

ANÁLISE DA TEMPERATURA DO AR EM CIDADE DE PEQUENO PORTE

ANALYSIS OF THE AIR TEMPERATURE IN A SMALL CITY

Gislene Figueiredo Ortiz Porangaba¹

Resumo: As cidades são resultado das maiores intervenções antrópicas na superfície terrestre. Tais intervenções não respeitam as condições naturais preexistentes influenciando na qualidade ambiental urbana de forma negativa. Assim, dentre as diferentes alterações que o ambiente sofre ao ser urbanizado destaca-se o clima urbano, que se configura na transformação da atmosfera urbana local, potencializando o aumento da temperatura do ar, queda na umidade relativa do ar, concentração das precipitações, mudança na direção dos ventos e aumento da poluição. No intuito de detectar as áreas mais problemáticas das cidades, estudos estão sendo realizados para auxiliar na tomada de decisões para a mitigação dos efeitos do clima urbano. Nessa perspectiva, no presente trabalho o objetivo central é analisar a temperatura do ar de Tarumã, cidade de pequeno porte com 12.885 habitantes (Censo – IBGE, 2010). Os procedimentos metodológicos se pautaram no Sistema Clima Urbano (S.C.U.) de Monteiro (1976), no subsistema termodinâmico e canal de percepção humana do conforto térmico. Os dados acerca da temperatura do ar da cidade foram obtidos através de medidas móveis, nos dias 19, 17 e 18 de julho de 2013, às 21h. Com os resultados constatou-se que a densidade construtiva interfere na temperatura do ar, pois quanto mais densamente construída for a área mais quente ela será e que a presença de vegetação arbórea e corpos d'água auxiliam no arrefecimento do ar.

Palavras chave: Clima urbano. Temperatura do ar. Medidas móveis. Cidades pequenas. Tarumã.

Abstract: Cities are the result of major anthropogenic interventions on the earth's surface. Such interventions do not respect the pre-existing natural conditions, influencing negatively urban environmental quality. Thus, among the several alterations that the environment suffers when being urbanized the urban climate stands out, that is configured in the transformation of the local urban atmosphere, potentiating the increase of air temperature, fall in the relative humidity, precipitations concentration, change in the winds direction and increase and concentration of the pollutants. In order to detect the most problematic areas of the cities, studies are being carried out to assist in the decision making process to mitigate the effects of the urban climate. In this perspective, this paper seek to analyze the air temperature of Tarumã, a small sized city with 12,885 inhabitants (Census - IBGE, 2010). The theoretical and conceptual basis of this research was centered in the Urban Climate System (S.C.U.) by Monteiro (1976) and in the thermodynamic subsystem, human perception channel of the thermal comfort. The methodological procedures for recording air temperature data of the city were obtained through mobile measurements, on July 19, 17 and 18, 2013, at 9:00 p.m. With the results it was found that the constructive density interferes in the air temperature, because the more densely constructed the area is, the hotter it will be. In addition, the presence of arboreal vegetation and the streams help in the cooling of the air.

¹ Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - campus de Três Lagoas. E-mail: gislene.ortiz@ufms.br

Keywords: Urban climate. Air temperature. Mobile measurements. Small sized cities. Tarumã.

Introdução

As cidades são criadas a partir da transformação substancial da superfície terrestre em um ambiente artificial. Na maioria das vezes, tais transformações não respeitam as condições naturais preexistentes comprometendo a qualidade ambiental urbana. “O processo de urbanização engendra consideráveis modificações no balanço de energia, pois substitui a cobertura natural da superfície pela concentração de materiais, equipamentos e pessoas numa pequena área” (MENDONÇA, 1994, p. 20).

No Brasil na segunda metade do século XX ocorreu um rápido processo de urbanização, sendo que, no ano de 2010 a população urbana foi contabilizada em 84,4%. De acordo, com o Relatório brasileiro para o Habitat III (IPEA, 2016, p. 29), “em cinquenta anos, de 1960 a 2010, o Brasil urbano cresceu 402%, passando de 32 milhões para 160 milhões de pessoas”.

