



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE SÃO CARLOS, SP: ANÁLISE DO CAMPO TÉRMICO ATRAVÉS DE MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA DO AR E UMIDADE RELATIVA

Bojana Galusic (1); Kelen Almeida Dornelles (2)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, bojana.g@gmail.com

(2) Doutora, Professora do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, kelend@usp.br

Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Av. Trabalhador São-Carlense, 400, Centro, São Carlos-SP, 13566-590, Tel.: (16) 3373-9285

RESUMO

Este artigo apresenta um estudo sobre a formação de ilhas de calor urbanas na cidade de São Carlos, SP, através da elaboração de mapas da distribuição de temperatura e umidade relativa do ar. Estas duas variáveis climáticas foram coletadas em quatro períodos de medições durante quatro estações do ano de 2017. As medições foram realizadas durante 15 dias em 10 pontos em cada período, totalizando 36 pontos com características urbanísticas diferentes. A fim de comparar os dados registrados em épocas diferentes, os dados foram normalizados e extrapolados em relação ao ponto de referência, onde as medições foram realizadas em todas as estações. A partir destes valores, foram elaborados mapas da distribuição da temperatura e umidade relativa do ar. Além disso, calculou-se a intensidade de ilha de calor urbana como a diferença entre temperaturas no meio urbano e meio rural. Os resultados indicam que as temperaturas mais elevadas e umidades mais baixas foram registradas em locais densamente edificadas, com predominância dos revestimentos impermeáveis e com pouca vegetação. Trabalhos como este, que visam compreender os aspectos ambientais do crescimento urbano, são muito importantes para as cidades de porte médio, como São Carlos, tendo em vista que estas cidades ainda estão em fase de crescimento e podem aproveitar diretrizes para um desenvolvimento mais sustentável.

Palavras-chave: ilha de calor urbana, campo térmico, São Carlos.

ABSTRACT

This article represents a study about the formation of urban heat islands in the city of São Carlos, SP, through the elaboration of maps of the distribution of air temperature and relative humidity. These two climatic variables were collected in four measurements during four seasons of the year of 2017. The measurements were performed during 15 days in 10 points in each period, totalizing 36 points with different urbanistic characteristics. In order to compare the data registered in different seasons, the data was normalized and extrapolated in relation to the reference point, where the measurements were realized in all the seasons. Based on these values, maps of distribution of air temperature and relative humidity were elaborated. Further, the intensity of urban heat island was calculated, as a difference between temperatures in urban and rural environment. The results show that the most elevated temperatures and lowest humidity were registered in densely built points, with the predominance of impermeable coatings and little vegetation. Works like this, which seek to understand environmental aspects of urban growth, are very important for medium-sized cities, such as São Carlos, considering that these cities are still in the phase of growth and can utilize guidelines for a more sustainable development.

Keywords: urban heat island, thermal field, São Carlos.

1. INTRODUÇÃO

Ilha de calor urbana é um dos fenômenos mais estudados do clima urbano, e representa o aumento significativo de temperatura do ar e das superfícies em áreas urbanizadas em comparação às áreas rurais circundantes. Fialho (2009) ressalta que embora o termo ilha de calor seja muitas vezes usado como o elemento definidor do clima urbano, a ilha de calor não representa a realidade do clima urbano, mas um dos seus aspectos.

A urbanização e a produção artificial do calor alteram a composição atmosférica, o meio urbano e, portanto, as condições climáticas (AYOADE, 1996). De acordo com informações das Nações Unidas, 55% da população mundial mora em áreas urbanas e pode ser eventualmente exposta aos efeitos negativos causados por este fenômeno (ONU, 2018). As temperaturas elevadas em espaços urbanos resultam em desconforto térmico, aumento de uso de energia para resfriamento e vários problemas de saúde, principalmente em populações mais sensíveis, tais como crianças e idosos. Por constante crescimento deste problema, existem diversas pesquisas sobre as causas do efeito da ilha de calor e sobre as estratégias para reduzi-lo.

Klok et al. (2012), Lo e Quattrochi (2003) e Voogt e Oke (2003), entre outros, diferenciam entre ilha de calor superficial, com temperaturas superficiais elevadas, e ilha de calor urbana, com temperaturas do ar elevadas. De acordo com Lo e Quattrochi (2003), as variações das temperaturas superficiais são maiores durante o dia, enquanto as variações das temperaturas do ar são maiores durante a noite. Similarmente, a avaliação de ilhas de calor pode ser grosseiramente dividida em abordagem em escala ampla utilizando sensoriamento remoto para a medição de temperaturas superficiais e abordagem em escala menor utilizando pequenas estações meteorológicas ou dispositivos móveis para identificar ilhas de calor urbanas a partir de temperaturas do ar (COSEO; LARSEN, 2014).

Embora a intensidade da ilha de calor urbana varie de acordo com cada localidade, existem alguns padrões na variação diurna que são característicos para ilha de calor na maioria das cidades. A intensidade da ilha de calor é comumente expressa pela diferença entre as temperaturas do ar no meio urbano e rural. Essa diferença é geralmente menor pela manhã e aumenta ao longo do dia com o aquecimento das superfícies e do ar. Em geral, a intensidade da ilha de calor é maior no período noturno, uma vez que as superfícies liberam o calor armazenado durante o dia e assim continuam aquecendo o ar urbano (OKE, 1987).

