



DIFERENÇAS INTRAURBANAS DA TEMPERATURA DO AR NA CAMADA DO DOSSEL EM PRESIDENTE PRUDENTE/SP

RENATA DOS SANTOS CARDOSO¹
MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM²

Resumo : A transformação das superfícies naturais pelas formas de construções urbanas tem resultado numa crescente heterogeneidade das paisagens, cujas características apresentam potencial em alterar os elementos do clima na camada do dossel urbano. Devido a essas transformações, a alteração mais evidente entre as variáveis meteorológicas é observada através das anomalias térmicas próximas à superfície. Nesse sentido, esse estudo objetivou mapear a temperatura intraurbana através de transectos móveis em Presidente Prudente e relacioná-la com a complexidade de atividades, fluxos e materiais constituintes da paisagem urbana. Os resultados demonstraram a configuração de bolsões de ar quente sobre o centro e principalmente a oeste da cidade, enquanto nas áreas periurbanas ao sul e norte foram identificados bolsões de ar fresco, com diferença térmica de até 6°C entre os pontos.

Palavras chave: Clima urbano, transectos móveis, temperatura do ar, Presidente Prudente.

Abstract: Alterations of natural surfaces by the urban built form lead to landscape heterogeneity which characteristics have the potential to change the surface energy balance and meteorological elements in the urban canopy layer. Due to these alterations, the most evident change between the meteorological variables can be observed through the near-surface temperature anomalies. Thus, this study aimed to map the intra-urban temperature in Presidente Prudente through mobile traverses and associate it to the urban landscape complexity of activities, flows and constituent materials. The measurements demonstrated that the center and mostly west of the city were the hottest areas, while the peri-urban areas towards the north and south were the coolest one with 6°C of difference between the measurement points.

Key words: Urban climate, mobile traverses, air temperature, Presidente Prudente.

1 – Introdução

O processo de urbanização produz mudanças radicais nas superfícies naturais e nas propriedades atmosféricas da cidade. Isso envolve a transformação das características aerodinâmicas, radiativas, termais e de umidade, o que conseqüentemente perturba os balanços solares e hidrológicos naturais.

A densidade de materiais construtivos faz do sistema urbano um grande

¹ Mestranda do programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista, campus de Presidente Prudente. E-mail: renatacardoso16@gmail.com

² Docente do programa de graduação e pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista, campus de Presidente Prudente. E-mail: mccta@fct.unesp.br



armazenador de calor e impermeabiliza a superfície. Enquanto a geometria das edificações forma superfícies rugosas, com a possibilidade de interceptação da radiação e a estagnação do ar, o calor e a água liberados como “resíduos” das atividades humanas suplementam as fontes naturais desses elementos no sistema urbano, provocando um desequilíbrio (OKE, 1987).

A complexidade da estrutura urbana em relação ao rural, com muitas superfícies horizontais e verticais para captura e absorção de radiação solar, influencia o albedo, o fluxo de ar e o armazenamento de calor durante o dia. Além disso, as estruturas urbanas de alta massa térmica e inércia, tais como ruas de asfalto e pedra ou edifícios de concreto, tem especialmente grandes capacidades para armazenar calor durante o dia e para liberar o calor lentamente durante a noite (STEWART, 2011).

Ao contrário das superfícies urbanas, cujas taxas de resfriamento são relativamente lentas devido à reduzida visão do céu e do grande armazenamento de calor diurno, o ambiente rural se resfria rapidamente nas horas seguintes ao pôr do sol. Assim, a atmosfera sobre a cidade tende a ficar mais aquecida durante a noite até pouco depois do nascer do sol, quando o ambiente rural se aquece com maior rapidez em decorrência da insolação direta.

No estudo das alterações provocadas pela urbanização no clima, Oke (1976) propôs a classificação da atmosfera em duas camadas: uma governada pelos processos atuantes na micro-escala (*Urban Canopy Layer* - UCL) e outra pelos processos locais ou de meso-escala (*Urban Boundary Layer* - UBL) (Figura 01). A primeira camada, ou Camada do Dossel Urbano, se estende do solo até o nível das coberturas dos edifícios e compreende o ar contido entre os elementos da rugosidade, por isso o seu clima é dominado pela natureza das imediações, como os materiais e a geometria do local.