As consequências de um crescimento tão rápido das cidades brasileiras foi o agravamento dos problemas ambientais urbanos, que influenciam diretamente na vida da população urbana. Nesse cenário, com foco nas transformações causadas na atmosfera urbana destacam-se a alteração da circulação de ar, o aumento da temperatura do ar, a queda na umidade relativa do ar, a concentração das precipitações e o aumento de partículas em suspensão.

Desta forma, é gerado um clima específico, denominado clima urbano. O clima urbano é classicamente definido por Monteiro (2003, p. 19), “como um sistema que abrange o clima de um *dado espaço terrestre* e sua urbanização”.

Dentre os diferentes efeitos do clima urbano, as ilhas de calor são as que mais interferem no cotidiano do cidadão, por estarem diretamente ligadas ao campo de percepção humana e influenciarem até mesmo no desempenho físico e atividades do dia a dia, como em casos mais graves na saúde das pessoas (ORTIZ PORANGABA, 2015). As “ilhas de calor são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns absorvem e retêm mais a radiação solar do que os materiais naturais em áreas rurais ou menos urbanizadas” (GARTLAND, 2010, p. 9).

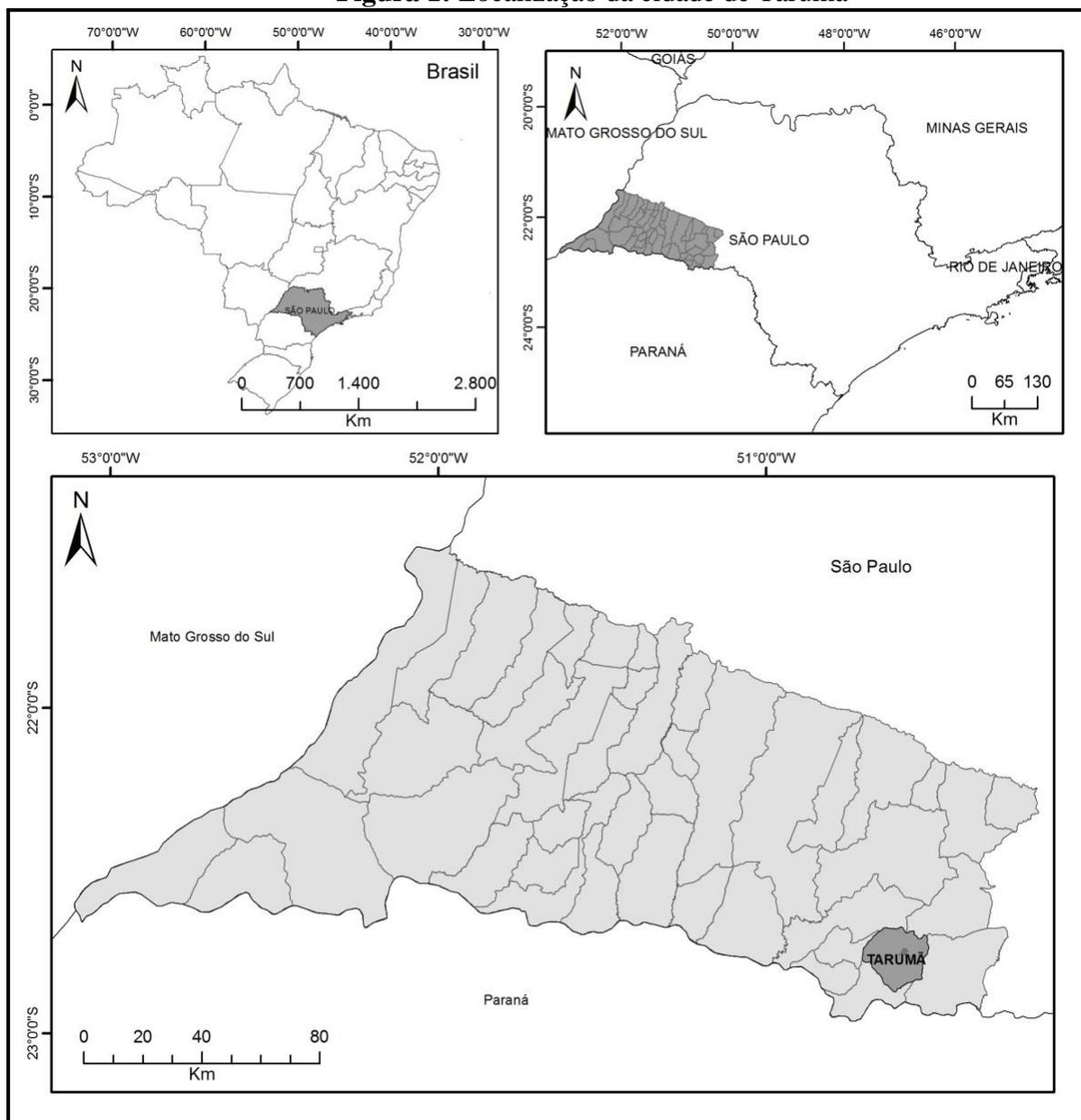
Assim, “o clima próprio gerado pela cidade provoca efeitos que são sentidos pela população através do desconforto térmico, da qualidade do ar [...] e das crescentes inundações ocasionadas pelas chuvas concentradas” (AMORIM, 2000, p. 25). Nesse sentido, percebe-se que o cidadão fica exposto aos efeitos do clima urbano, especialmente aqueles que não têm condições de climatizar suas residências ou vivem em áreas de risco afetadas por inundações e deslizamentos, tendo sua qualidade de vida comprometida (ORTIZ PORANGABA, 2015).