A formação de ilhas de calor urbanas é um processo complexo e envolve vários fatores, que influenciam o clima urbano. Segundo Oke (1982), o uso de pavimentação com baixa permeabilidade em lugar do solo natural e a diminuição de áreas verdes modificam o balanço de energia alterando as trocas térmicas entre a superfície e o meio. De modo similar, Akbari (1997), Gartland (2010) e Romero (2011), afirmam que a grande quantidade dos materiais impermeáveis e ausência de vegetação no meio urbano reduzem a umidade e afetam negativamente o processo de evapotranspiração, impossibilitando a dissipação do calor do sol. De acordo com Givoni (1991) e Gartland (2010) a configuração urbana tipo cânion, a qual, em combinação com revestimentos e pavimentos escuros, absorve e armazena mais energia solar, contribui significativamente para a existência desse fenômeno.

Alguns trabalhos sobre o clima urbano realizados no Brasil mais recentemente são: Assis (2000), Duarte (2000), Carvalho (2001), Bartholomei (2003), Saydelles (2005), Costa (2007), Fialho (2009), Shinzato (2009) e Nogueira (2011). Atualmente, profissionais de várias áreas estudam os fenômenos do clima urbano visando criar espaços urbanos confortáveis e saudáveis.

Embora São Carlos, SP seja uma cidade de porte médio, percebe-se que o processo de urbanização alterou as condições climáticas, criando assim uma área urbana sujeita à formação de ilhas de calor. Existem alguns estudos prévios que comprovam a formação da ilha de calor urbana em São Carlos: Souza (1996), Fontes (1998), Barbosa (2009) e Silva (2011). No entanto, estes estudos não foram realizados de uma maneira extensa, quanto ao tempo e locais de monitoramento. Tendo em vista os estudos previamente realizados, a questão principal desta pesquisa é identificar a existência de ilhas de calor em diferentes regiões de São Carlos, através de medições fixas durante as quatro estações do ano e análise do campo térmico.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar a análise do campo térmico e identificar a formação das ilhas de calor urbanas na cidade de São Carlos, SP, a partir da coleta de dados da temperatura e umidade relativa do ar em quatro estações do ano e elaboração de mapas da distribuição da temperatura e umidade relativa.

3. MÉTODO

Os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho estão divididos em quatro etapas principais:

1. Definição dos locais de coleta das variáveis climáticas.
2. Coleta e normalização/interpolação das variáveis climáticas.
3. Elaboração e análise dos mapas da distribuição da temperatura e umidade relativa do ar.
4. Cálculo de intensidade de ilha de calor urbana

3.1. Definição dos locais de coleta

O levantamento das variáveis climáticas, temperatura e umidade relativa do ar, foi realizado em 36 pontos espalhados na malha urbana da cidade de São Carlos, SP. Os pontos de medição foram preferencialmente escolhidos de tal maneira a representar diferentes tipos de ocupação urbana. No entanto, essa escolha dependeu também do número de instrumentos de medição disponíveis para monitoramento simultâneo e também da possibilidade de instalar os equipamentos no local de maneira segura. Foi analisada a porcentagem de cobertura do solo permeável dentro do raio de 200 m no entorno de locais possíveis de medição, bem como a altitude (Tabela 1). Procurou-se também a proximidade aos fluxos de água em alguns pontos. No final, 7 pontos ficam à distância de menos de 200 m dos córregos. Deste modo, o levantamento foi realizado em 10 pontos em cada estação durante o ano de 2017.

Adotou-se um ponto de referência (Ponto 4), no qual as medições foram realizadas em todas as estações. O Ponto 4 foi escolhido como ponto de referência devido ao fácil acesso e segurança no local. A Figura 1 mostra o mapa da cidade de São Carlos com os pontos de coleta. Destes 36 pontos, 30 são casas privadas (Pontos 4-9; 11-18; 20-26 e 28-36), 4 estão localizados em campi universitários (Pontos 1-3 e 27), 1 ponto situa-se em um local de comércio (Ponto 10) e 1 ponto é o Centro de Divulgação Cultural e Científica da USP (Ponto 19).

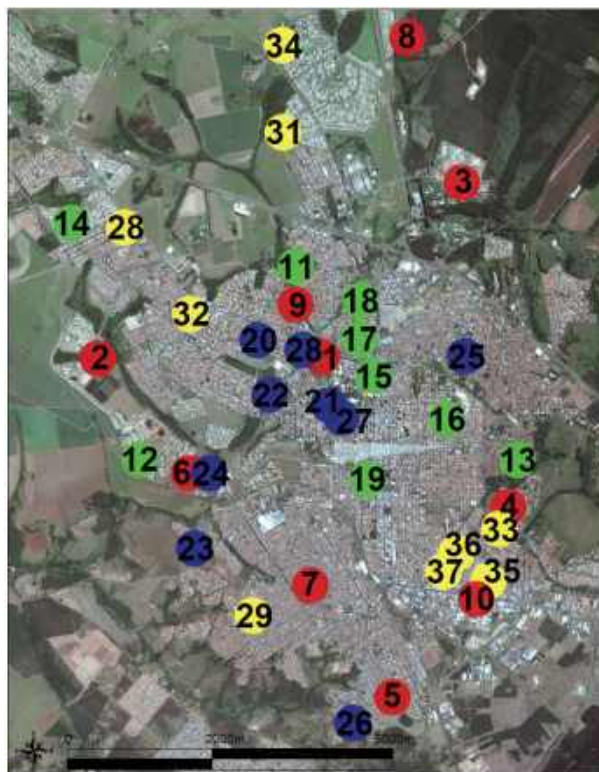


Figura 1 – Mapa de São Carlos com os pontos de medição.

