III SIMPOSIO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA HUMANA
26 a 28 de agosto de 2026

INFRAESTRUTURA VERDE PÚBLICA E CONFORTO AMBIENTAL EM ÁREAS DE EXPOSIÇÃO AO CALOR URBANO: LEITURAS EM SÃO CARLOS (SP) A PARTIR DA PLATAFORMA URBVERDE

Déborah Tavares da Costa [1]; Marcel Fantin [2]
(1) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP), tavaresdacosta@usp.br
(2) Professor Doutor, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP), mfantin@sc.usp.br

RESUMO
Este trabalho analisa a relação entre infraestrutura verde pública e áreas de maior criticidade térmico-vegetacional em São Carlos (SP), considerando seu papel potencial na promoção do conforto ambiental e no planejamento urbano. A pesquisa parte de indicadores disponibilizados pela Plataforma UrbVerde, em escala de setores censitários, articulando o nível de exposição às Ilhas de Calor Urbanas (ICU), o Percentual de Cobertura Vegetal (PCV), o Percentual de Solo Impermeabilizado (PSI) e indicadores de praças e parques. Metodologicamente, foi construído um indicador de criticidade térmico-vegetacional a partir da normalização dos dados de exposição à ICU, PCV e PSI em escala de 0 a 1, sendo 1 a condição mais crítica. A dimensão térmica foi composta pela média dos coeficientes anuais de exposição à ICU entre 2016 e 2021, enquanto a camada vegetacional foi elaborada a partir das médias de PCV e PSI entre 2016 e 2024. Posteriormente, o indicador de criticidade foi comparado aos dados de infraestrutura verde pública, incluindo distância média a praças e parques, distância média a praças e parques superiores a 5.000 m², área de praças e parques por habitante e população atendida por praças e parques. Os resultados indicam que os setores de maior criticidade térmico-vegetacional se concentram principalmente em áreas periféricas e de expansão urbana, especialmente nas porções sul e sudoeste do município, associadas a bairros como Cidade Aracy, Antenor Garcia e Santa Angelina, além de manchas em outras bordas urbanas. A comparação com os indicadores de praças e parques revela limitações concentradas na disponibilidade de área verde por habitante e no porte dos espaços existentes, e não na distância média aos espaços públicos ou no percentual de população atendida. Conclui-se que a Plataforma UrbVerde permite identificar áreas prioritárias para estratégias de conforto ambiental e adaptação ao calor urbano, contribuindo para orientar políticas de ampliação da cobertura vegetal, qualificação de praças e parques e melhoria da conectividade entre espaços verdes.

Palavras-chave: conforto ambiental; infraestrutura verde; ilhas de calor urbanas; percentual de cobertura vegetal; percentual de solo impermeabilizado.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação do calor urbano tem ampliado os desafios relacionados ao conforto ambiental, ao bem-estar e à permanência da população nos espaços livres das cidades. A experiência térmica não depende apenas da temperatura, mas da interação entre radiação solar, sombreamento, ventilação, umidade, materiais urbanos e cobertura do solo. Por isso, o conforto térmico ao ar livre constitui uma dimensão relevante para compreender a qualidade ambiental urbana e orientar estratégias de planejamento urbano (HONJO, 2009; COCCOLO et al., 2016). Nesse contexto, as Ilhas de Calor Urbanas (ICU) devem ser compreendidas como fenômeno associado à forma urbana, à impermeabilização do solo, à redução de superfícies vegetadas e à menor capacidade de dissipação do calor no tecido urbano (GARTLAND, 2010; OKE et al., 2017).

A infraestrutura verde urbana assume papel central na modulação das condições térmicas, pois árvores, praças, parques, arborização viária e superfícies permeáveis contribuem para o sombreamento, a evapotranspiração e a redução da retenção de calor. Mais do que elementos paisagísticos ou recreativos, esses espaços podem atuar como suporte ao conforto ambiental e à adaptação urbana, especialmente em áreas com maior exposição ao calor. Estudos recentes indicam que a efetividade da infraestrutura verde depende não apenas de sua presença, mas também de sua distribuição, acessibilidade e relação com os usos

cotidianos da cidade (MITTERMÜLLER; ERLWEIN, 2021), podendo contribuir para a redução de riscos à saúde associados ao calor (NAZISH et al., 2024).