Desta forma, a comunidade científica vem desenvolvendo estudos para diagnosticar as alterações na atmosfera urbana e propor medidas mitigadoras. A maior concentração de tais investigações se encontra nas grandes cidades, onde, por muitas vezes, ocorrem também os maiores problemas ambientais. Entretanto, cidades de pequeno e médio porte também necessitam de investigações, pois também sofrem com problemas ambientais.

Nessa perspectiva, diferentes autores vêm desenvolvendo estudos em cidades de médio e pequeno porte, como Amorim (2000), Mendonça (2009), Ortiz (2012), Ugeda Júnior (2012), Frasca Teixeira (2015) e Ortiz Porangaba (2015), que sinalizam para as alterações nas atmosferas próximas às superfícies através dos efeitos da urbanização, mas que diferentemente das grandes cidades, podem receber ações de forma mais eficaz e crescerem com apoio de um planejamento ambiental adequado.

Com o intuito de contribuir para as investigações do clima urbano em cidades de pequeno porte, no presente estudo o objetivo central é analisar a temperatura do ar de Tarumã, cidade de pequeno porte com 12.885 habitantes, segundo o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2010. A cidade se localiza no interior do Estado de São Paulo, no quadrante -50° de longitude oeste e -22° de latitude sul, na microrregião da Média Sorocabana e na Vertente Paulista do Rio Paranapanema (Figura 1).

A área de estudo está sob a influência do clima tropical, com verão chuvoso e inverno seco, com médias de temperaturas máximas e mínimas variáveis entre 15 e 23°C. De acordo com Sant’Anna Neto (1995, p. 105), “a área [...] se encontra na faixa de transição dos climas zonais e, apesar das baixas altitudes (300 a 500 m), recebe pluviosidade média anual de 1.300 a 1.600 mm”.

Figura 1: Localização da cidade de Tarumã

Procedimentos Metodológicos

As proposições teórico-metodológicas que nortearam o presente trabalho são as do Sistema Clima Urbano (S.C.U.) de Monteiro (1976), do subsistema termodinâmico e canal de percepção humana do conforto térmico. Este subsistema está voltado para as questões do campo térmico da cidade diretamente ligado às questões da saúde da população urbana.