Tabela 1 – Altitude e porcentagem das superfícies permeáveis nos entornos dos pontos de medição

Altitude	< 800 m	801-820 m	821-840m	841-860m	861-880m
	1 ponto	5 pontos	6 pontos	10 pontos	14 pontos
Permeabilidade	<15%	16-30%	31-45%	46-60%	>60%
	12 pontos	10 pontos	6 pontos	5 pontos	3 pontos

3.2. Coleta das variáveis climáticas

3.2.1. Variáveis e períodos de medição

As variáveis climáticas registradas durante as medições foram a temperatura do ar e a umidade relativa. Realizaram-se quatro grupos de medições durante o ano de 2017, uma para cada estação do ano (Tabela 2). A duração dos monitoramentos foi de 15 dias consecutivos, com intervalo de registro de 30 minutos. Devido à restrição de tempo no uso dos equipamentos, a medição durou 14 dias consecutivos durante a estação de inverno. As cores na Tabela 2 correspondem às cores na Figur.

Tabela 2 – Períodos de medição.

Estação	Período de medição	Intervalo de medição	Locais de medição
Verão	De 15. 02. 2017 a 01. 03. 2017	De 30 em 30 minutos	Pontos: 1-10
Outono	De 26. 05. 2017 a 09. 06. 2017	De 30 em 30 minutos	Pontos: 4 e 11-19
Inverno	De 01. 09. 2017 a 15. 09. 2017	De 30 em 30 minutos	Pontos: 4 e 20-28
Primavera	De 03. 12. 2017 a 18. 12. 2017	De 30 em 30 minutos	Pontos: 4 e 29-37

3.2.2. Equipamentos de medição

A coleta de dados em campo foi realizada usando 10 sensores da marca HOBO, modelo H08-003-2, fabricados pela *Onset Computer Corporation*. Os sensores deste modelo registram a temperatura do ar e a umidade relativa. Além disso, foram obtidos os dados da umidade absoluta, uma vez que o software de leitura dos equipamentos utilizados calcula esta variável automaticamente.

De acordo com algumas pesquisas anteriores (BARBUGLI, 2004; COSTA, 2007), os medidores deste tipo são muito sensíveis quanto à radiação solar direta. Assim sendo, todos os instrumentos foram protegidos por uma caixa protetora de plástico, a fim de evitar a interferência da radiação solar direta nos dados registrados. Os instrumentos foram fixados com adesivos Velcro dentro das caixas protetoras, as quais apresentam furos nos quatro lados para viabilizar a circulação livre do ar e são revestidas por fita de alumínio de baixa emissividade (Figura 2). Além de oferecer a proteção contra a radiação solar, as caixas protetoras facilitaram a instalação no local da medição.

O critério principal durante a instalação dos instrumentos foi a altura e o sombreamento. Para as medições da temperatura do ar, é recomendado instalar o equipamento numa altura entre 1,25 e 2 metros acima do solo em áreas rurais. Em áreas urbanas são permitidas alturas até 5 metros (OKE, 2006). Durante esta pesquisa, os instrumentos foram instalados em alturas de 2 a 3 metros, com a exceção dos Pontos 2 e 6. Nestes pontos, os instrumentos foram instalados numa altura menor que 2 metros e maior que 3 metros, respectivamente, devido às características do local. Também, durante a instalação evitaram-se lugares próximos a alguns materiais, tais como vidro ou policarbonato, pois estes materiais poderiam interferir nos dados medidos devido às suas características termofísicas.



Figura 2 – Instrumento HOBO e caixa protetora.

3.2.3. Normalização dos dados

Como o monitoramento foi feito em 4 estações diferentes, não é possível fazer uma comparação direta dos dados climáticos levantados. Para normalizar as variáveis climáticas, trabalhou-se com diferenças dos valores médios da temperatura e umidade entre o ponto de referência e todos os pontos restantes. Considerou-se que a variação da temperatura e umidade de cada ponto de coleta mantinha-se constante em relação ao ponto de referência (Ponto 4) independente do mês de medição (BARBUGLI, 2004).

3.3. Elaboração dos mapas da distribuição da temperatura e umidade relativa do ar

A partir dos dados climáticos normalizados, foram elaborados mapas térmicos e mapas da umidade relativa para todas as estações. Utilizou-se o software QGIS, versão 2.8.9, um programa de sistema de informação geográfica (SIG) com código livre. As coordenadas dos pontos de medições e os valores médios da temperatura e umidade foram georreferenciados no programa, o qual interpola os dados através de algoritmo *Inverse Distance to a Power*.

3.4. Intensidade de ilha de calor

Segundo proposto em Gartland (2010) e Oke (1987), a intensidade da ilha de calor urbana é calculada como a diferença entre a temperatura do ar no meio rural e no meio urbano. Entre os locais de medição neste estudo, adotou-se o Ponto 2 como o ponto representativo para a área rural, por apresentar grande diferença quanto à superfície permeável em comparação com outros pontos. O Ponto 2 está situado na Faculdade de Engenharia Ambiental na Área 2 do Campus da USP em São Carlos. A Área 2 do Campus da USP destaca-se por ter a maioria da superfície coberta por vegetação e com edificações espalhadas pontualmente. Portanto, foram calculadas as diferenças máximas entre as temperaturas registradas no Ponto 2 e as temperaturas registradas em outros pontos, para o período de verão.

4. RESULTADOS

A seguir serão representados e analisados os dados obtidos nesta pesquisa, primeiramente os dados climáticos e depois a confecção dos mapas da distribuição da temperatura do ar e umidade relativa.

4.1. Normalização dos dados

A fim de comparar os dados da temperatura do ar e umidade relativa registrados em períodos diferentes, realizou-se a extrapolação dos dados. A Tabela 3 mostra o exemplo da extrapolação da temperatura média no Ponto 2 para todas as estações. O monitoramento neste ponto foi realizado durante a primeira medição, ou seja, durante a estação de verão. A partir das temperaturas médias medidas no Ponto 2 e Ponto 4, foi calculada a diferença das temperaturas médias entre estes dois pontos, a qual é considerada constante. Para obter os valores extrapolados, utilizou-se a temperatura média medida no Ponto 4 durante as três estações restantes e a diferença das temperaturas médias entre Ponto 2 e Ponto 4 medidas no verão. Utilizando este método, foram extrapolados valores da temperatura e umidade relativa para todos os pontos e todas as estações. A Figura 3 mostra os valores médios da temperatura e umidade relativa do ar em todos os pontos e todos os períodos de medição.

