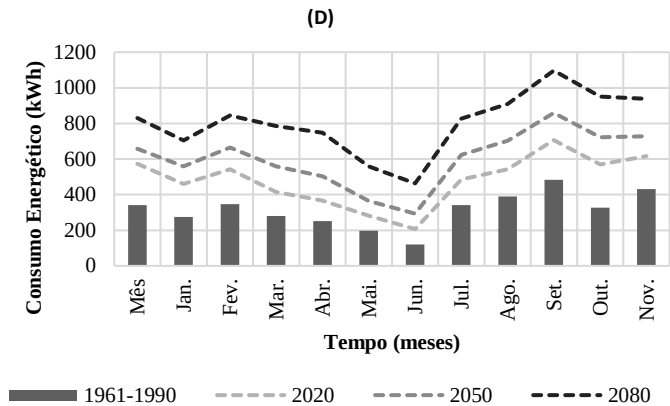
As tipologias T1 e T2 (Figuras 5B e 5C) apresentaram comportamento semelhante, com os maiores e os menores valores de consumo energético nos meses de outubro e julho, respectivamente, sendo de 479 kWh e 116 kWh no Cenário Base, de 703 kWh e 203 kWh em 2020, de 857 kWh e 289 kWh em 2050 e de 1.095 kWh e 460 kWh em 2080. O aumento no consumo energético foi de 56% e de 75% para T1 e T2, respectivamente, do Cenário Base para 2080.

O aumento do consumo energético pode ser justificado pelo aumento da temperatura do ar externo em +5,75 °C do Cenário Base para o cenário de 2080, influenciando diretamente nas condições de conforto térmico no interior das edificações, sendo necessária a utilização de sistema de condicionamento artificial para manter as condições de habitabilidade.

As tipologias Tbase e T3, são ambas sem laje e, portanto, de mais fraca inércia térmica se comparada à das tipologias T2 e T3, ambas com laje, de forma que esse agrupamento dos resultados era esperado. No entanto, observou-se que a inserção do forro em laje, com (T1) e sem isolamento térmico (T2), não promoveu uma significativa redução na média mensal de consumo energético em relação às tipologias sem laje (Tbase e T3), sendo obtidas diferenças entre elas 3,3 kWh no Cenário Base, 2,8 kWh em 2020, 2,2 kWh em 2050 e 1,7 kWh em 2080 (Tabela 4, Figura 6).

Figura 5 – Consumo energético para resfriamento no Cenário Base e nos cenários de 2020 e 2050 e 2080: (A) Tbase; (B) T1; (C) T2 e (D) T3





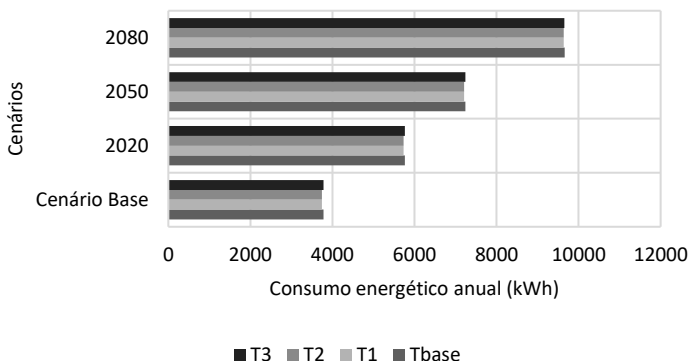
Fonte: Dos autores (2021).

Tabela 4 – Média mensal do consumo energético (kWh) das tipologias Tbase, T1, T2 e T3 nos Cenários Base, 2020, 2050 e 2080

	Média mensal do consumo energético (kWh)			
	Cenário Base (1961-1990)	Cenário 2020	Cenário 2050	Cenário 2080
Tipologias sem forro em laje (Tbase e T3)	315,08	480,48	603,15	804,81
Tipologias com forro em laje (T1 e T2)	311,82	477,83	600,90	803,11
Diferença (kWh)	-3,26	-2,65	-2,25	-1,70
Diferença (%)	1,04%	0,55%	0,37%	0,21%

Fonte: Dos autores (2021).

Figura 6 – Consumo energético anual para resfriamento das tipologias Tbase, T1, T2 e T3 no Cenário Base, 2010, 2050 e 2080



Fonte: Dos autores (2021).

Com as intervenções, as tipologias T1 e T2 obtiveram ligeiro menor consumo que a Tbase e a T3, em todos os cenários. Muito embora o sistema de cobertura seja o maior responsável pelos ganhos térmicos da envoltória, as intervenções propostas não são suficientes para melhorar a resiliência da habitação frente ao fenômeno de aumento da temperatura externa. Essa constatação aumenta ainda mais a complexidade do problema que se apresenta, que consiste em uma tendência de aumento progressivo no consumo energético de resfriamento.

Destaca-se aqui o relatório do International Energy Agency (IEA), denominado *The future of cooling: opportunities for energy – eficiente air conditioning* (IEA, 2018), que cita que o número de unidades de resfriamento no setor residencial aumentou de 3,4 bilhões, em 2016, para mais de 8,0 bilhões, em 2050, e a taxa média global de posse de condicionamento artificial aumentou de 30%, em 2016, para 60%, em 2050, e, consequentemente, o consumo energético para resfriamento cresceu de 2.020 TWh em 2016 para 6.200 TWh em 2050, totalizando 70% de aumento no setor residencial. Esses aumentos estão relacionados ao aumento das temperaturas do ar, sendo necessária a utilização de estratégias ativas de condicionamento artificial.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que a temperatura de bulbo seco aumentou em 21,51% no cenário de 2080 em relação ao cenário base e a umidade relativa do ar reduziu de 22,31% no cenário de 2080 comparando-se ao cenário base. O consumo energético total sofreu aumento progressivo nos cenários e nas tipologias. Os maiores valores e aumentos de consumo energético anual encontrados foram nas tipologias sem laje (Tbase e T3), que era de 3.781 kWh no cenário base e aumentou para 9.657 kWh, o que equivale a 60% em 2080. Com a inserção de laje com e sem isolamento térmico (T1 e T2, respectivamente), houve uma redução de menos de 1% no consumo em relação às tipologias sem laje, evidenciando que não são suficientes para melhoria no consumo energético e na resiliência frente às mudanças climáticas.