Com a finalidade de identificar quais são as áreas mais aquecidas das cidades estudadas, foram realizados transectos móveis (LÓPEZ GÓMEZ E FERNÁNDEZ GARCÍA,

1994; PITTON, 1997; AMORIM, 2005; UGEDA JÚNIOR, 2012; ORTIZ, 2012; FRASCA TEIXEIRA, 2015; ORTIZ PORANGABA 2015), que consistem em medidas móveis da temperatura do ar da cidade e de seu entorno rural próximo. Para tanto, os transectos foram realizados em dias de atmosfera estável, para que as dinâmicas do tempo não interferissem nos resultados. Os veículos automotores conduzidos em baixa velocidade equipados foram com haste e sensor de temperatura (termo higrômetros digitais, modelo TH-03B da marca *Impact*), a 1,5m de distância do solo. Os dias de trabalho de campo foram de 16 a 18 de julho de 2013 às 21h, horário que se pode obter informações de como as diferentes áreas construídas, com suas diversas características, retêm ou liberam o calor acumulado durante o dia.

A seleção dos pontos de mensuração dos dados ocorreu a partir das características do uso e ocupação da superfície urbana, previamente mapeadas. Durante o mapeamento foram definidas oito classes urbanas:

- **Classe 1 - Área densamente construída e com vegetação arbórea esparsa:** nessa classe existe uma alta densidade construtiva e baixa densidade arbórea, localizada geralmente nos centros urbanos;
- **Classe 2 - Área densamente construída e com vegetação arbórea:** essa classe abrange a maior porcentagem da área urbana das cidades estudadas, caracteristicamente existe alta densidade construtiva e uma boa cobertura vegetal;
- **Classe 3 - Área de alto padrão construtivo, com vegetação arbórea, terrenos grandes e áreas verdes:** essa classe é composta por residências de alto padrão construtivo, alocadas em grandes terrenos e com densidade arbórea considerável, tendo ainda a presença de áreas verdes.
- **Classe 4 - Área de conjuntos habitacionais, densamente construída e com vegetação arbórea esparsa:** a composição dessa classe é feita por meio de pequenas e densas edificações, sendo uma muito próxima da outra, onde os terrenos são menores e a quantidade de vegetação, de modo geral, é insuficiente;
- **Classe 5 - Área com construção e vegetação arbórea esparsa:** essa classe tem por característica baixa densidade construtiva e também de vegetação arbórea, são áreas ainda em crescimento;

- **Classe 6 - Área industrial:** classe composta por áreas onde se concentram indústrias na malha urbana e que contam com grandes edificações, com telhados de cobertura de zinco e a densidade de vegetação arbórea, de modo geral, é baixa;
- **Classe 7 - Área de expansão urbana:** nessa classe estão áreas com baixa densidade construtiva, que se encontram nos limites das cidades, tendo também baixa densidade de vegetação arbórea;
- **Classe 8 - Áreas verdes e praças:** essa classe foi criada para demonstrar onde se encontram esses espaços dentro das urbes, por serem essenciais na análise do clima urbano e da qualidade ambiental urbana.