Mesmo com todos os cuidados durante a instalação dos equipamentos, a análise dos dados medidos mostrou valores muito altos nos Pontos 6, 12 e 23, em comparação com os valores medidos em outros pontos no mesmo período. Estes picos de temperatura foram registrados sempre no mesmo horário e considerando a orientação dos locais de instalação, acredita-se que os instrumentos ficaram expostos à incidência de radiação solar direta. Tendo em vista o acima exposto, os mapas da distribuição da temperatura e umidade relativa foram elaborados sem considerar os Pontos 6, 12 e 23.

Tabela 3 – Extrapolação da temperatura média no Ponto 2 para todas as estações.

Estação	Cálculo das temperaturas médias
1ª medição – verão	Valores medidos: T _{méd} P2 = 24,59 °C ; T _{méd} P4 = 26,66 °C Diferença: T _{méd} P4 – T _{méd} P2 = 2,07 °C (diferença constante)
2ª medição – outono	Valor medido: T _{méd} P4 = 21,22 °C Valor extrapolado: T _{méd} P2 = T _{méd} P4 – 2,07 °C = 19,15 °C
3ª medição – inverno	Valor medido: T _{méd} P4 = 24,15 °C Valor extrapolado: T _{méd} P2 = T _{méd} P4 – 2,07 °C = 22,08 °C
4ª medição – primavera	Valor medido: T _{méd} P4 = 25,03 °C Valor extrapolado: T _{méd} P2 = T _{méd} P4 – 2,07 °C = 22,96 °C

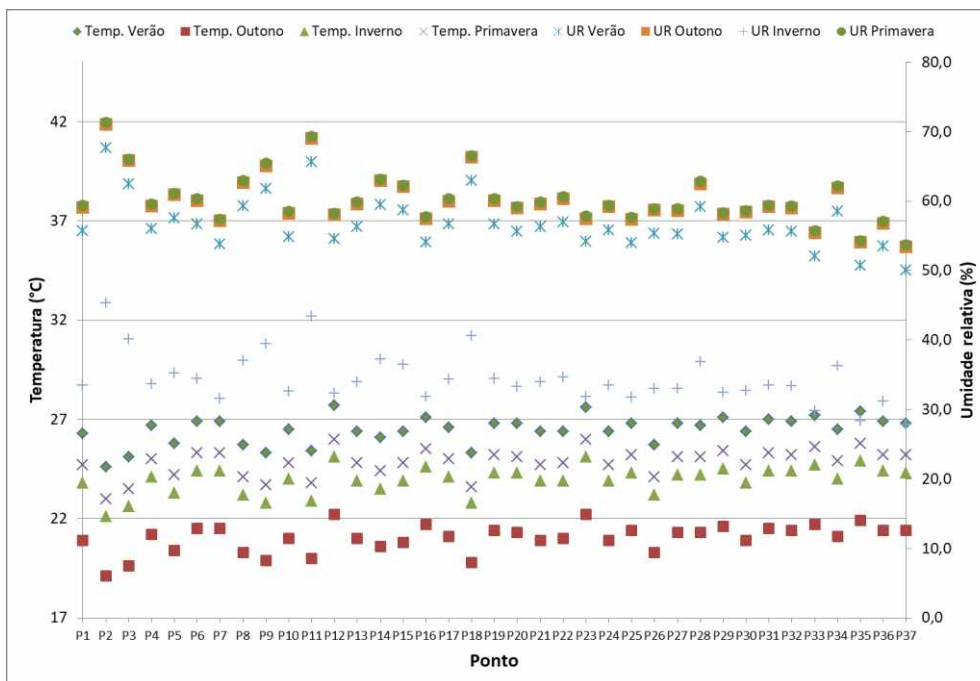


Figura 3 – Temperatura e umidade relativa média em todos os pontos e todos os períodos de medição.

4.2. Mapas de distribuição da temperatura e umidade relativa

A partir dos dados apresentados na Figura 3 foram elaborados mapas de distribuição da temperatura e umidade relativa no programa QGIS. A Figura 4 apresenta mapas térmicos das quatro estações.

