



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

Renata dos Santos Cardoso

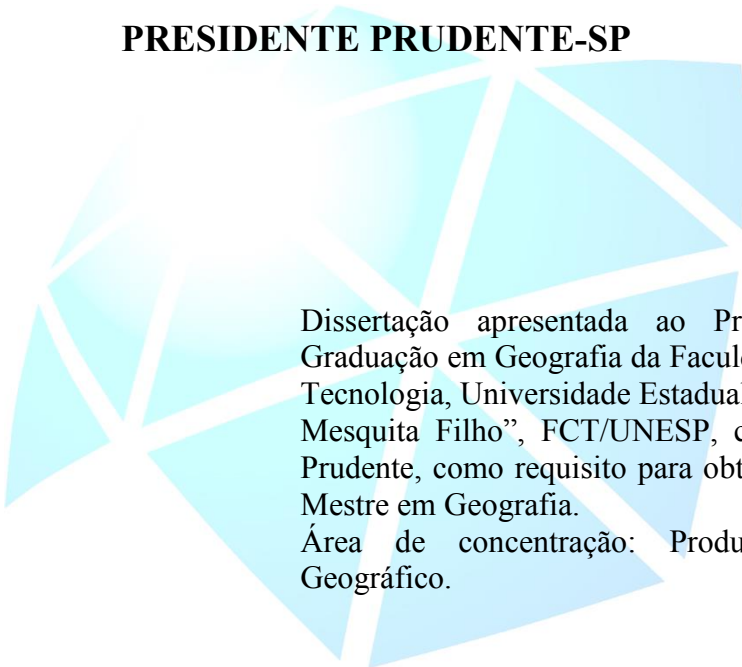
**CLASSIFICAÇÃO DE POTENCIAIS UNIDADES CLIMÁTICAS EM
PRESIDENTE PRUDENTE-SP**

Presidente Prudente

2015

Renata dos Santos Cardoso

CLASSIFICAÇÃO DE POTENCIAIS UNIDADES CLIMÁTICAS EM PRESIDENTE PRUDENTE-SP



Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, FCT/UNESP, campus Presidente Prudente, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Produção do Espaço Geográfico.

Orientadora: Professora Dra. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Presidente Prudente

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

C266c Cardoso, Renata dos Santos.
Classificação de potenciais unidades climáticas em Presidente Prudente-
SP / Renata dos Santos Cardoso. - Presidente Prudente : [s.n.], 2015
137 f. : il.

Orientador: Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Clima urbano. 2. Sistema de classificação da paisagem. 3.
Sensoriamento remoto. I. Amorim, Margarete Cristiane de Costa Trindade. II.
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III.
Título.

BANCA EXAMINADORA

Margarete Amorim

PROFA. DRA. MARGARETE C. DE COSTA T. AMORIM
ORIENTADORA

[Signature]

PROF. DR. JOSÉ TADEU G. TOMMASELLI
(FCT/UNESP)

Erika Collischonn

PROFA. DRA. ERIKA COLLISCHONN
(UFPEL)

Renata dos Santos Cardoso

RENATA DOS SANTOS CARDOSO

Presidente Prudente (SP), 26 de outubro de 2015.

RESULTADO: *Aprovada*

AGRADECIMENTOS

A realização desse trabalho foi graças à colaboração de diversas pessoas, que direta ou indiretamente contribuíram durante a trajetória na Pós-Graduação. Sou imensamente grata a todos, em especial:

A minha mãe Marisa, pelo apoio, incentivo e amor.

Aos amigos e amigos de amigos que ajudaram nos transectos pela cidade: Larissa, Priscila, Rodrigo, Meire, Nuno, Dani, Liriane, Aninha, Bruno, Ciro e Hair (que tentou).

A Janaína e a Aninha, amigas queridas com quem compartilho os momentos felizes e desabafo as angústias.

A Meire, pela amizade e prestatividade incomparável, e aos amigos do grupo do chá (Paulinha, Denis e Renan) pelas risadas e apoio à distância.

A Pontin e a Camila, pela convivência e conversas descontraídas.

Ao CNPq, pela concessão de três meses de bolsa de mestrado através do Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP.

A FAPESP, pelo apoio financeiro à pesquisa durante o mestrado e pela Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE).

A Profª. Dra. Margarete Amorim, pela orientação dedicada e por todas as sugestões que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

A Tamae, pela paciência e ajuda em todos os detalhes das prestações de contas.

A Cinthia e aos demais funcionários da Seção Técnica de Pós-Graduação, pela ajuda com os prazos e compromissos com o PPGG.

Ao Prof. Dr. Alvaro Montenegro e ao Prof. Dr. Desheng Liu, pela orientação na Ohio State University.

Aos professores que compuseram a banca examinadora, José Tadeu Garcia Tommaselli e Erika Collischonn, pelas valiosas contribuições que auxiliaram nos resultados desta pesquisa.

A Larissa, pela amizade e companhia durante muitos momentos especiais da vida Prudentina e da experiência em Columbus.

A Sally e ao Mark, que nos receberam em Columbus com todo o carinho do mundo e nos ajudaram em simplesmente tudo o que foi possível.

A Suelen e sua família, pela amizade e por me receberem sempre tão bem durante as visitas a São Paulo.

Aos demais familiares e amigos..