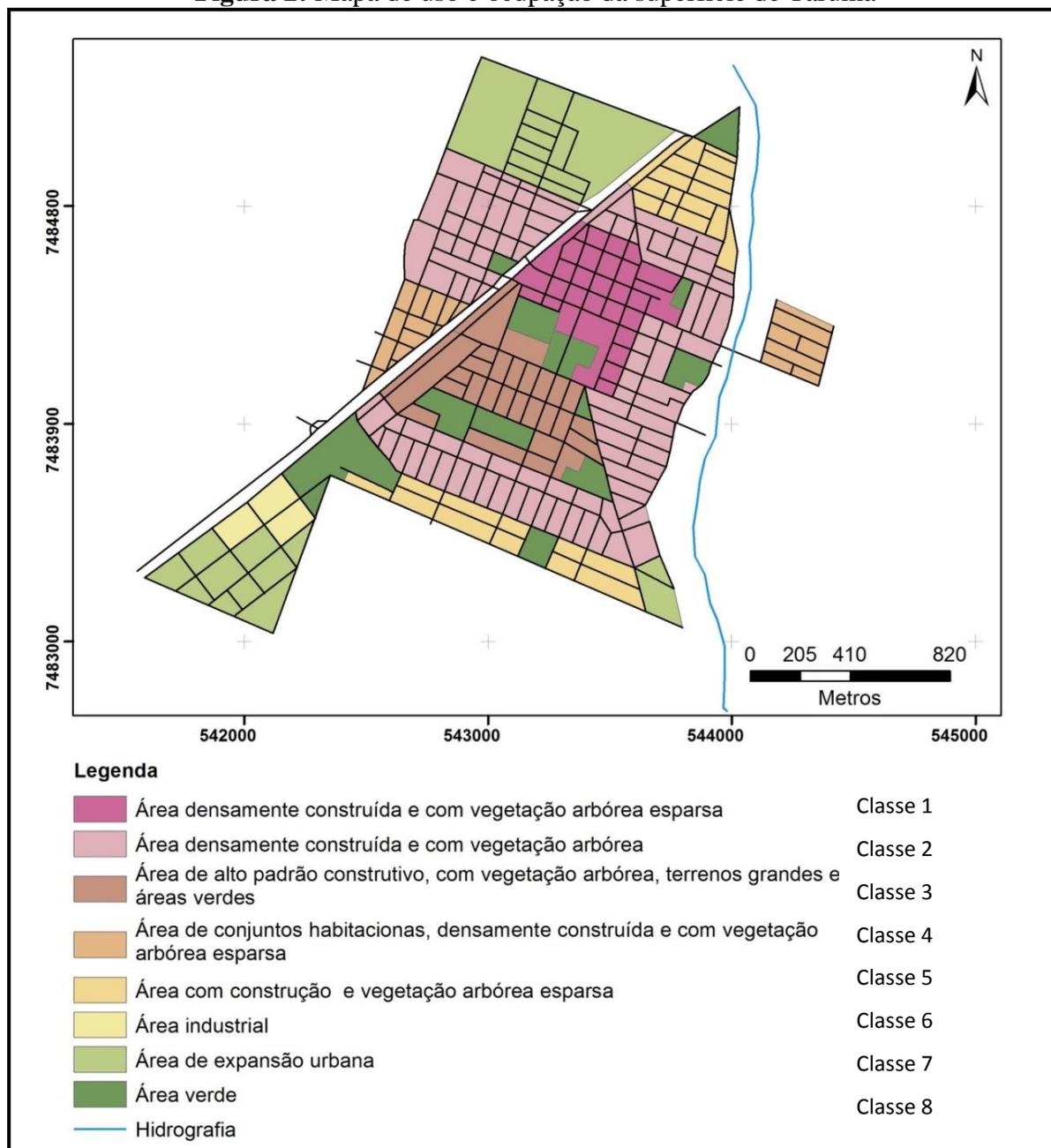
Após a realização das mensurações móveis os dados foram tratados em planilha *Excel* (é marca registrada da Microsoft Corporation), recebendo as coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) de cada ponto e assim plotados em imagem de satélite no programa *ArcGis* (É marca registrada da ESRI - *Environmental Systems Research Institute*) para representar os resultados alcançados. As informações geradas possibilitaram a análise da temperatura do ar da cidade, comparando-a com a densidade construtiva e cobertura vegetal.

Uso e ocupação da superfície urbana de Tarumã

As cidades de médio e pequeno portes podem ser facilmente mapeadas e seu espaço urbano melhor detalhado. Desta forma, as classes de uso e ocupação da superfície de Tarumã estão representadas na Figura 2. A classe 1 está fixada no centro da cidade, sendo composta por alta densidade construtiva e baixa densidade de vegetação arbórea, no limite do centro com os bairros a sudoeste. Existe um bosque urbano importante para a qualidade ambiental urbana. A classe 2 se distribui ao longo da malha urbana, em todos os quadrantes da cidade e é composta de construções de alto padrão construtivo, presença de áreas verdes e boa densidade de vegetação arbórea. A classe 3 se localiza no centro-sul da cidade. A classe 4 representa os conjuntos habitacionais, alocados ao extremo leste da cidade e trata-se de um bairro isolado e separado pelo córrego Tarumã, com alta densidade construtiva e vegetação arbórea esparsa. A classe 5 se encontra em dois pontos da cidade, ao norte e ao sul, é composta por bairros ainda em crescimento e pouca vegetação arbórea. A classe 6 compreende o distrito industrial da cidade, que é pouco desenvolvido e se localiza a sudoeste. A área para expansão urbana se limita à classe 7 e está situada nos limites urbanos, a sudeste,

a sudoeste e a noroeste. A classe 8 está praticamente em todas as áreas da cidade, ou seja, bem distribuída no interior da urbe.