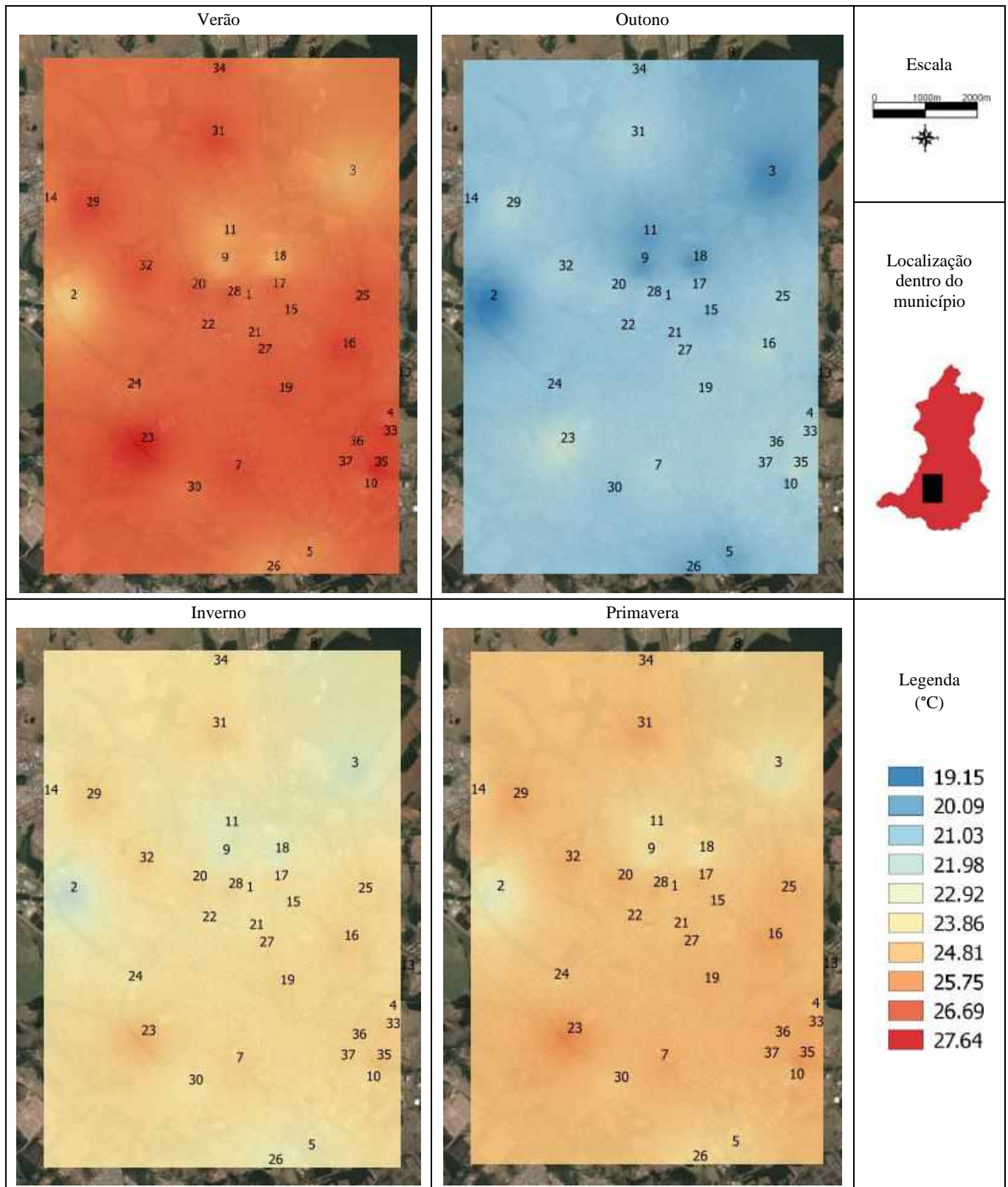


Figura 4 – Mapas térmicos para todos os períodos de medição (Temperaturas, em °C).

Percebe-se que a estação mais fria foi o outono, enquanto o verão foi a estação mais quente. As temperaturas foram semelhantes durante o inverno e a primavera. Foi utilizada a mesma escala de cores para todas as estações, com a temperatura mínima de 19,15 °C, registrada no período de outono no Ponto 2 e a temperatura máxima de 27,66 °C, registrada no período de verão no Ponto 23. Dado que os valores dentro de cada estação foram muito próximos (por exemplo, a amplitude térmica média durante a primavera foi somente 1,1 °C), a diferença entre pontos não fica muito perceptível.

Os mapas da umidade relativa para as quatro estações estão representados na Figura 5.