Diante disso, este trabalho pretende analisar como a infraestrutura verde urbana se relaciona com áreas de maior exposição populacional às Ilhas de Calor Urbanas em São Carlos (SP), considerando seu papel potencial na promoção do conforto ambiental e no planejamento urbano. Para isso, utiliza-se indicadores da Plataforma UrbVerde relacionados ao nível de exposição à ICU, ao Percentual de Cobertura Vegetal (PCV), ao Percentual de Solo Impermeabilizado (PSI) e à distribuição, acessibilidade e atendimento de praças e parques, buscando identificar áreas prioritárias para estratégias de mitigação térmica e qualificação ambiental urbana.

2. OBJETIVO

Analisar como a infraestrutura verde urbana se relaciona com áreas de maior criticidade térmico-vegetacional em São Carlos (SP), a partir de indicadores da Plataforma UrbVerde, considerando seu papel potencial na promoção do conforto ambiental e no planejamento urbano.

3. MÉTODO

A pesquisa parte dos indicadores disponibilizados pela Plataforma Urbverde para uma leitura intraurbana das condições térmico-vegetacionais e da distribuição da infraestrutura verde pública. Inicialmente, foi construído um indicador de criticidade térmico-vegetacional a partir da articulação entre o nível de exposição à ICU, o PCV e o PSI.

Para a dimensão térmica, utilizou-se a média dos coeficientes anuais de exposição à ICU no período de 2016 a 2021, posteriormente normalizada em escala de 0 a 1, em que valores próximos de 1 indicam maior exposição populacional ao calor urbano. Para a dimensão vegetacional, foram calculadas as médias do PCV e do PSI entre 2016 e 2024, também normalizadas em escala de 0 a 1. A normalização, também, foi orientada de modo que 1 representasse sempre a condição mais crítica. Após a normalização, a camada vegetacional foi obtida pela média entre o PCV e o PSI.

Em seguida, o indicador de criticidade térmico-vegetacional foi calculado pela média entre o nível de exposição à ICU e a camada de vegetação normalizados. Dessa forma, o indicador final varia de 0 a 1, sendo os valores mais próximos de 1 correspondentes aos setores em que se sobrepõem maior exposição populacional ao calor urbano, menor cobertura vegetal e maior impermeabilização do solo.

Posteriormente, foram analisados indicadores da camada de praças e parques da plataforma, incluindo distância média a praças e parques, distância média a praças e parques maiores que 5.000 m², área de praças e parques por habitante e população atendida por praças e parques. Esses indicadores foram utilizados para avaliar diferentes dimensões da infraestrutura verde pública, como disponibilidade relativa, acessibilidade e atendimento.

Os dados foram organizados e tratados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), em QGIS, software que possibilitou a produção de mapas temáticos e a comparação espacial entre a criticidade térmico-vegetacional e os indicadores de praças e parques. A comparação entre a criticidade e os indicadores de praças e parques foi feita de forma descritiva: os setores foram ordenados pelo índice e agrupados em quintis de criticidade, comparando-se medianas e proporções entre o quintil mais crítico e os demais. Os cálculos foram realizados sobre os 398 setores com índice de criticidade calculado. A análise busca identificar se os setores de maior criticidade também apresentam menor disponibilidade, maior distância média ou menor atendimento por infraestrutura verde pública. Com isso, pretende-se apoiar a discussão do papel desses espaços como suporte ao conforto ambiental e como subsídio ao planejamento urbano em São Carlos.

4. RESULTADOS

A leitura integrada dos mapas indica que a criticidade térmico-vegetacional em São Carlos, apresentada na Figura 1, não se distribui de forma homogênea no território urbano. O indicador pôde ser calculado para 398 dos 451 setores censitários urbanos do município, uma vez que 53 setores não dispõem de dados de exposição à ICU na plataforma. Os mapas de infraestrutura verde pública reunidos na Figura 2 restringem-se a esse mesmo conjunto de setores, de modo a assegurar a comparabilidade entre as figuras. Os setores mais críticos se concentram principalmente em áreas periféricas e de expansão urbana, com destaque para porções ao sul e sudoeste do município, associadas às imediações de bairros como Cidade Aracy, Antenor Garcia e Santa Angelina. Essas áreas correspondem aos setores em que se sobrepõem maior

exposição populacional às ICU, menor cobertura vegetal e maior impermeabilização do solo, compondo condições ambientais menos favoráveis ao conforto térmico urbano.