A segunda camada, conhecida como Camada de Limite Urbana, situa-se diretamente acima da UCL e se refere à parte da camada limite planetária. Oke (1976) destaca que suas características são afetadas pela presença de uma área urbana no seu limite mais baixo, sendo que sua altura pode variar em função da capacidade da superfície em provocar a movimentação do ar.

Ambas as camadas correspondem a fenômenos locais e suas características são definidas pela forma como o processo de urbanização altera as propriedades da superfície. Nesse sentido, pode-se citar a alteração do balanço energético como produto das transformações na superfície da cidade e um dos fatores que têm efeito na modificação das propriedades da atmosfera, produzindo, assim, condições climáticas que diferem das áreas



circunvizinhas e contribuem para a formação das ilhas de calor.

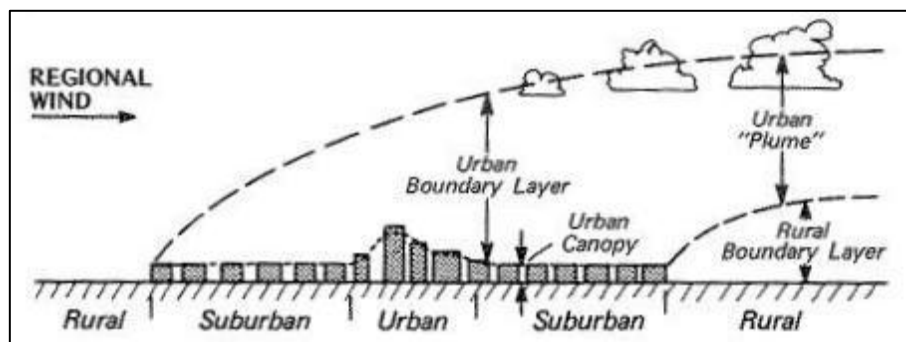


Figura 01 - Ilustração das camadas da atmosfera (UCL e UBL).

Fonte: OKE (1987, p. 274)

Na síntese da origem desse fenômeno, tem-se a radiação solar como componente principal no balanço de energia, resultado de um processo contínuo, durante dia e noite, através do qual as superfícies ganham calor por radiação solar e perdem por radiação de ondas longas. No entanto, a configuração das ilhas de calor (UHI) pode ocorrer também através das diferenças intraurbanas existentes, oriundas dos diferentes usos e coberturas da terra, do relevo, da geometria e densidade de edificações, dos materiais construtivos e do fluxo de calor antropogênico.

Percebe-se assim que a transformação das superfícies naturais pelas formas de construções urbanas tem resultado numa crescente heterogeneidade das paisagens, cujas características apresentam potencial em alterar os elementos do clima na camada do dossel urbano. Devido a essas mudanças, uma das alterações mais evidentes entre as variáveis meteorológicas pode ser observada através das anomalias térmicas próximas à superfície, na camada de ar onde as pessoas vivem.

Nesse sentido, esse estudo objetivou mapear a temperatura do ar intraurbana em Presidente Prudente através de transectos móveis e relacioná-la com a complexidade de atividades, fluxos e materiais constituintes da paisagem urbana, a fim de compreender as situações que provocam desconforto térmico e interferem na qualidade ambiental e de vida da população.

2 – Discussão

As novas características construtivas das cidades, resultado das transformações na paisagem decorrentes da expansão territorial, alteram o equilíbrio entre a superfície e a atmosfera. Essas mudanças no ambiente urbano se evidenciam através da retirada da vegetação original e impermeabilização do solo, que dificultam a infiltração das águas



pluviais, favorecendo o escoamento superficial; a concentração e a disposição das edificações, que modificam a circulação dos ventos; o tipo de material construtivo, que altera o índice de albedo, entre outros.