Os efeitos do aquecimento global bem como das mudanças climáticas resultam em um potencial ameaça ao comportamento energético das habitações. Desta forma, os dados climáticos do local de implantação de uma habitação são parâmetros importantes para a avaliação deste comportamento, sendo também necessária a prospecção climática futura para o planejamento da habitabilidade, das condições de conforto térmico e do consumo energético. Evidencia-se, assim, que as edificações já sofrem influência das altas temperaturas da região nos dias atuais, apresentando baixa qualidade térmica em seu interior e, incorporando os efeitos do aquecimento global, as condições atuais ficam ainda mais comprometidas, contribuindo negativamente nas condições de habitabilidade. Desta forma, pauta-se pela necessidade de que sejam implementadas hoje medidas mitigadoras integradas com vistas à resiliência das habitações.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. B. M. **Potencial de climatização por dutos subterrâneos segundo zona bioclimática, profundidade e tratamento da superfície do solo**. 2014. 122 f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/35873>. Acesso em: 15 jun. 2015.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Standard 55 - Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, 2004.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Standard 55 - Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, 2013.

ASIMAKOPOULOS *et al.* Modelling the energy demand projection of the building sector in Greece in the 21st century. **Energy Build.**, n. 49, p. 488-498, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.220-2: Desempenho térmico de edificações - Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BELCHER, S. E.; HACKER, J. N.; POWELL, D. S. Constructing design weather data for future climates. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 26, p. 49-61, 2005.

DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). **EnergyPlus**. Energyplus.net, 2016. Disponível em: <https://energyplus.net>. Acesso em: 16 maio 2018.

FANG, Z.; LI, N.; LI, B. *et al.* The effect of building envelope insulation on cooling energy consumption in summer. **Energy Build.**, n. 77, p. 197-205, 2014.

FERREIRA, S. P.; GALVÍNCIO, D. J.; GOMES, P. V. *et al.* As perspectivas e divergências acerca do aquecimento global antropogênico. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 51, 2017.

GUARDA, E. L. A.; DURANTE, L. C.; CALLEJAS, I. J. A. Efeitos do aquecimento global nas estratégias de projeto das edificações por meio de cartas bioclimáticas. **Revista Engineering and Science (E&S)**, Cuiabá, v. 7, n. 2, p. 54-70, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Requisitos técnicos da qualidade para nível de eficiência energética de edifícios residenciais**. Disponível em: http://www.pbgedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_RTQR_102014.pdf. Acesso em: 10 jul. 2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2007: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, 2007.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **The future of cooling: opportunities for energy-efficient air conditioning**. Disponível em: <https://webstore.iea.org/the-future-of-cooling>. Acesso em: 10 out. 2018.

INVIDIATA, A.; GHISI, E. Impact of climate change on heating and cooling energy demand in houses in Brazil. **Energy and Building**, n. 130, p. 20-32, 2016.

INVIDIATA, A.; LAVAGNA, M.; GHISI, E. Selecting design strategies using multi-criteria decision making to improve the sustainability of buildings. **Building and Environment**, v. 139, p. 58-68, 2018.

JENTSCH, M. F.; JAMES, P. A. B.; BOURIKAS, L. *et al.* Transforming existing weather data for worldwide locations to enable energy and building performance simulation under future climates. **Renewable Energy**, v. 55, p. 541-524, 2013.

MELO, A. P.; LAMBERTS, R. O método do balanço térmico através de simulação computacional no programa EnergyPlus. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

PEDERSEN, C. O.; FISHER, D. E.; LIESSEN, R. J. Development of a heat balance procedure for calculating cooling loads. **ASHRAE Transactions**, v. 103, n. 2, p. 459-468, 1997.

RORIZ, M. **Segunda proposta de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro**. Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Eficiência Energética (LABEEE). Florianópolis, 2012.

RUBIO-BELLIDO, C.; PULIDO-ARCAS, J. A.; CABEZA-LAINEZ, J. M. Adaptation strategies and resilience to climate change of historic dwellings. **Sustainability**, v. 7, p. 3695-3713, 2015.

SONG, X.; YE, C. Climate change adaptation pathways for residential buildings in southern China. **Energy Procedia**, v. 105, p. 3062-3067, 2017.

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Desempenho de habitações de interesse social frente às mudanças climáticas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. São Paulo. **Anais...** Porto Alegre, 2016.

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Should we consider climate change for brazilian social housing? Assessment of energy efficiency adaptation measures. **Energy and Buildings**, v. 158, p. 1379-1392, 2018.

WAN, K. D.; LI, W.; LAM, J. Impact of climate change on building energy use in different climate zones and mitigation and adaptation implications. **Applied Energy**, n. 97, p. 274-282, 2012.

WANG, L.; LIUI, X.; BROWN, H. Prediction of the impacts of climate change on energy consumption for a medium-size office building with two climate models. **Energy and Buildings**, 2017.

ZHU, M.; PAN, P.; HUANG, Z. *et al.* Future hourly weather files generation for studying the impact of climate change on building energy demand in China. **Proceedings of BS2013**: 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28, p. 967-974, 2013.