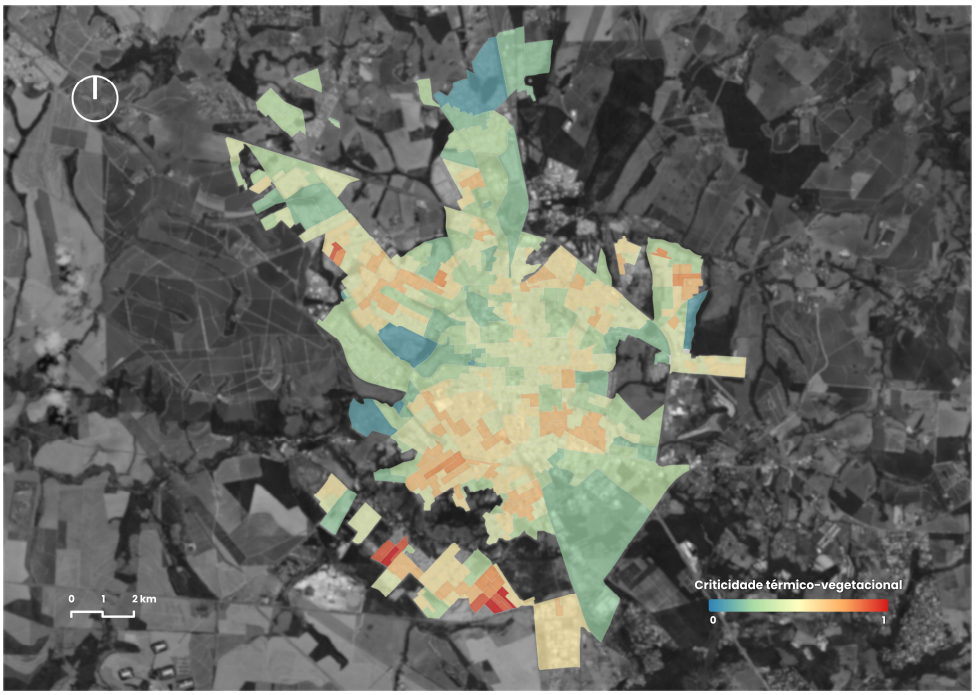

Figura 1 – Criticidade térmico-vegetacional (Os autores, 2026).

Quando comparados aos indicadores de infraestrutura verde pública, reunidos na Figura 2, os setores de maior criticidade térmico-vegetacional revelam um quadro mais diferenciado do que a simples ausência de áreas verdes. As Figuras 2A e 2B indicam que a acessibilidade não é o fator que distingue esses setores: a distância média a praças e parques praticamente não varia entre os setores mais e menos críticos, com mediana de 152 m no quintil superior de criticidade e de 169 m nos demais. Quando se consideram apenas praças e parques superiores a 5.000 m², as distâncias aumentam em todo o município, de 228 m para 419 m em média, mas o aumento não se concentra nos setores críticos: a mediana passa a 394 m no quintil superior e a 343 m nos demais. O acesso a áreas verdes públicas de maior porte, portanto, não se mostra sistematicamente mais restrito onde a criticidade é maior.

A Figura 2C evidencia a distribuição desigual da área de praças e parques por habitante, indicador que apresenta a variação mais nítida entre os setores: a mediana é nula no quintil mais crítico, contra 1,0 m²/hab nos demais, e 61% dos setores do quintil mais crítico não dispõem de qualquer área de praça ou parque computada, contra 39% no quintil menos crítico. No conjunto do município, metade dos setores urbanos está nessa condição. Essa leitura é relevante porque a presença desses espaços não deve ser compreendida apenas como oferta recreativa e/ou paisagística, mas também como suporte ao conforto térmico urbano. Já a Figura 2D indica que o atendimento populacional não é menor nos setores mais críticos: a mediana é de 100% tanto no quintil superior quanto nos demais. Esse indicador tem baixo poder de discriminação, uma vez que 66% dos setores registram atendimento de 100%.