Com a expansão das cidades, modifica-se substancialmente a paisagem natural. A grande concentração de áreas construídas, parques industriais, adensamento populacional, pavimentação asfáltica, associados à concentração de poluentes, criam condições para alterar o comportamento da baixa troposfera (camada limite), em ambientes urbanos (LOMBARDO, 1985, p. 23).

Ademais, o balanço energético urbano difere de uma cidade para outra e varia de acordo com os fatores, tais como: a impermeabilização do solo, a densidade de construções, o material utilizado nas edificações, a verticalização, a presença de vegetação arbórea nas calçadas e nos quintais das residências, entre outros.

Sendo assim, o clima, como produto das modificações que as superfícies, materiais e as atividades das áreas urbanas provocam nos balanços de energia, massa e movimento, se evidencia através das anomalias em seus elementos (temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento), principalmente quando o processo de urbanização carece de planejamento adequado ao ambiente que a cidade está inserida.

Portanto, a cidade é o local onde mais se percebe as mudanças climáticas devido à interferência da estrutura urbana nas trocas de energia entre a superfície e a atmosfera. Por este motivo, o clima urbano tem ganhado espaço relevante em estudos e discussões sobre mudanças climáticas na escala local, já que a maioria das cidades tem se expandido desordenadamente sem se preocupar com os componentes ambientais, especialmente os climáticos.

A cidade de Presidente Prudente também se insere nesse cenário de transformações, apresentando problemas como a canalização de seus rios e córregos ou alteração dos seus cursos; alterações das superfícies naturais cobertas por vegetação; impermeabilização do solo; produção artificial de calor, entre outros. Assim, “a variação das atividades humanas nos espaços internos diferenciados, como parques, ruas, casas, indústrias e a configuração física da cidade contribuem para as variações climáticas, notando-se alterações mais significativas de temperatura, umidade e vento” (LOMBARDO, 1985, p. 77).

Situada no extremo oeste do estado de São Paulo, com área urbana de aproximadamente 60 km² e população estimada de 218.960 habitantes (IBGE, 2013), Presidente Prudente (Figura 02) foi marcada por um processo de urbanização no qual o planejamento ineficaz impulsionou a ocupação indiscriminada das áreas periféricas e de



baixo custo.