RESUMO

Devido às transformações das superfícies naturais pelas formas de construções urbanas, a alteração mais evidente entre as variáveis meteorológicas pode ser observada através das anomalias térmicas próximas à superfície. Muitas dessas diferenças de temperatura do ar são aferidas com medições no urbano e no rural, porém são comumente relacionadas à ilha de calor urbana (UHI), levando à simplificação desse fenômeno e da realidade paisagística do urbano. De acordo com Stewart (2011), a classe universal de observação de ilha de calor é a paisagem, a qual é dividida de acordo com as propriedades que influenciam o clima térmico na camada do dossel, ou seja, a morfologia da superfície e cobertura da terra. Nesse sentido, o estudo realizado pelo autor fornece uma base consistente para a classificação das paisagens urbanas e rurais através de *Local Climate Zones* (LCZ), ou zonas climáticas locais. O maior desafio nesse processo é organizar as informações da superfície (edifícios, árvores, estradas e solos) em padrões significativos, e representá-los de maneira mais eficaz. Portanto, essas zonas climáticas são devidamente detalhadas em relação às propriedades do local que influenciam o clima na camada do dossel urbano e o objetivo da classificação é o de estabelecer ordem entre os fenômenos, que pode ser obtida através do agrupamento de fenômenos com propriedades comuns em classes que revelam relações e padrões maiores. Logo, o objetivo principal desse estudo foi adaptar as metodologias e os pressupostos abordados por Stewart (2011) e utilizá-los para a elaboração de um mapa com as Potencias Unidades Climáticas (PUC) em Presidente Prudente. A partir do mapeamento foram realizados transectos móveis em episódios de verão e inverno para a medição de temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura infravermelha dos alvos. Após a análise do campo térmico e higrométrico da cidade, a utilização de modelos de regressão auxiliou na avaliação das PUCs e na identificação das classes que apresentaram maior correlação com as temperaturas do ar. Os resultados da modelagem demonstraram que há influência da morfologia urbana e cobertura da terra na atmosfera local e que as PUCs se apresentam como uma nova forma de definir a magnitude das ilhas de calor, possibilitando uma interpretação mais fidedigna do clima urbano.

Palavras-chave: Clima urbano, sistema de classificação da paisagem, sensoriamento remoto, Presidente Prudente-SP.

CLASSIFYING POTENTIAL CLIMATE UNITS IN PRESIDENTE PRUDENTE-SP

ABSTRACT

Due to transformations of natural surfaces by the urban built form, the most evident change among meteorological variables can be seen through the thermal anomalies near the surface. Many of these differences in air temperature are measured in urban and rural areas, but they are commonly related to urban heat island (UHI), leading to simplification of this phenomenon and the urban landscape. According to Stewart (2011), the universe class for heat island observation is landscape, which is then divided according to properties that influence thermal climate in the canopy layer, namely, surface morphology and land cover. The study by Stewart (2011) provides a consistent basis for classifying urban and rural landscapes through Local Climate Zones (LCZ). The greatest challenge in this process is to organize the surface features (buildings, trees, roads, and soils) into meaningful patterns, and to represent these patterns in a most effective way. The climate zones are suitably detailed to the site properties that influence urban canopy layer climate and the objective of classification is to establish order among phenomena by grouping those with common properties into classes that reveal larger patterns and relations. Therefore, our main goal was to adapt the methods and assumptions discussed by the author and use them to create a map of Presidente Prudente's Potential Climate Units (PUC). Then, mobile traverses were conducted during summer and winter episodes in order to measure air temperature, relative humidity and infrared temperatures. After the analysis of thermal and hygrometric characteristics in the city, spatial regression models were used to evaluate PUCs and to identify higher correlation between classes and air temperature. Modeling results demonstrated that urban morphology and land cover can influence the local atmosphere, and PUCs are shown as a new way to define urban heat island magnitude, allowing a more meaningful interpretation of urban climate.

Keywords: Urban climate, landscape classification system, remote sensing, Presidente Prudente-SP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração das camadas da atmosfera (UCL e UBL).....	18
Figura 2 - Ilustração dos processos na Camada do Dossel Urbano (UCL)	19
Figura 3 - Localização de Presidente Prudente no Estado de São Paulo.....	25
Figura 4 - Localização dos conjuntos habitacionais na região norte de Presidente Prudente ..	30
Figura 5 - Medidas dos lotes e das moradias no Residencial João Domingos Netto	31
Figura 6 - Vista parcial do loteamento no Residencial João Domingos Netto.....	32
Figura 7 - Trajetos preferenciais das massas de ar atuantes na região	38
Figura 8 - Carta hipsométrica de Presidente Prudente-SP	43
Figura 9 - Carta de declividade de Presidente Prudente-SP	45
Figura 10 - Carta de orientação das vertentes de Presidente Prudente-SP	46
Figura 11 - Trajetos dos transectos móveis em Presidente Prudente-SP na imagem GeoEye-1	47
Figura 12 - Equipamentos utilizados nos transectos móveis.....	48
Figura 13 - Imagem GOES 11/12/2013 - 21h.....	50
Figura 14 - Carta sinótica 11/12/2013 - 21h.....	50
Figura 15 - Fundo de vale ao sul da cidade.....	51
Figura 16 - Hipsometria do fundo de vale.....	51
Figura 17 - Bairros populares densamente construídos.....	51
Figura 18 - Fundo de vale no Jardim Santa Filomena.....	52
Figura 19 - Presidente Prudente: Transectos móveis às 21h no dia 11/12/2013.....	54
Figura 20 - Imagem GOES 12/12/2013 - 21h.....	55
Figura 21 - Carta sinótica 12/12/2013 - 21h.....	55
Figura 22 - Vista parcial do centro da cidade.....	56
Figura 23 - Vista parcial da mata próxima ao Parque Alexandrina	57
Figura 24 - Presidente Prudente: Transectos móveis às 21h no dia 12/12/2013.....	58
Figura 25 - Imagem GOES 13/12/2013 - 21h.....	59
Figura 26- Carta sinótica 13/12/2013 - 21h.....	59
Figura 27 - Vista parcial do Balneário da Amizade.....	60
Figura 28 - Vista parcial do fundo de vale na Av. Manoel Goulart	61
Figura 29 - Vista parcial da Vila Brasil.....	61
Figura 30 - Hipsometria da Vila Brasil.....	61
Figura 31 - Presidente Prudente: Transectos móveis às 21h no dia 13/12/2013.....	63
Figura 32 - Imagem GOES 15/12/2013 - 21h.....	64
Figura 33 - Carta sinótica 15/12/2013 - 21h.....	64
Figura 34 - Vista parcial do Conjunto João Domingos Netto	65
Figura 35 - Avenida Onze de Maio.....	66
Figura 36 - Orientação da vertente.....	66
Figura 37 - Presidente Prudente: Transectos móveis às 21h no dia 15/12/2013.....	67
Figura 38 - Imagem GOES 16/12/2013 - 21h.....	68
Figura 39 - Carta sinótica 16/12/2013 - 21h.....	68