Figura 2: Mapa de uso e ocupação da superfície de Tarumã



Análise da temperatura do ar de Tarumã

Os resultados apresentados neste artigo são provenientes das mensurações móveis realizadas nos dias 16, 17 e 18 de julho de 2013 às 21h na cidade de Tarumã (SP).

Para analisar o clima urbano é necessário observar os sistemas atmosféricos atuantes na região da cidade estudada, pois os mesmos interferem na atmosfera local. Nesse escopo, no dia 16 de julho de 2013, a área de estudo se encontrava sob influência de uma massa de ar Polar Atlântica, levando a temperatura do ar a oscilar de 9,2°C a 22,7°C e a umidade relativa do ar de 55% a 98%. A direção do vento predominou em sul, com velocidade entre 1,1 e 2 m/s. Conforme a Figura 3, a diferença da temperatura do ar em Tarumã foi de 4,7°C, sendo a máxima de 18,7°C e a mínima de 14°C. As temperaturas mais altas se manifestaram no centro da cidade e no bairro adjacente a noroeste (18,7°C), classes 1 e 2, com alta densidade construtiva e com vegetação arbórea ou vegetação arbórea esparsa. A menor temperatura (14°C) se deu próxima ao córrego que corta a cidade no quadrante leste, coincidindo com a classe 2, que tem a densidade construtiva alta e conta com vegetação arbórea.

No dia 17 de julho de 2013 a área de estudo ainda se encontrava sob a atuação da Massa Polar Atlântica, a temperatura mínima foi de 9°C e a máxima de 25,3°C, a umidade relativa do ar variou entre 41% e 99%. A nebulosidade foi baixa e não houve precipitação. O vento esteve em direção norte e com velocidade entre 1 e 2 m/s. Os resultados das mensurações móveis apontaram para uma diferença da temperatura do ar de 4,9°C. O padrão de aquecimento da atmosfera urbana de Tarumã nesse episódio foi similar ao do dia anterior, com a temperatura mais elevada no centro e no noroeste, sendo de 19,1°C, classes 1 e 2. A menor temperatura ocorreu também no quadrante leste próximo ao córrego (14,2°C), classe 2.

Em 18 de julho de 2013 a microrregião onde se localiza a cidade estudada ainda continuava sob a ação da massa Polar Atlântica. Nesse dia a temperatura máxima foi de 27°C e a mínima chegou a 8,8°C, a umidade relativa do ar foi de 42% a 98%. O céu esteve limpo e não ocorreu precipitação. O vento vinha de noroeste, com velocidade de 1,1 a 2 m/s. Nesse episódio constatou-se que a distribuição da temperatura do ar em Tarumã obedeceu ao mesmo padrão dos dias anteriores, com a temperatura do ar mais elevada no centro e a noroeste (24,1°C) e a temperatura do ar mais baixa no quadrante leste próximo ao curso d'água (17,8°C). A diferença de temperatura do ar foi a maior entre os episódios estudados, atingindo 6,3°C.

O padrão de aquecimento da atmosfera urbana encontrado neste estudo revelou que a densidade construtiva interfere na temperatura do ar, pois quanto mais densamente construída for à área, mais quente ela será. Os resultados encontrados também demonstraram que a conservação de vegetação arbórea e de corpos d'água no interior da cidade, propiciou a queda