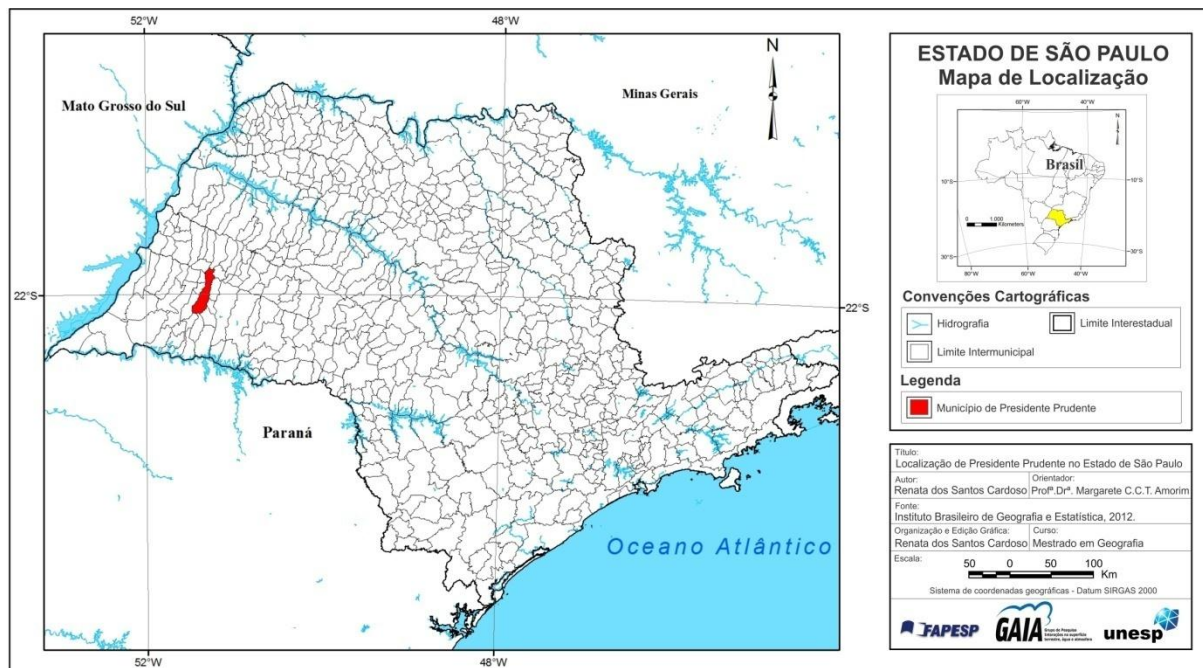


Figura 02 – Localização de Presidente Prudente no Estado de São Paulo.

Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)
Organização: CARDOSO (2014)

Dessa forma, o perfil urbano da cidade pode ser caracterizado por uma grande “densidade de edificações (lotes pequenos, quase que totalmente edificados, ou lotes grandes, com várias residências), ausência de cobertura vegetal arbórea ou de lazer e a ocupação de áreas de risco (próximas a fundos de vale)” (CAMARGO, 2007, p. 62).

Associado aos lotes majoritariamente pequenos e impermeabilizados tem-se um padrão construtivo aquém do adequado às características climáticas que a cidade se encontra para a garantia do conforto térmico aos habitantes. Portanto, como os diferentes tipos de revestimentos e materiais urbanos possuem albedos diferenciados, a qualidade térmica dos recintos urbanos também será fortemente influenciada pelas propriedades termo-físicas dos materiais adotados.

A capacidade de reflexão e absorção dos diversos materiais, em relação à luz e ao calor, depende diretamente de suas propriedades físicas (albedo) como densidade, textura e cor influenciam consideravelmente na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera, contribuindo para um aumento da temperatura do ar (expresso pelo albedo, absorção e emissividade) (BARBIRATO, 2007, p. 31).

De acordo com Dumke (2007), quanto maior o albedo, que corresponde à capacidade de reflexão da radiação solar de uma determinada superfície, menos a



superfície se aquece, devido à reduzida quantidade de energia disponível para gerar calor. Porém, na cidade “a mudança na condutividade, na capacidade calorífica e na área superficial são marcantes, de maneira que os materiais armazenem mais energia que o solo natural, agindo como reservatórios de radiação” (BARBIRATO, 2007, p. 76).

Superfícies com elevado albedo e emissividade tendem a permanecerem mais frias quando expostas à radiação solar, pois absorvem menos radiação e emitem mais radiação térmica para o espaço, transmitindo, conseqüentemente, menos calor para seu entorno. Por outro lado, quanto menor for o albedo e a emissividade, maior será a absorção de calor e sua permanência no ambiente de entorno (FERREIRA; PRADO, 2003; SANT’ANNA NETO, 2011).

Portanto, em decorrência da sua natureza física particular, os centros urbanos podem apresentar temperaturas mais elevadas que as áreas adjacentes, especialmente durante o período noturno e de maneira proporcional ao tamanho da cidade. Nesse sentido, destaca-se a importância de se conhecer a gênese, os processos de natureza atmosférica e a dinâmica entre estes e a superfície do espaço urbano, na qual as diferentes estruturas e materiais construtivos ocasionam alterações no balanço energético e, conseqüentemente, no campo térmico da cidade.

3 – Resultados

De acordo com Monteiro (1990, p. 60), ao adentrar na cidade para investigar-lhe o clima “o procedimento preliminar básico dirige-se à análise do campo térmico, a partir do qual, todo um jogo de correlações e interações se produz na geração das características climáticas da cidade”.

Sendo assim, para o mapeamento da temperatura do ar foram realizadas medições através de transectos móveis, com percursos nas direções oeste-leste e sul-norte da cidade, no período noturno e em condições de tempo estável. Os trajetos escolhidos para a cidade contemplam grande parte das formas de ocupação, com o início e término nas proximidades do rural: desde a proximidade com as margens do Balneário da Amizade, bairros residenciais populares, centro e bairros menos densamente edificadas, até loteamentos novos e transição entre o urbano e o rural (Figura 03).