Figura 40 - Vista parcial do percurso na Avenida Washington Luís.....	69
Figura 41 - Bairros na proximidade com o rural.....	70
Figura 42 - Jardim Morada do Sol.....	70
Figura 43 - Presidente Prudente: Transectos móveis às 21h no dia 16/12/2013.....	71
Figura 44 - Imagem GOES 30/06/2014 - 21h.....	73
Figura 45 - Carta sinótica 30/06/2014 - 21h.....	73
Figura 46 - Presidente Prudente: Transectos móveis às 21h no dia 30/06/2014.....	76
Figura 47 - Imagem GOES 01/07/2014 - 21h.....	77
Figura 48 - Carta sinótica 01/07/2014 - 21h.....	77
Figura 49 - Presidente Prudente: Transectos móveis às 21h no dia 01/07/2014.....	80
Figura 50 - Imagem GOES 02/07/2014 - 21h.....	81
Figura 51 - Carta sinótica 02/07/2014 - 21h.....	81
Figura 52 - Presidente Prudente: Transectos móveis às 21h no dia 02/07/2014.....	84
Figura 53 - Imagem GOES 03/07/2014 - 21h.....	85
Figura 54 - Carta sinótica 03/07/2014 - 21h.....	85
Figura 55 - Presidente Prudente: Transectos móveis às 21h no dia 03/07/2014.....	88
Figura 56 - Imagem GOES 05/07/2014 - 21h.....	89
Figura 57 - Carta sinótica 05/07/2014 - 21h.....	89
Figura 58 - Presidente Prudente: Transectos móveis às 21h no dia 05/07/2014.....	92
Figura 59 - Classificação de Chandler das regiões climáticas de Londres.....	95
Figura 60 - Mosaico do uso da terra para a área Metropolitana de St. Louis.....	96
Figura 61 - Zonas do terreno urbano de Ellefsen (UTZ) para a “área central reconstruída” ...	97
Figura 62 - Classificação simplificada das formas urbanas distintas dispostas em ordem decrescente da sua capacidade de influenciar o clima local (UCZ)	98
Figura 63 - Unidades Climáticas na Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva	100
Figura 64 - Características das unidades topoclimáticas de Fialho (2010)	101
Figura 65 - Local Climate Zones de Stewart (LCZ).....	103
Figura 66 - Subclassificação das LCZs	104
Figura 67 - Esquema das folhas síntese das LCZs	105
Figura 68 - Mapa das Potenciais Unidades Climáticas em Presidente Prudente.....	107
Figura 69 - Ilustração das janelas com tamanhos variados	108
Figura 70 - Modelagem da Ilha de Calor em Presidente Prudente no dia 11/12/2013.....	111
Figura 71 - Modelagem da Ilha de Calor em Presidente Prudente no dia 02/07/2014.....	113
Figura 72 - Potencial Unidade Climática 2 ₃ em Presidente Prudente.....	115
Figura 73 - Potencial Unidade Climática 2 ₄ em Presidente Prudente.....	116
Figura 74 - Potencial Unidade Climática 3 em Presidente Prudente.....	117
Figura 75 - Potencial Unidade Climática 3 ₄ em Presidente Prudente.....	118
Figura 76 - Potencial Unidade Climática 3 _D em Presidente Prudente.....	119
Figura 77 - Potencial Unidade Climática 7 em Presidente Prudente.....	120
Figura 78 - Potencial Unidade Climática A em Presidente Prudente.....	121
Figura 79 - Potencial Unidade Climática B em Presidente Prudente.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades radiativas de materiais urbanos	21
Tabela 2 - Propriedades radiativas de materiais rurais	22
Tabela 3 - Temperatura superficial dos materiais para condições climáticas determinadas pela ASTM E 1980-98	23
Tabela 4 - Temperatura do ar, velocidade e direção do vento em dezembro de 2013 às 21h.....	72
Tabela 5 - Temperatura do ar, velocidade e direção do vento em junho/julho de 2014 às 21h.	93