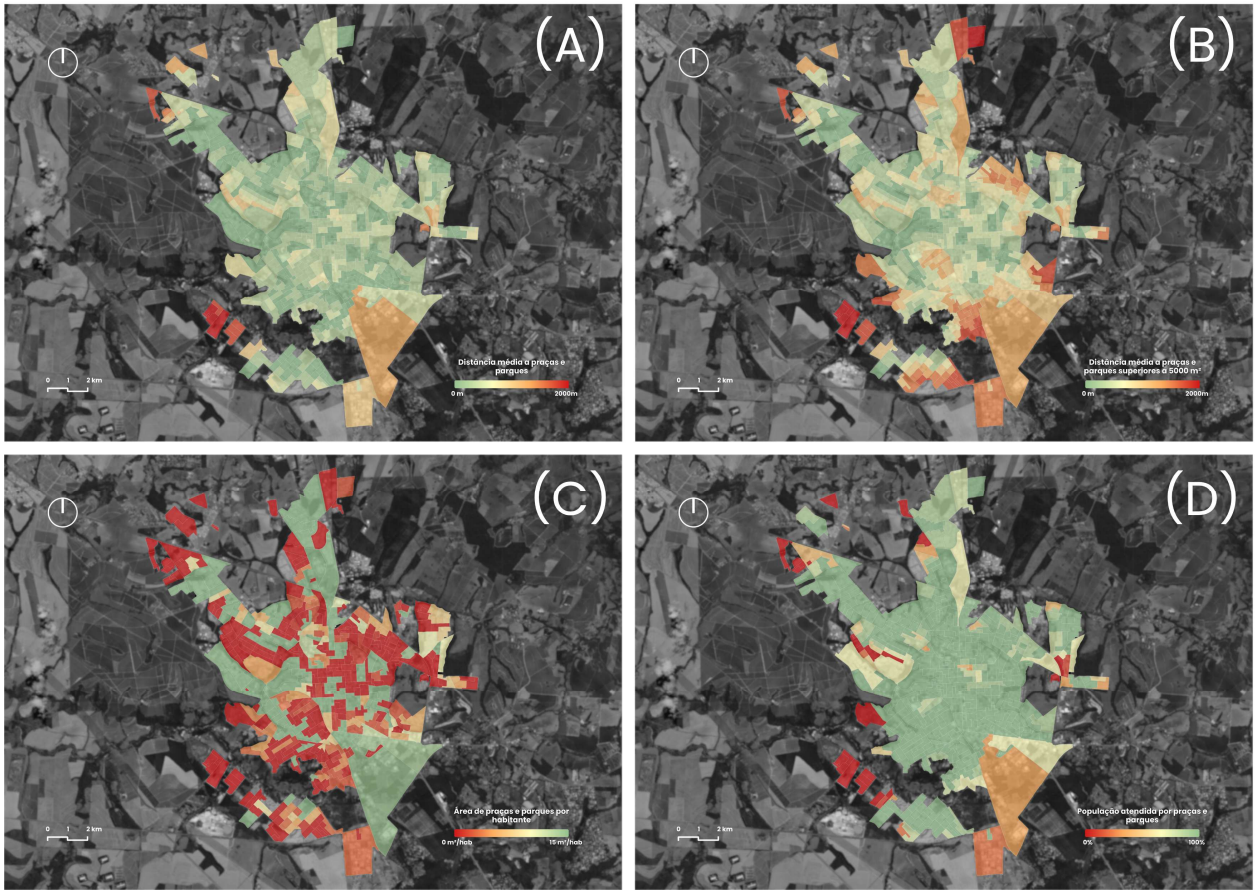

Figura 2 – Infraestrutura verde: (A) distância média a praças e parques; (B) distância média a praças e parques superiores a 5000 m²; (C) área de praças e parques por habitante; (D) população atendida por praças e parques (Os autores, 2026).