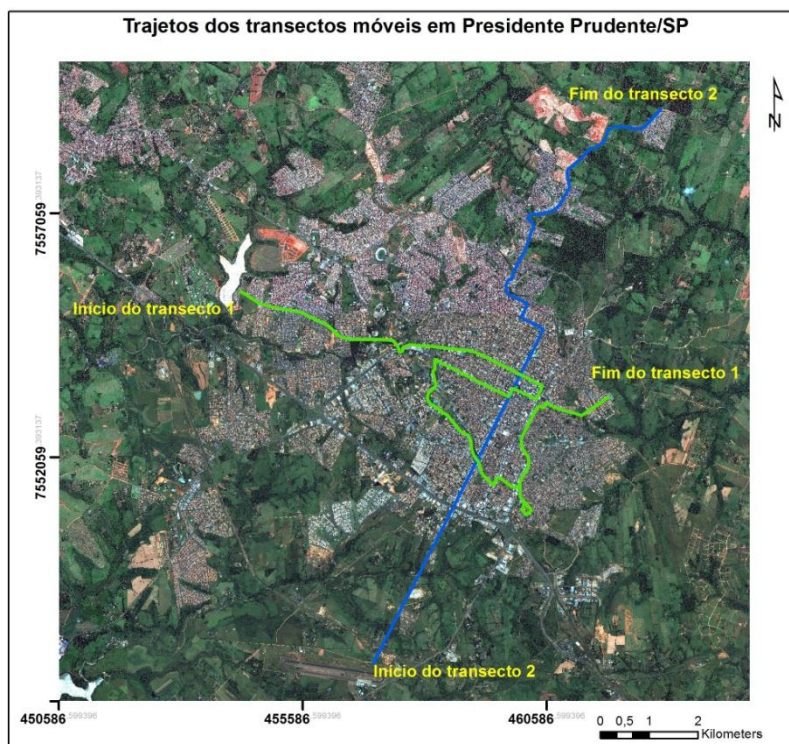


Figura 03 – Trajetos dos transectos móveis em Presidente Prudente/SP.
Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)
Organização: CARDOSO (2014)

Definidos os trajetos, no dia 11 de dezembro de 2013 os veículos percorreram simultaneamente dois percursos, oeste-leste (155 registros) e sul-norte (120 registros), no período noturno às 21h, a uma velocidade máxima de 30 km/h. Os equipamentos utilizados foram dois Termo-Higrômetros Digitais - 7664.01.0.00, sendo que cada termo-higrômetro foi acoplado em uma haste de bambu de aproximadamente 1,80 metros, posicionada dentro do carro de modo que o sensor ficasse para fora, com cerca de 50 centímetros de distância do veículo.

Os dados de temperatura e umidade do ar foram registrados manualmente a cada quarteirão e posteriormente tabulados com a localização de cada ponto de medição, o que permitiu a interpolação no aplicativo Surfer sobre a malha georreferenciada da cidade. À carta de isotermas foram acrescentados gráficos com os perfis latitudinais e longitudinais dos dados e com a ilustração das características do sítio urbano ao longo dos trajetos, o que facilitou a visualização das variações de temperatura ar com os diferentes tipos de uso e cobertura da terra e padrão construtivo (Figura 04).