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Temperatura do ar (°C) média mensal (1969-2013)	40
Gráfico 2 - Umidade relativa do ar (%) média mensal (1969-2013).....	40
Gráfico 3 - Precipitação (mm) média mensal (1969-2013)	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 O CLIMA URBANO E A CIDADE	17
3 O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO EM PRESIDENTE PRUDENTE.....	25
4 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA.....	33
5 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E GEOAMBIENTAL	37
5.1 Sistemas atmosféricos atuantes na região	37
5.2 Características do relevo	41
6 O CAMPO TÉRMICO E HIGROMÉTRICO	47
6.1 Síntese sinótica do mês de dezembro.....	46
6.1.1 Transectos móveis no dia 11 de dezembro de 2013	49
6.1.2 Transectos móveis no dia 12 de dezembro de 2013	55
6.1.3 Transectos móveis no dia 13 de dezembro de 2013	59
6.1.4 Transectos móveis no dia 15 de dezembro de 2013	64
6.1.5 Transectos móveis no dia 16 de dezembro de 2013	68
6.2 Síntese sinótica dos meses junho e julho de 2014	72
6.2.1 Transectos móveis no dia 30 de junho de 2014	73
6.2.2 Transectos móveis no dia 01 de julho de 2014	77
6.2.3 Transectos móveis no dia 02 de julho de 2014	81
6.2.4 Transectos móveis no dia 03 de julho de 2014	85
6.2.5 Transectos móveis no dia 05 de julho de 2014	89
7 CLIMA E CLASSIFICAÇÃO DA PAISAGEM URBANA	94
7.1 Precedentes das classificações	95
7.2 Esquema de classificação das Zonas Climáticas Locais.....	102
8 CLASSIFICAÇÃO DE POTENCIAIS UNIDADES CLIMÁTICAS EM PRESIDENTE PRUDENTE	106
8.1 Modelagem do campo térmico.....	108
8.2 Definição das Potencias Unidades Climáticas	114
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	124
9.1 Apontamentos e sugestões para trabalhos futuros.....	126
NOTA.....	128
REFERÊNCIAS.....	129
APÊNDICE A - Mapa de bairros de Presidente Prudente-SP.....	135

1 INTRODUÇÃO

Na medida em que a população mundial aumenta, as forças sociais e econômicas levam cada vez mais pessoas a viver nas cidades, onde a mistura de tijolos, argamassa, concreto e pedra constrói um lugar no qual a interação entre o homem e a natureza ocorre de maneira intensiva (CHANDLER, 1965). Apesar de ocupar pequenas parcelas do território, a cidade constitui a forma mais radical de transformação da paisagem natural, pois seu impacto advém tanto da alteração da morfologia do terreno quanto das mudanças nas condições do meio ambiente e da atmosfera (GARCÍA, 1995; MONTEIRO, 2003).

A interferência humana no funcionamento dos sistemas naturais pode ser observada através de uma série de processos e dentre os mais notórios está a remoção da cobertura vegetal para a construção de infraestruturas urbanas. A retirada da vegetação altera significativamente as propriedades da superfície e modifica os balanços de massa e energia, o que muitas vezes resulta em variações no balanço hídrico local, pois o papel de interceptação do dossel é perdido, a evapotranspiração é reduzida e o escoamento superficial é potencializado (OKE, 1987).

Pode-se esperar que a remoção da vegetação também altere o balanço de radiação, devido à nova geometria e ao albedo da superfície construída, caracterizada por diferentes propriedades de umidade, térmicas e aerodinâmicas. Os efeitos mais perceptíveis dessa mudança são a diminuição da radiação solar nas áreas sombreadas, o aumento local no recebimento energia solar pela reflexão das paredes iluminadas pelo sol, e a redução das perdas de calor por irradiação noturna devido ao baixo fator de visão do céu. Por isso, as propriedades térmicas dos edifícios e pavimentos e a redução da evaporação na cidade são considerados fatores dominantes no aumento da temperatura urbana (MYRUP, 1969; OKE, 1987; GARCÍA, 1995).

Also in the immediate vicinity of a building, soil and air temperatures are often warmer than in the open due to heat losses from the building, and as a result of the wind shelter provided [...]. The water balance around a building is upset because of spatial variability in precipitation receipt (caused by differences in interception and wind shelter), soil drainage, and evaporation (OKE, 1987, p. 264).

Ao considerar essas principais mudanças, não é de se surpreender que as áreas urbanas apresentem os sinais mais claros de modificação do clima. Com a contínua expansão das cidades para acomodar o fluxo de migrantes e o aumento natural da população, mais da metade da população mundial vive hoje em áreas urbanas e, grande parte dos países tem se tornado gradativamente mais urbanizados. No Brasil, por exemplo, foi estimado que 85,4% da

população morava em cidades em 2014, e a estimativa é de que em 2030 aumente para 88,6% e em 2050 chegue a 91% (UNITED NATIONS, 2014). Isso faz com que o estudo de clima urbano seja importante para garantir um ambiente agradável e saudável para os moradores, e para se conhecer a capacidade das características da superfície urbana em modificar os elementos do clima local.

As primeiras referências sobre as preocupações com a modificação da atmosfera no ambiente urbano são expressas nos estudos realizados sobre o clima urbano na cidade de Londres. Evelyn (1661) propôs a criação de um cinturão verde para purificar o ar já poluído de Londres, enquanto Howard (1818) constatou que a queima do carvão nas indústrias provocava a contaminação do ar e o aumento da temperatura da cidade.