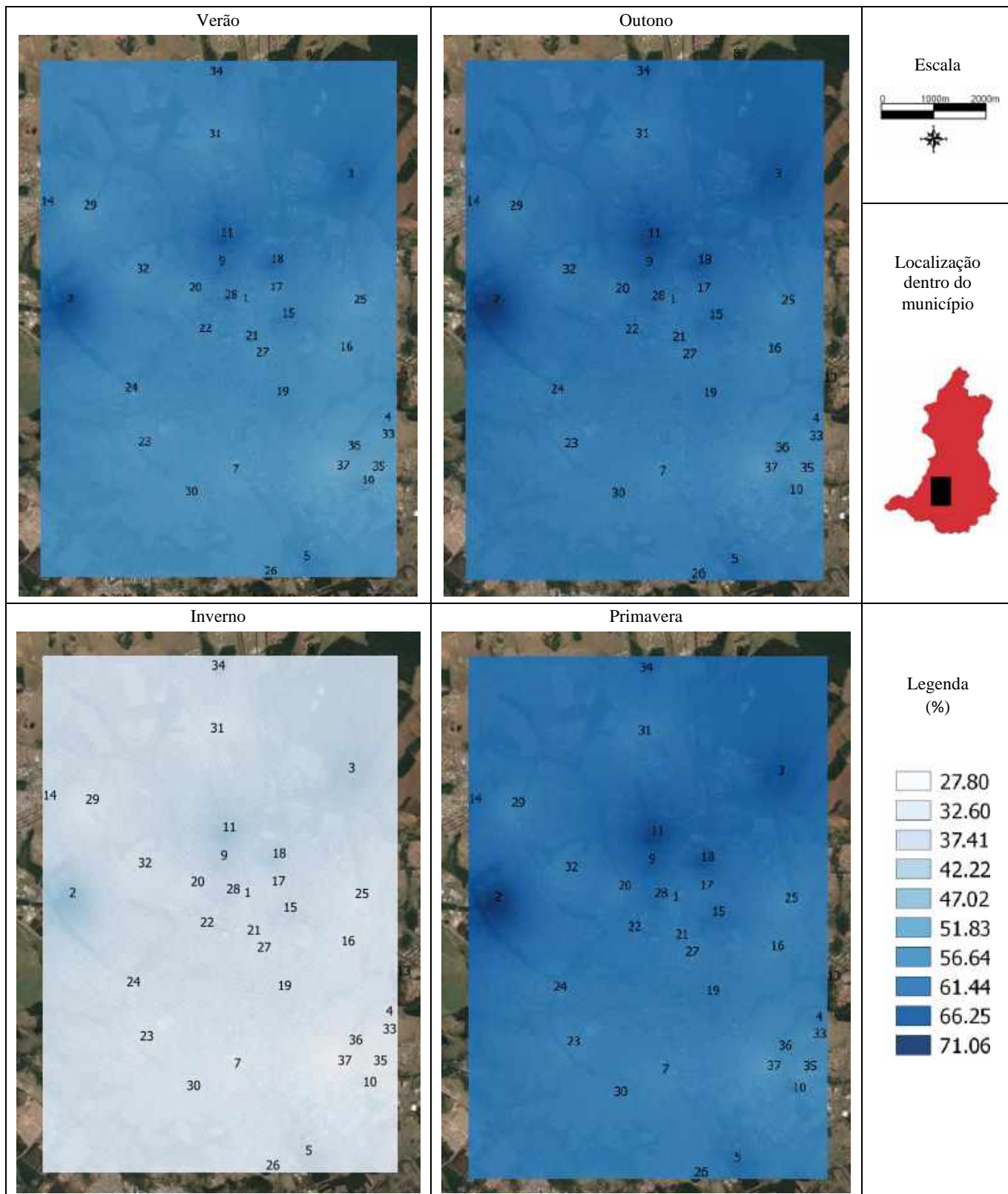


Figura 5 – Mapas da umidade relativa para todos os períodos de medição (em %).

Nota-se a grande diferença entre a estação mais seca, o inverno, e as outras estações, bastante semelhantes em termos da umidade. Foi utilizada a mesma escala de cores para todas as estações, com a umidade mínima de 27,8%, registrada durante o período de inverno no Ponto 37 e a máxima de 71,06%, registrada durante o período de primavera no Ponto 2.

Na Figura 6 estão representados os mapas da distribuição da temperatura e umidade relativa no período de verão, com a escala de cores ajustada aos valores desta estação. Como o comportamento dos pontos é semelhante em todas as estações, não serão apresentados mapas térmicos com escalas ajustadas para as estações restantes.

As temperaturas variam entre a temperatura mínima de 24,59 °C, registrada no Ponto 2 e a temperatura máxima de 27,64 °C, registrada no Ponto 23. Destacam-se duas regiões com temperaturas mais baixas: no leste a região da Área 2 do Campus da USP (Ponto 2) e no quadrante nordeste a região da UFSCar e do córrego Santa Maria do Leme (Pontos 3, 9, 11 e 18). Estas duas regiões apresentam uma quantidade significativa de área vegetada e alguns corpos de água. Nestes casos trata-se de áreas verdes contínuas e de grande extensão, o que resulta em regiões mais frias. De outro lado, a região sudoeste apresenta temperaturas mais elevadas, uma região residencial e periférica, densamente construída, com predominância de superfícies impermeáveis e pouca vegetação (áreas verdes pequenas e pontuais, principalmente arborização de vias). Existe a possibilidade de que o centro da cidade seja também uma região mais quente, no entanto, a medição foi feita em somente um ponto no centro da cidade, o que não é suficiente para uma análise mais profunda.

Analisando o mapa da umidade relativa no período de verão, percebe-se que as áreas com a umidade mais alta são a Área 2 do Campus da USP (Ponto 2), na região leste da cidade, o Campus da UFSCar (Ponto 3) e às margens do córrego Santa Maria do Leme (Pontos 9, 11 e 18), as mesmas regiões onde foram registradas temperaturas menores. Na região sudeste da cidade localizam-se os pontos com a umidade mais baixa: Pontos 33, 35, 36 e 37. Ressalta-se novamente que esta região está caracterizada por ausência de vegetação e corpos d'água e predominância dos materiais impermeáveis.