De modo geral, os resultados sugerem que a limitação da infraestrutura verde pública nos setores mais críticos é menos uma questão de proximidade e mais de porte, disponibilidade efetiva e qualificação dos espaços existentes. Em áreas periféricas e densas, a presença de pequenos logradouros vegetados assegura distâncias curtas e cobertura formal de atendimento elevada, sem que isso se traduza em área verde por habitante capaz de oferecer sombreamento, permanência e alívio térmico. Nesse sentido, a Plataforma UrbVerde permite identificar áreas prioritárias para estratégias de planejamento urbano, como ampliação da cobertura vegetal, qualificação de praças e parques existentes, criação de novos espaços livres públicos de maior porte e melhoria da conectividade entre áreas verdes.

5. CONCLUSÕES

A análise realizada indica que a criticidade térmico-vegetacional em São Carlos apresenta distribuição desigual no território urbano, concentrando-se sobretudo em áreas periféricas e de expansão urbana. Esses setores combinam maior exposição populacional às ICU, menor cobertura vegetal e maior impermeabilização do solo, configurando condições ambientais menos favoráveis ao conforto térmico urbano. Quando comparados aos indicadores de praças e parques, observa-se que essas áreas apresentam menor disponibilidade de área verde por habitante, ainda que não maiores distâncias médias aos espaços existentes nem menor cobertura formal de atendimento.

Os resultados reforçam que praças, parques e demais elementos vegetados devem ser compreendidos não apenas como espaços decorativos e/ou recreativos, mas como componentes estratégicos para a promoção do conforto ambiental, do bem-estar e da adaptação urbana ao calor. A menor disponibilidade de área verde por habitante nos setores mais críticos, combinada ao pequeno porte dos espaços existentes, pode reduzir a capacidade desses territórios de oferecer alívio térmico à população residente, ainda que a distância média até esses espaços seja curta.

Conclui-se que a Plataforma UrbVerde constitui uma ferramenta relevante para a leitura intraurbana das relações entre exposição ao calor, cobertura vegetal, impermeabilização do solo e infraestrutura verde pública. Ao permitir a identificação de setores prioritários, a plataforma oferece subsídios ao planejamento urbano, especialmente para ações voltadas à ampliação da cobertura vegetal, qualificação de praças e

parques existentes, criação de novos espaços livres públicos e fortalecimento da conectividade entre áreas verdes.

Como limitação, destaca-se a ausência de dados de exposição à ICU em 53 dos 451 setores urbanos, concentrados sobretudo nos distritos periféricos de Água Vermelha e Santa Eudóxia, que restringe a leitura dessas porções do território. Os indicadores de praças e parques utilizados correspondem a distâncias médias, e não à distância ao espaço mais próximo, o que limita sua leitura como medida direta de acessibilidade. Ainda assim, o estudo contribui ao aproximar arquitetura, urbanismo e biometeorologia humana, propondo uma leitura territorial voltada à construção de cidades mais confortáveis, resilientes e habitáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COCCOLO, Silvia; KÄMPF, Jérôme; SCARTEZZINI, Jean-Louis; PEARLMUTTER, David. Outdoor human comfort and thermal stress: a comprehensive review on models and standards. **Urban Climate**, v. 18, p. 33-57, 2016. DOI: 10.1016/j.uclim.2016.08.004.

GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução de Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

HONJO, Tsuyoshi. Thermal comfort in outdoor environment. **Global Environmental Research**, v. 13, n. 1, p. 43-47, 2009.

MITTERMÜLLER, Julia; ERLWEIN, Sabine. Context-specific, user-centred: designing urban green infrastructure to effectively mitigate urban density and heat stress. **Urban Planning**, v. 6, n. 4, p. 40-53, 2021. DOI: 10.17645/up.v6i4.4393.

NAZISH, A. et al. Health impact of urban green spaces: a systematic review of heat-related morbidity and mortality. **BMJ Open**, v. 14, e081632, 2024. DOI: 10.1136/bmjopen-2023-081632.

OKE, Timothy R.; MILLS, Gerald; CHRISTEN, Andreas; VOOGT, James A. **Urban climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento para o processo 2025/14706-0 vinculado ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU – USP).