Contudo, “a literatura científica sobre o clima urbano é relativamente recente e surgiu, no século XIX, com a preocupação de detectar as evidências de alterações dos elementos climáticos entre a cidade e seus arredores” (GONÇALVES, 2003, p. 76). Sendo assim, após os anos de 1960 outros trabalhos alcançaram grande desenvolvimento, a maioria referente às cidades da Europa, da América do Norte e, mais recentemente, do Japão, com ênfase ao campo da poluição atmosférica e das ilhas de calor.

Conforme destaca Lombardo (1985), o trabalho de Chandler (1965) é considerado clássico, pois demonstra as modificações climáticas provocadas pela urbanização nas cidades industriais de latitudes médias. Além dos estudos de Chandler, entre as décadas de 1960 e 1980 também se mostraram importantes os trabalhos realizados por Bornstein (1968) “Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City”, Lowry (1977) “Empirical estimation of the urban effects on climate: a problem analysis”, Oke (1978, 1987) “Boundary Layer Climates” e Landsberg (1981) “The urban climate”.

Os estudos sobre o clima em áreas tropicais são recentes, embora as pesquisas sobre o clima urbano tenham crescido consideravelmente. No Brasil, a obra pioneira foi escrita por Monteiro (1976), Teoria e Clima Urbano, que propôs um quadro de referência teórica para o estudo do clima urbano através de uma análise sistêmica, baseando-se nas inter-relações espaço e tempo. Neste método, o clima urbano é definido como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976, p. 95) e apresenta três subsistemas: o termodinâmico, o físico-químico e o hidrometeorológico.

No cenário brasileiro também merecem referência os trabalhos de Tarifa (1977), Lombardo (1985), Mendonça (1994), Pitton (1997), Amorim (2000), Sant’Anna Neto (2002), Dumke (2007), Ugeda Júnior (2012), entre outros que buscam analisar e explicar a origem e os

efeitos do fenômeno clima urbano, bem como propor ações preventivas ou de mitigação nas cidades.

Conforme revelam os estudos sobre o clima urbano, a forma adotada pelo homem para habitar a cidade demonstra que cada vez mais as condições do ambiente têm sido alteradas no sentido de se adaptarem às suas intenções. Portanto, o crescimento populacional e o adensamento urbano sem um planejamento adequado às características do ambiente em que a cidade está inserida, e até mesmo às necessidades dos habitantes, têm refletido negativamente na qualidade ambiental urbana.

O município de Presidente Prudente não foge a esse 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).

No processo de compreensão do efeito do urbano na “camada do dossel”, que se estende do solo até o nível das coberturas dos edifícios, Oke (2006) destaca que se deve avaliar: a estrutura urbana (a dimensão das edificações e o espaços entre elas, a largura das vias e o espaçamento entre elas), a cobertura da superfície (construída, pavimentada, com cobertura vegetal, solo descoberto, água), o tecido urbano (resultante do processo de expansão do fenômeno urbano, suas continuidades e descontinuidades) e o metabolismo urbano (água, calor e poluentes devido à atividade humana).

Portanto, no sentido de avançar nos estudos de clima urbano, acredita-se que ao invés de considerar a cidade como um todo, é fundamental se basear no detalhamento prévio das diferenças do sítio e da cobertura da terra, como suporte para a compreensão da formação do clima derivado dos diferentes arranjos espaciais da cidade. De acordo com Mendonça (2003, p. 99), a base para o estudo da diferenciação climática intraurbana consiste “no embasamento cartográfico e no conhecimento geográfico da cidade, e sua setorização, ou divisão em partes com características relativamente homogêneas”.

Nesse sentido, buscou-se adotar uma metodologia que pudesse guiar a classificação dos diferentes arranjos paisagísticos encontrados no urbano e no rural próximo em Presidente Prudente, sendo que dentre os sistemas de classificação da paisagem encontrados na literatura de clima urbano, optou-se pelo de Stewart (2011). O autor incorporou características de trabalhos anteriores (Chandler, 1965; Auer, 1978; Ellefsen, 1990; Oke, 2004 e 2006) e

desenvolveu um sistema que discretiza no terreno urbanizado áreas homogêneas, denominadas *Local Climate Zones* (LCZ), ou zonas climáticas locais.

Stewart (2011) desenvolveu esse sistema de classificação de paisagem com o objetivo de padronizar os estudos sobre ilha de calor em todas as cidades. O sistema de zona climática local (LCZ) compreende 17 zonas e é a primeira classificação abrangente baseada no clima de paisagens urbanas e rurais para os investigadores de ilha de calor. Os nomes das LCZ são quantificáveis e não específicos ao tempo, a cultura e a localização, e cada zona representa uma área que é local em escala e única na cobertura da terra, morfologia de construção e clima térmico.

O universo da paisagem é representado por 17 LCZs, das quais 15 são definidas pela morfologia da superfície e cobertura da terra, e 2 por uso da terra e materiais de construção. As zonas são nomeadas e ordenadas por uma (ou mais) propriedade de superfície, a qual, na maior parte dos casos, refere-se a altura e ao arranjo da rugosidade dos objetos. Dessa forma, essa nova classificação conduz a uma interpretação mais significativa da magnitude da ilha de calor através das diferenças de temperatura entre as LCZ (ΔT_{LCZ}) (STEWART, 2011).