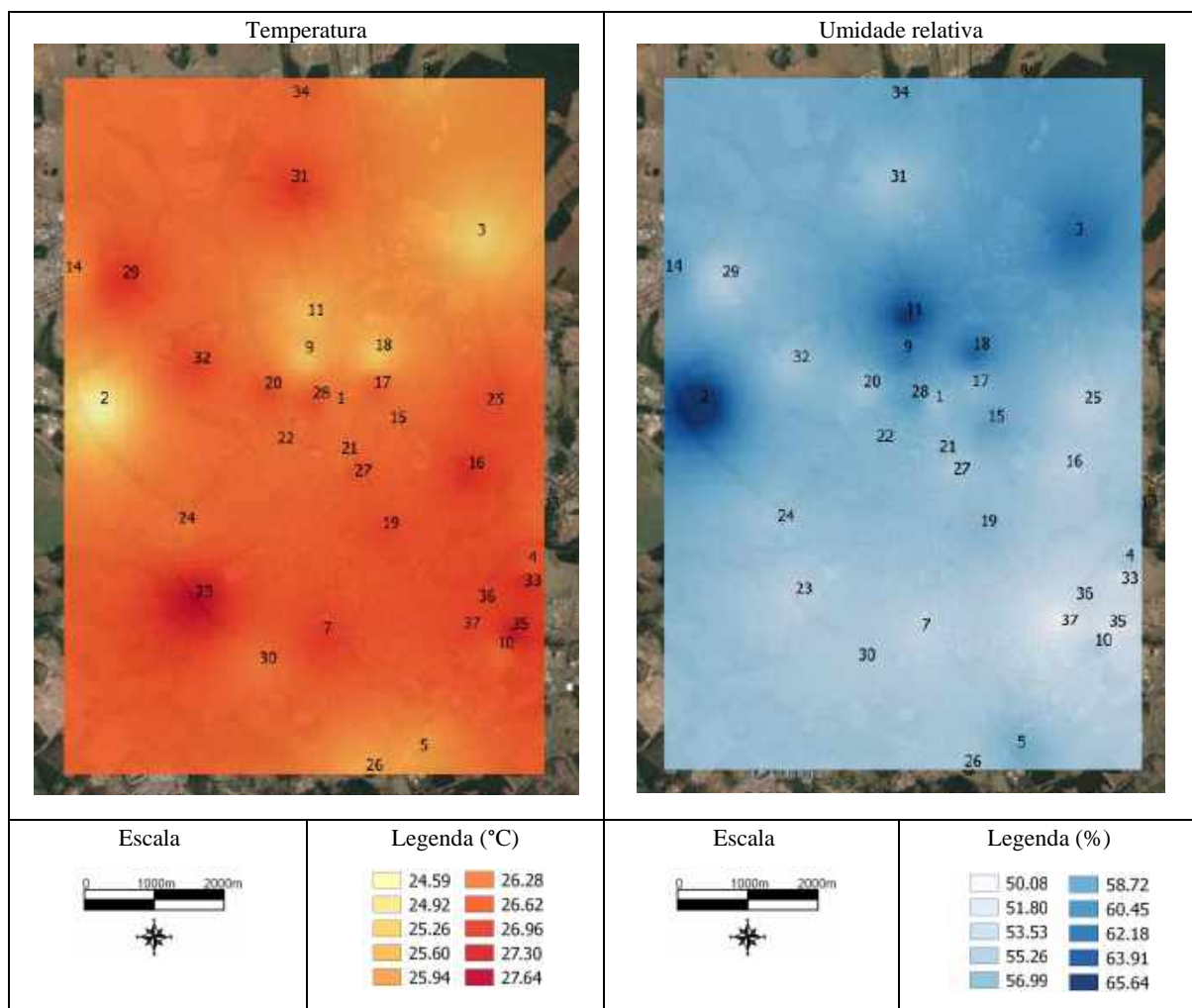


Figura 6 – Mapas de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) no período de verão.

4.3. Intensidade de ilha de calor

Foram calculadas as diferenças máximas entre as temperaturas registradas no Ponto 2 e as temperaturas registradas em outros pontos, para o período de verão (Figura 7). Os dados foram medidos nos Pontos 1 a 10 e extrapolados para outros pontos. As diferenças mais altas, em torno de 7 °C, foram registradas nos Pontos 35, 33, 7, 10 e 16. Estes picos de ilha de calor ocorreram nos dias com céu aberto, sem chuva, no período noturno, entre as 20h e 22h, como afirmado em Gartland (2010). Estes locais são na sua maioria densamente construídos e com pouca vegetação, sendo ela principalmente arborização de vias, pontualmente distribuída. Os locais com menor intensidade de ilha de calor foram os Pontos 3, 9, 8 e 19. Estes locais apresentam uma

porção de pelo menos 30% da cobertura do solo permeável (no entorno com o raio de 200m) e alguns também ficam próximos aos fluxos de água. Os entornos de alguns pontos mais representativos podem ser vistos na Tabela.

Tabela 4 – Entornos de alguns pontos com maior e menor intensidade de ilha de calor urbana.

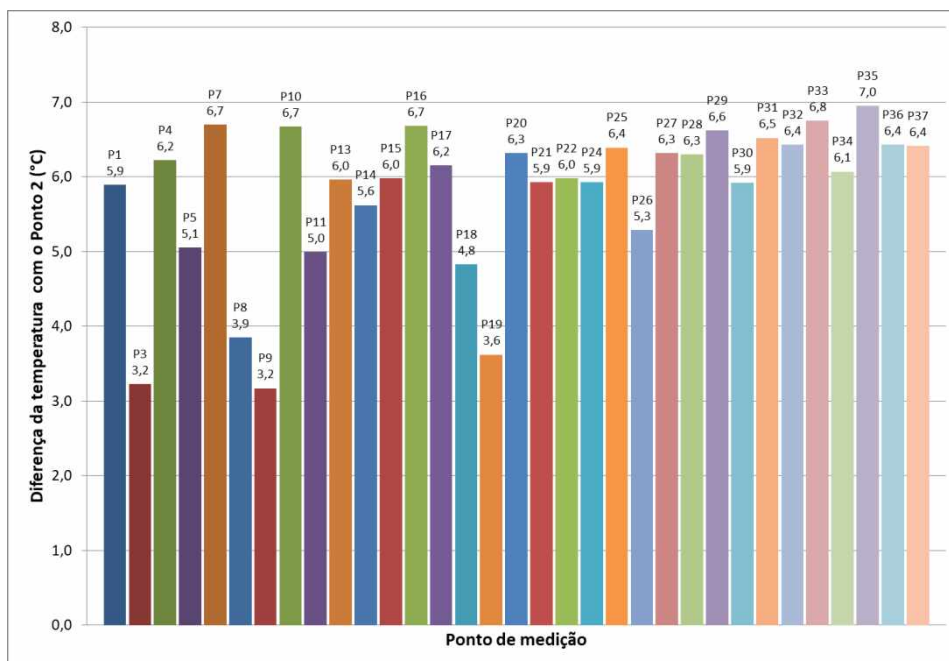
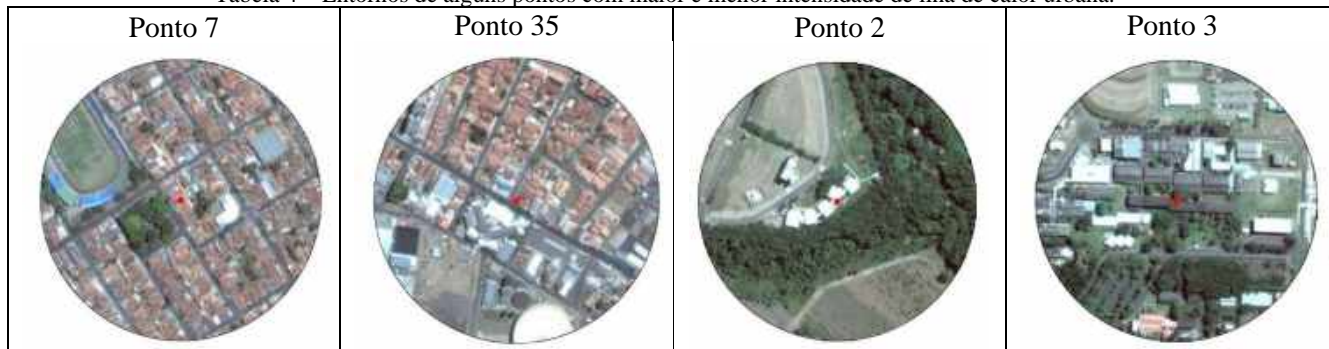