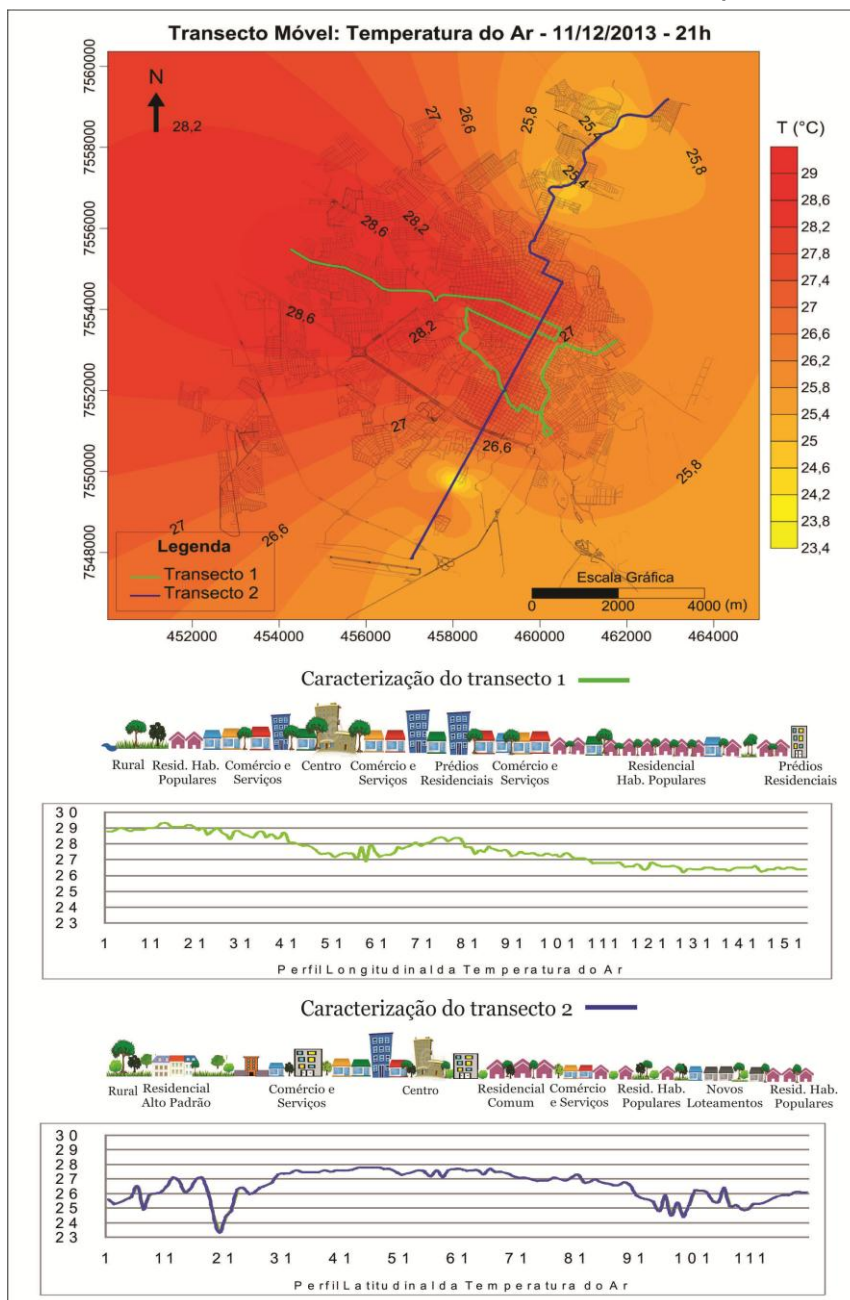


Figura 04 – Temperatura do ar às 21h no dia 11/12/2013 – Transecto móvel
 Organização: CARDOSO (2014)

Os transectos móveis no dia 11 de dezembro de 2013 tiveram início às 21h, quando os dados registrados pela Estação Meteorológica da FCT/UNESP apresentaram velocidade do vento de 1,1 m/s, com direção predominante de sudeste e pressão atmosférica de 957,2 hPa. Nesse dia a temperatura mínima registrada foi 23,3°C e a máxima 29,3°C, com diferença térmica de 6°C.

Os locais com temperaturas mais baixas, entre 23,3°C e 25°C, localizam-se ao sul e a norte da cidade, ambos com baixa densidade de construções e presença de vegetação rasteira e arbórea significativa. Além do fator vegetação, o relevo também contribuiu para o



registro da temperatura mínima no ponto ao sul, que se encontra em um fundo de vale vegetado na Avenida Cel. Marcondes em direção ao aeroporto da cidade (Figuras 5 e 6).