A utilização das zonas climáticas locais para classificar a paisagem oferece uma melhoria em relação à tradicional classificação “urbano-rural”, visto que são detalhadas em relação às propriedades do local que influenciam o clima próximo à superfície (altura da rugosidade superficial, fração de superfície impermeável, o desempenho térmico etc.), e essas propriedades são organizadas e apresentadas em folhas síntese de formato claro e padronizadas (STEWART e OKE, 2009a, 2009b).

Essa proposta já foi adaptada e utilizada por outros autores em diferentes países, e apresentaram resultados significativos para a análise climática: Collischonn e Mattos (2011) na cidade de Pelotas-RS, Brasil; Betchel et al. (2012) na cidade de Hamburgo, Alemanha; Puliafito et al. (2013) em Mendoza, Argentina; Alexander e Mills (2014) em Dublin, Irlanda; Middel et al. (2014) em Phoenix-AZ, Estados Unidos. Logo, o sistema de Stewart (2011) para a classificação de áreas homogêneas do ponto de vista das características térmicas do ar próximo à superfície se apresenta vantajoso para este estudo.

Ao propor esse conhecimento mais detalhado dos diferentes ambientes climáticos intraurbanos, poderão ser identificados os fatores responsáveis pela formação e dinâmica dos mesmos, que auxiliarão na sugestão de propostas de planejamento da cidade que visem à melhoria da qualidade de vida. Dessa forma, esta pesquisa tem por objetivo aplicar a metodologia de classificação da paisagem proposta por Stewart (2011) em Presidente Prudente-

SP para verificar a existência de potenciais unidades climáticas e analisar as propriedades da superfície urbana que alteram os elementos do clima na camada do dossel.

Para alcançar o objetivo proposto, foram sistematizados os seguintes objetivos específicos:

- Produzir um mapa de potenciais unidades climáticas de Presidente Prudente, baseado nas zonas climáticas locais (LCZ) propostas por Stewart (2011), que diferem entre si de acordo com as características da morfologia da superfície e cobertura da terra;

- Analisar as informações das propriedades da superfície e dados de temperatura do ar e da umidade do ar, e relacioná-los às potenciais unidades climáticas;

- Relacionar o mapa com os dados e informações obtidos em campo, a fim de verificar a existência de fato de unidades climáticas diferenciadas que apresentam potencial para modificar o clima local.

2 O CLIMA URBANO E A CIDADE

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

A densidade de materiais construtivos faz do sistema urbano um grande 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).

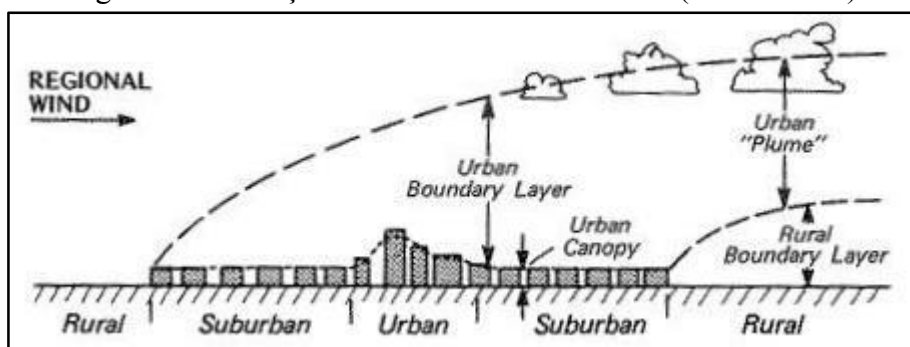
A complexidade da estrutura urbana em relação ao rural, com muitas superfícies horizontais e verticais para captura e absorção de radiação solar, influencia o albedo, o fluxo de ar e o armazenamento de calor durante o dia. Além disso, as estruturas urbanas de alta massa térmica e inércia, tais como ruas 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) (Fig.1). A primeira camada UCL, ou Camada do Dossel Urbano, se estende do solo até o nível médio 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 UBL, 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.

Figura 1 - Ilustração das camadas da atmosfera (UCL e UBL)



Fonte: Oke (1987, p. 274)

Ambas 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.

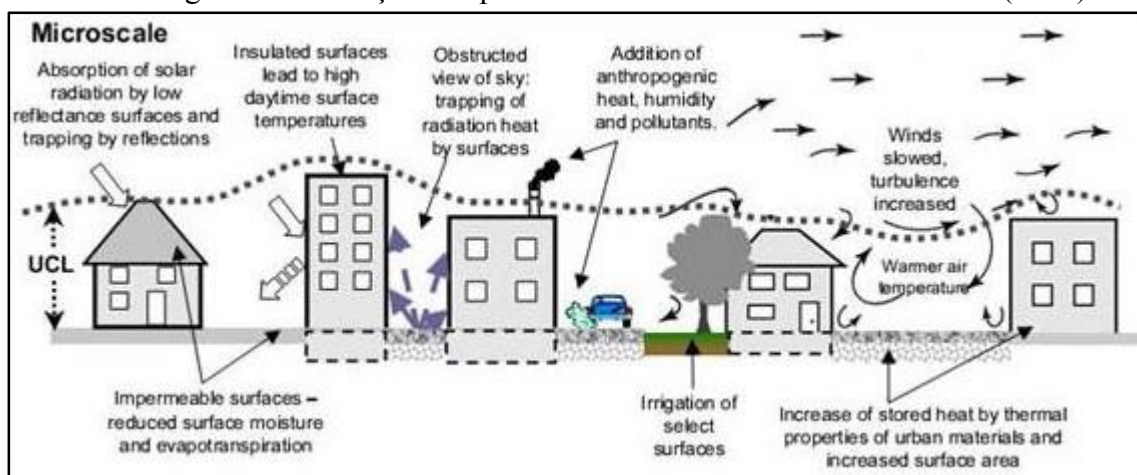
Na síntese da origem desse fenômeno, tem-se a radiação solar como componente principal no balanço de energia, resultado de um processo contínuo, durante dia e noite, através do qual as superfícies ganham calor por radiação solar e perdem por radiação de ondas longas.