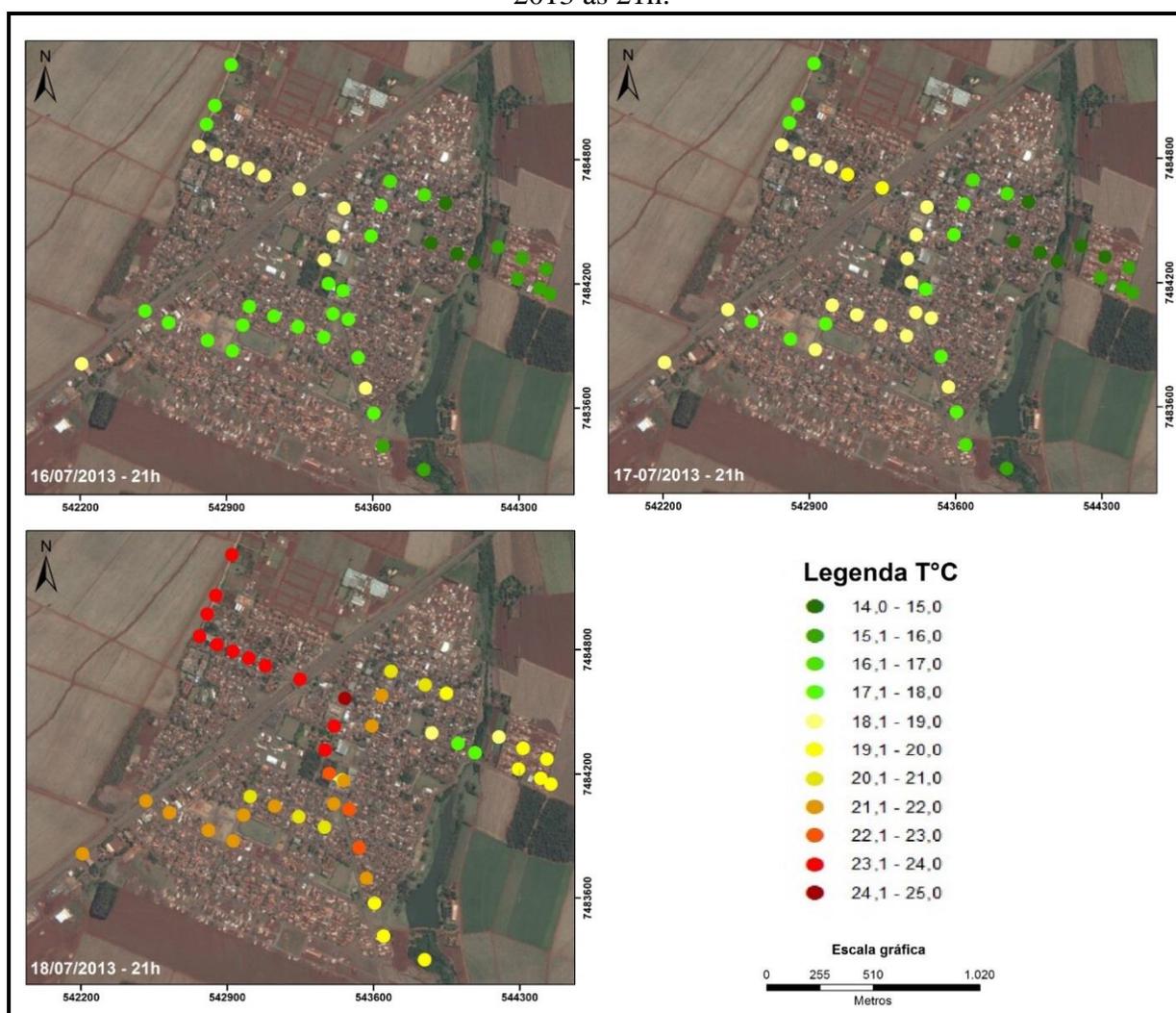
<https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/index>

da temperatura do ar, mesmo em áreas com alta densidade construtiva. Tais resultados corroboram com Gartland (2010, p. 171), quando afirma que “sem sombra, materiais de construção podem aquecer a até 90°C e pavimentos podem chegar a 70°C [...], e as árvores e vegetação bem irrigadas, bem como as áreas sombreadas abaixo deles, ficam abaixo de 38°C”.

Tarumã mesmo sendo uma cidade de pequeno porte apresentou diferenças significativas na temperatura do ar, variando de 4°C a 6,3°C. De acordo com Fernández García (1996), classificando essa diferença conforme as intensidades de ilhas de calor propostas pelo autor, elas podem consideradas de forte magnitude. Os resultados alcançado reforçam que as cidades de pequeno e médio porte apresentam importantes alterações na atmosfera próxima a superfície e merecem ser investigadas.