Figura 05 - Fundo de vale ao sul da cidade.
Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

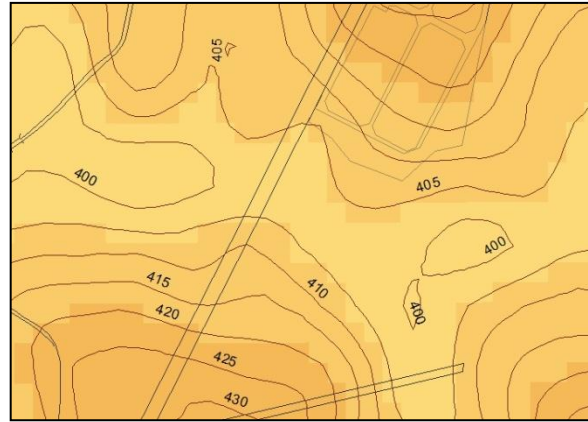


Figura 06 - Hipsometria do fundo de vale.
Fonte: Topodata (2013).
Organização: CARDOSO (2014)

As temperaturas mais altas, entre 28,8°C e 29,3°C, foram registradas na Avenida Ana Jacinta (oeste da cidade), próximo aos bairros populares Cecap, Cohab e Jardim Eldorado, nos quais a umidade relativa do ar variou entre 57 a 59% (Figura 07). Além de esses bairros serem densamente construídos, muitas edificações apresentam coberturas de fibrocimento e pouca vegetação arbórea nas calçadas e quintais, o que somado ao intenso fluxo de veículos na avenida, pode ter contribuído para o maior aquecimento do ar.

Nessa porção da cidade também se encontra o Balneário da Amizade, cujas propriedades da água em demorar a se aquecer e liberar o calor armazenado durante o dia proporcionaram o registro de 28,8°C e 58% de umidade.

Ao longo da Avenida 11 de Maio, com características comerciais e altos edifícios residenciais, e da extensão do Parque do Povo, foram registradas temperaturas entre 27,3°C e 27,8°C e umidade do ar entre 64% e 68%. Já nas proximidades da linha férrea, registrou-se 26,8°C, sendo que em direção aos bairros na zona leste (Jardim Brasília e Vila Brasil) a temperatura do ar foi 26,7°C e no fundo de vale do Jardim Santa Filomena diminuiu para 26,3°C e umidade do ar em 73% (Figura 08).



Figura 07 - Bairro Jardim Eldorado. Filomena.

Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)



Figura 08 - Fundo de vale no Jd. Santa

Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

No trajeto ao longo da Avenida Washington Luís, área de comércio e serviço central com grande fluxo antropogênico e padrão construtivo homogêneo, a temperatura do ar registrada foi de 28,1 a 28,8°C, enquanto a umidade ficou entre 60 a 63% (Figura 09). Na Praça 9 de Julho e nas proximidades do camelódromo, localizados no centro da cidade e com presença de vegetação arbórea, registraram-se temperaturas mais baixas, 27,1°C e 27°C respectivamente (Figura 10).

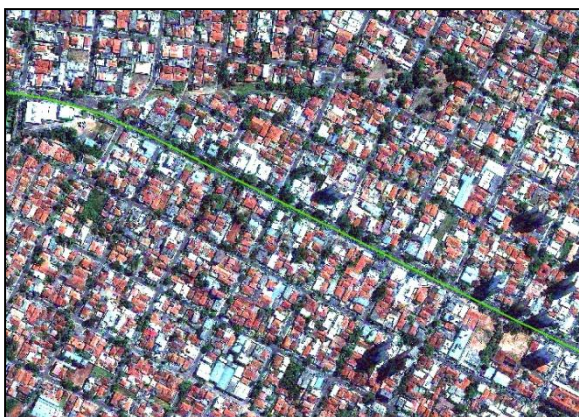


Figura 09 - Av. Washington Luís. cidade.

Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

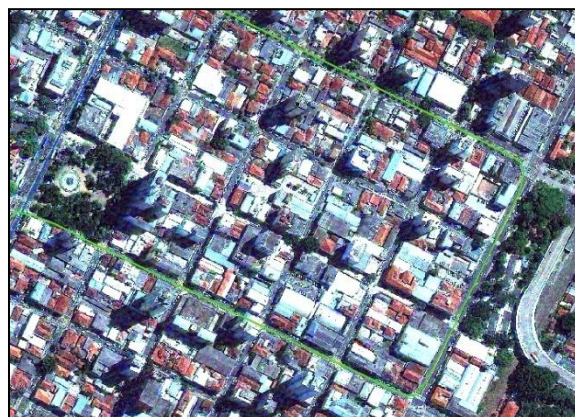


Figura 10 - Área central da

Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

Por outro lado, verificou-se pouca variação da temperatura do ar no trecho urbanizado da Avenida Coronel José Soares Marcondes (percurso sul-norte), que se inicia no cruzamento com a Rodovia Raposo Tavares e termina em direção ao centro na Vila Maristela. Os valores registrados foram de 27,2 a 27,8°C e umidade do ar entre 58 e 62%.

De maneira geral, o bolsão de ar mais aquecido se iniciou nos conjuntos habitacionais densamente construídos, localizados na zona oeste da cidade, e se estendeu



aos bairros residenciais e de serviços localizados a oeste do centro. Inversamente proporcional ao padrão da temperatura, os valores de umidade do ar registrados foram mais baixos a oeste enquanto percentuais elevados foram verificados nos fundos de vale e na porção leste, com bairros próximos à área rural, índices maiores de vegetação arbórea e baixo fluxo antropogênico.

4 – Conclusões

As áreas urbanas têm sofrido diversas alterações sem o respaldo de um planejamento que considere as características físicas do ambiente, o que resulta em um intenso adensamento e impermeabilização que cria rugosidades na superfície e modifica as trocas de energia entre a superfície e a baixa troposfera.

Logo, os diversos arranjos paisagísticos decorrentes das transformações no ambiente urbano interferem nas características do clima sobre as cidades, e todo esse jogo de inter-relações requer uma forma de análise integrada entre os condicionantes urbanos e os geoambientais de cada ambiente específico, a fim de compreender as anomalias dos elementos climáticos.

A partir desse ensaio metodológico, percebeu-se a estreita relação entre temperaturas elevadas e os seguintes fatores: densidade de construções, cobertura das edificações, tráfego de veículos automotores e ausência de vegetação arbórea. Associados com a estabilidade atmosférica, tais fatores apresentaram potencial em gerar desconforto térmico em Presidente Prudente, com diferença de temperatura significativa entre áreas com características do sítio urbano opostas.

Nesse sentido, ressalta-se a importância do estudo do campo térmico das cidades e sua relação com os diferentes materiais, fluxos e atividades que constituem o ambiente urbano, a fim de identificar as áreas críticas do ponto de vista do conforto térmico e propor medidas de reordenamento da paisagem que proporcionem melhorias na qualidade ambiental e, conseqüentemente, na qualidade de vida dos habitantes.

5 - Referências Bibliográficas

BARBIRATO, G. M. **Clima e cidade**: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos. Maceió: EDUFAL, 2007.

CAMARGO, C. E. S. **Qualidade ambiental urbana em Presidente Prudente/SP**.



Presidente Prudente: [s.n.], 2007. (Dissertação de mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia/UNESP/Campus de Presidente Prudente.

DUMKE, E. M. S. **Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade** – uma perspectiva a partir do Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC) 2007. Tese de Doutorado. Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná.

FERREIRA, F. L.; PRADO, R. T. A. **Medição do albedo e análise de sua influência na temperatura superficial dos materiais utilizados em coberturas de edifícios no Brasil.** São Paulo: EPUSP, 2003. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00351.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **População estimada 2013.** Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/232SR>>. Acesso em: 9 abr. 2014.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas metrópoles: O exemplo de São Paulo.** São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Florianópolis: Edufsc, n. 9, ano V, p. 61-79, 1990.

OKE, T. R. The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands, **Atmosphere**, 1976, 14:4, 268-277.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates.** London: Methuen & Co. 2nd edn. 1987, 435p.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia** (online), v. 8, p. 45-60, 2011.

STEWART, I. D. **Redefining the urban heat island.** Vancouver. 2011. 368p. Thesis (Doctor of Philosophy). The Faculty of Graduate Studies, The University of British Columbia.