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 (Fig. 2).

Os diferentes tipos de revestimentos e materiais urbanos possuem albedos diferenciados. Dessa forma, verifica-se que 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).

Diante dos fatores que levam à formação das ilhas de calor no dossel urbano, se faz necessário a descrição dos controles desse fenômeno, que de acordo com Stewart (2011) não são capazes por si só de gerar calor na cidade. Em vez disso, os controles definem a diferença de temperatura absoluta entre ambientes urbanos e rurais, e são importantes porque determinam a magnitude percebida da ilha de calor urbana.

Figura 2 - Ilustração dos processos na Camada do Dossel Urbano (UCL)



Fonte: http://www.epa.gov/heatisland/resources/pdf/EPA_How_to_measure_a_UHI.pdf

Stewart (2011) aborda cinco maiores controles sobre a magnitude da UHI, sendo estes: as condições do tempo atmosférico, o clima, o tempo (hora em hora, diariamente e sazonal), forma e função urbana e admissão térmica no ambiente rural. Os controles apresentam fortes relações entre si, a ponto de que a análise de um controle com a exclusão dos outros é inviável, e independentemente dos métodos utilizados para observar ou medir uma ilha de calor, os controles sobre sua magnitude permanecem os mesmos.

Conforme o autor, o controle mais amplamente estudado na magnitude da ilha de calor são as *condições tempo atmosférico*, visto que a maioria dos estudos de ilha de calor demonstra que ventos fracos e céu claro oferecem condições ideais para maximizar a sua magnitude. Em Presidente Prudente, esse controle apresenta forte relação com a continentalidade, uma vez que a massa de ar Tropical Atlântica (mTa), originalmente úmida, perde essa característica ao se deslocar até a região do oeste paulista e confere condições de tempo quente e seco à cidade.

Ademais, as condições meteorológicas predominantes durante a medição de ilha de calor, bem como as condições antecedentes que levaram a um evento de ilha de calor, têm uma forte influência sobre as diferenças de temperatura observadas entre o urbano e o rural (STEWART, 2011, p. 19).

Open skies at night thus reduce incoming long-wave radiation to rural surfaces, and weak winds reduce the turbulent mixing and transport of urban and rural surface air. Together these conditions promote sharp urban-rural temperature gradients and maximum UHI magnitudes (STEWART, 2011, p. 20).

O segundo controle climático corresponde ao *clima* numa escala mais ampla, como os climas continentais secos ou desérticos que promovem grandes amplitudes térmicas diárias,

capazes de produzir grandes magnitudes na UHI. As mudanças de magnitude da ilha de calor também são controladas por toda a escala de *tempo*, de hora em hora, diariamente e sazonais. E em condições atmosféricas ideais da camada UBL, os valores de pico de ilha de calor geralmente ocorrem horas depois do pôr do sol, quando as taxas de resfriamento no rural são maiores que as taxas urbanas.

Em relação ao quarto controle, *forma e função urbana*, cidades densamente construídas e com edifícios altos possuem fator de visão do céu baixo e, portanto, sentem menos o efeito de resfriamento noturno do que as ruas expostas e espaços abertos de uma cidade de baixa densidade construtiva. Por sua vez, a função urbana está relacionada à forma e coopera indiretamente com a distribuição da temperatura do ar, uma vez que os materiais construtivos e o calor antropogênico gerado em diferentes áreas (residencial, comercial e industrial) intensificam a produção de calor.

O último controle abordado por Stewart (2011, p. 25) foi a *admissão térmica no ambiente rural*, pois a facilidade com que uma superfície absorve e libera calor exerce uma influência significativa sobre as magnitudes da UHI. Superfícies de alta admissão, como solos úmidos ou saturados ($\mu > 1.800 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{1/2} \text{ K}^{-1}$), absorvem calor lentamente durante o dia e, posteriormente, liberam esse calor lentamente durante a noite. As temperaturas do ar diretamente acima da superfície respondem de forma conservadora, e, assim, o potencial para o resfriamento noturno é reduzido. A faixa de temperatura diurna e o potencial de resfriamento noturno são mais extremos sobre superfícies de baixa admissão, como neve ou solos secos ($\mu < 1.800 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{1/2} \text{ K}^{-1}$).

No caso de Presidente Prudente, além dos controles citados acima, outros fatores também podem influenciar a magnitude da ilha de calor, tais como: vegetação (dependente da disponibilidade de água) e altitude. Através do processo de evapotranspiração, áreas vegetadas no rural e no urbano são capazes de diminuir a temperatura do ar, enquanto o relevo pode influenciar a trajetória do vento e contribuir para o direcionamento de fluxos de ar mais frescos para os fundos de vale.

De maneira geral, as Tabelas 1 e 2, adaptadas de Oke (1987), sintetizam as propriedades radiativas de materiais urbanos e rurais, que comprovam as mudanças nos processos de absorção, difusão e reflexão da energia, sofrida pela atmosfera principalmente na camada do dossel urbano.

De acordo com Collischon (1998) e 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).