Figura 7 – Diferença entre a temperatura do ar no Ponto 2 e outros pontos no período de verão.

5. CONCLUSÕES

Com base nos dados climáticos coletados e na análise dos mapas da distribuição da temperatura e umidade relativa apresentados neste trabalho, confirma-se que existem regiões da cidade de São Carlos sujeitas à formação de ilhas de calor urbanas. Percebe-se que as temperaturas elevadas foram registradas em locais densamente edificados, com predominância dos revestimentos impermeáveis e com pouca vegetação. Consequentemente, nestes locais foi registrada baixa umidade relativa do ar devido ao impedimento do processo da evaporação d'água, como afirmado em Akbari (1997) e Romero (2011), entre outros.

Concluiu-se que a presença da vegetação e de corpos d'água impacta significativamente no microclima no seu entorno, pois os locais com a temperatura mais baixa e a umidade mais alta foram aqueles com muita vegetação (grama e árvores) e perto de fluxos de água. Identificaram-se ilhas de calor com intensidade de até 7 °C em alguns pontos, caracterizados pela ausência da vegetação e presença de densa construção em materiais impermeáveis.

Este estudo, como diversos outros previamente realizados no Brasil, confirma a necessidade de considerar o conforto ambiental no planejamento urbano das cidades brasileiras. Ressalta-se a importância de adotar estratégias para reduzir o efeito da ilha de calor, como parte de diretrizes para projetos urbanos a fim de criar espaços termicamente confortáveis. O planejamento urbano adequado, que visa compreender os aspectos ambientais do crescimento das cidades, é especialmente importante para as cidades de porte médio,

como São Carlos, tendo em vista que estas ainda estão em fase de crescimento e podem fazer uso de diretrizes para um desenvolvimento mais sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKBARI, H. et al. Painting the town white and green. *Journal Technology Review*, vol. 100, ed. 2, p. 52-59, 1997.
- ASSIS, E. S. **Impactos da forma urbana na mudança climática: método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – FAU, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- BARBOSA, R. V. R. Estudo do campo térmico urbano de São Carlos (SP): análise da intensidade da ilha de calor urbano em episódio de verão. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – EESC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- BARBUGLI, R. A. **Influência do ambiente construído na distribuição das temperaturas do ar em Araraquara/SP**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, 2003.
- CARVALHO, M. M. **Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.
- COSEO, P., LARSEN, L. How factors of land use/land cover, building configuration, and adjacent heat sources and sinks explain Urban Heat Islands in Chicago. *Landscape and Urban Planning*, vol. 125, p. 117-129, 2014.
- COSTA, A. D. L. O revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2007.
- DUARTE, D. H. S. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental**. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2000.
- FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- FONTES, M. S. G. C. **Efeito climático das áreas de fundo de vale no ambiente urbano: o caso de São Carlos - SP**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – EESC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- KLOK, L., ZWART, S., VERHAGEN, H., MAURI, E. The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 64, p. 23-29, 2012.
- LANDSBERG, H. E. **The Urban Climate**. New York: Academic Press, 1981.
- LO, C. P., QUATTROCHI, D. A. Land-Use and Land-Cover Change, Urban Heat Island Phenomenon, and Health Implications: A Remote sensing approach. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 69, n. 9, p. 1053-1063, 2003.
- NOGUEIRA, A. M. P. **Configuração urbana e microclimas: estudo em loteamento horizontal de Maceió-Alagoas**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.
- ROMERO, M. A. B. **Arquitetura do lugar: uma visão bioclimática**. São Paulo: Nova Técnica Editorial, 2011.
- OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society*, vol. 108, n. 455, p. 1-24, 1982.
- _____. **Boundary Layer Climates**. Routledge, 1987.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Disponível em: <<https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>>. Acesso em: 07.04.2019.
- SAYDELLES, A. P. **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria-RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- SILVA, L. F. D. **Estudo do campo térmico da cidade São Carlos (SP) em um episódio climático de inverno**. Tese (Doutorado Engenharia Ambiental) – EESC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
- SOUZA, L. C. L. **Influência da geometria urbana na temperatura do ar ao nível do pedestre**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – EESC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.
- VOOGT, J. A., OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, v. 86, p. 370-384, 2003.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à CAPES pela concessão da bolsa de mestrado, ao CNPq pelo auxílio financeiro (Processo CNPq 402720/2016-4), ao Prof. Dr. Victor Roriz pelo empréstimo dos instrumentos e às pessoas que gentilmente permitiram a instalação dos instrumentos em suas residências.