As áreas mais aquecidas da cidade analisada demonstraram um padrão similar ao modelo de aquecimento urbano elaborado por Oke (1974), sendo que, o centro e as áreas densamente construídas foram as mais quentes.

Figura 3: Representação da temperatura do ar em Tarumã nos dias 16, 17 e 18 de julho de 2013 às 21h.



Considerações

As análises apresentadas neste artigo demonstraram a estrita relação da urbanização com o aumento da temperatura do ar em Tarumã. Conforme Mendonça (1994, p. 20),

Vários estudos elaborados sobre o clima da cidade atestaram as modificações atmosféricas introduzidas pela ação do homem criando uma camada atmosférica urbana (*urban boundary layer*) e uma camada de cobertura urbana (*urban canopy layer*), esta última mais intrínseca ao ambiente climático urbano.

Os episódios analisados apontaram que onde a densidade construtiva é mais alta a temperatura também é. Importante destacar que se constatou a importância da presença de

vegetação arbórea e corpos d'água na regulação da temperatura do ar, as áreas mesmo densamente construídas, mas com a presença de tais elementos apresentaram temperaturas amenizadas.

Assim, é possível afirmar que as cidades de médio e pequeno porte também exibem alterações na sua atmosfera urbana, conforme apontado nesta investigação. Desta forma, evidenciou-se que não é o tamanho da cidade que modifica a temperatura do ar, mas sim as características de uma urbanização densa (alta densidade construtiva e falta de cobertura vegetal) e/ou mal planejada.

O planejamento ambiental urbano é fundamental para se evitar a formação de ambientes desconfortáveis para a população urbana, em especial, para aquela parcela que não tem condições de climatizar suas residências. Algumas medidas para amenizar os efeitos negativos das ilhas de calor podem ser realizadas em parceria entre o Poder Público e a população, tais como o plantio de árvores e o aumento de áreas verdes. Essas medidas podem ser orientadas através de estudos como este, que detectam as áreas que estão mais comprometidas.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.

Bibliografia

AMORIM, M. C. C. T. **O Clima Urbano de Presidente Prudente/SP**. 2000. 322 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno. **Revista Geosul**, UFSC – Florianópolis, v. 20, n. 39, p.65-82, jan./jun. 2005.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. **Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Editorial síntesis, S.A., 1996. 285p.

FRASCA TEIXEIRA, D.C. **O clima urbano de Rancharia (SP)**. 2015. 217 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

LÓPEZ GOMEZ, A., FERNÁNDEZ GARCÍA, F. La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano. **Estudios Geográficos**, 45, n.174, p.5-34, enero-marzo 1984.

MENDONÇA, F. A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno. Proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina / PR.** 1994. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MENDONÇA, F. A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR.** 1994. 332 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MENDONÇA, F. A.; MONTEIRO, C. A. F. (org.) **Clima Urbano.** São Paulo: Contexto, 2003.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano.** São Paulo: IGEOG/USP, 1976. (Série Teses e Monografias).

ORTIZ, G. F. **O clima urbano de Cândido Mota: análise do perfil térmico e higrométrico em episódios de verão.** 2012. 163f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente-SP.

ORTIZ PORANGABA, G. F. **O clima urbano das cidades do interior do estado de São Paulo: uma análise do campo térmico de Assis, Cândido Mota, Maracá e Tarumã.** 2015. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 354 pp.

OKE, T. **Review of urban climatology: 1968-1973.** Geneva: World Meteorological Organization, 1974 (WMO Technical note, n. 134).

OKE, T. **Boundary layer climates.** London: Methuen & Co, 1978.

PITTON, S. E. C. **As cidades como indicadores de alterações térmicas.** 1997. 272p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Relatório brasileiro para o Habitat III / relator: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. – Brasília: ConCidades, IPEA, 2016. Disponível em: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/National-Report-LAC-Brazil-Portuguese.pdf>. Acesso em: 15 de jul. 2018.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo.** 1995. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

UGEDA JUNIOR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales/SP.** 2012. 383 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

*Recebido em 01 de agosto de 2018.
Aceito em 27 de agosto de 2018.*