Tabela 1 - Propriedades radiativas de materiais urbanos

SUPERFÍCIE	ALBEDO (α)	EMISSIVIDADE (ϵ)
<i>Ruas</i>		
Asfalto	0.05 – 0.20	0.95
<i>Paredes</i>		
Concreto	0.10 – 0.35	0.71 – 0.90
Tijolos	- 0.40	0.90 – 0.92
Pedras	0.20 – 0.35	0.85 – 0.95
Madeiras		0.90
<i>Telhados</i>		
Piche e Cascalho	0.08 – 0.18	0.92
Telhas	0.10 – 0.35	0.90
Ardósia	0.10	0.90
Sapé – Folhagem	0.15 – 0.20	
Chapa de Ferro Ondulada	0.10 – 0.16	0.13 – 0.28
<i>Pinturas</i>		
Branças, Caiadas	0.50 – 0.90	0.85 – 0.95
Vermelha, Marrom, Verde	0.20 – 0.35	0.85 – 0.95
Preta	0.02 – 0.15	0.90 – 0.98
<i>Áreas Urbanas</i>		
Variações	0.10 – 0.27	0.85 – 0.96
Médias	0.15	0.95

Fonte: Adaptado de Oke (1987, p. 281)

Tabela 2 - Propriedades radiativas de materiais rurais

SUPERFÍCIE	ALBEDO (α)	EMISSIVIDADE (ϵ)
<i>Solos</i>		
Escuro, Úmido	0.05	0.90
Claro, Seco	0.40	0.98
<i>Gramma</i>		
Alta (1m)	0.16	0.90
Baixa (0.02m)	0.26	0.95
<i>Culturas agrícolas, Tundra</i>	0.18 – 0.25	0.90 – 0.99
<i>Florestas Decíduas</i>		
Sem folhagem	0.15	0.97
Com folhas	0.20	0.98
<i>Água</i>		
Pequeno ângulo zenital	0.03 – 0.10	0.92 – 0.97
Grande ângulo zenital	0.10 – 1.00	0.92 – 0.97

Fonte: Adaptado de Oke (1987, p. 12)

Assim, o aumento das áreas edificadas e pavimentadas propicia a produção de calor, sendo as coberturas (telhado) as principais responsáveis pelo calor produzido tanto no interior quanto no entorno das edificações. Este calor, determinado pelas variáveis de albedo (refletância) e emissividade dos materiais¹, pode ser visto na Tabela 3.

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, consequentemente, 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).

¹ Albedo: designação frequentemente aplicada à refletância total de um dado sistema, considerando-se o quociente entre o fluxo refletido e o fluxo incidente. Disponível em: <<http://pyata.cptec.inpe.br/radiacao/>>. Emissividade: capacidade de um objeto emitir radiação eletromagnética (no nosso caso, energia infravermelha) quando comparado a um “corpo negro” para a mesma temperatura e comprimento de onda. Disponível em: <<http://www.vortex.com.br/raytek/emissividade.html>>.

Tabela 3 - Temperatura superficial dos materiais para condições climáticas determinadas pela ASTM E 1980-98

Material	Albedo (a)	Emissividade (e)	Temperatura Superficial (°C)	Diferença de temperatura entre o ar e o material (°C)
Cerâmica Vermelha	0,53	0,9	36,8	-0,1
Cerâmica Branca	0,54	0,9	36,2	-0,6
Fibrocimento	0,34	0,9	47,1	10,3
Alumínio sem pintura	0,57	0,05	69,4	32,6
Alumínio cores claras	de 0,40 a 0,47	0,9	de 40,1 a 43,3	de 3,2 a 6,5
Alumínio cores escuras	de 0,26 a 0,38	0,9	de 45,0 a 51,4	de 8,1 a 14,5
Aço galvanizado sem pintura	0,57	0,25	57,9	21,1

Fonte: Adaptado de Ferreira e Prado (2003)

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.

Todavia, de acordo com Sant'Anna Neto (2012), no sentido de avançar e enriquecer a análise desse fenômeno, na perspectiva geográfica, há a necessidade de se incorporar a dimensão social na interpretação do clima urbano. Isso significaria a compreensão de que a repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre ocorre num território, transformado e produzido pela sociedade, de maneira desigual e apropriado conforme os interesses dos agentes sociais.

Se o espaço geográfico é produzido de forma altamente complexa e fortemente desigual. Se o clima é o produto da interação entre os processos dinâmicos da atmosfera e das ações dos agentes sociais, que ao produzirem novas territorialidades modificam as características fundamentais dos elementos climáticos. Então os

diversos grupos sociais não experimentam nem percebem o tempo e o clima da mesma forma. Espaços desiguais potencializam efeitos do clima, igualmente desiguais. Nesta perspectiva temos que admitir que o clima é uma construção social (SANT'ANNA NETO, 2012, p. 35-36).

Segundo o autor, ultrapassar a dimensão natural do fenômeno climático e reinterpretá-lo do ponto de vista de que a atmosfera sobre um determinado recorte territorial da superfície terrestre é o reflexo de como este espaço é produzido socialmente, poderá contribuir significativamente nas análises climáticas. Além de desvendar os processos dinâmicos e as estruturas temporais e espaciais do clima, compreenderá também a ação dos fenômenos atmosféricos em uma sociedade desigual, estruturada em classes sociais, que não dispõe dos meios para minimizar ou otimizar os seus efeitos (SANT'ANNA NETO, 2012).

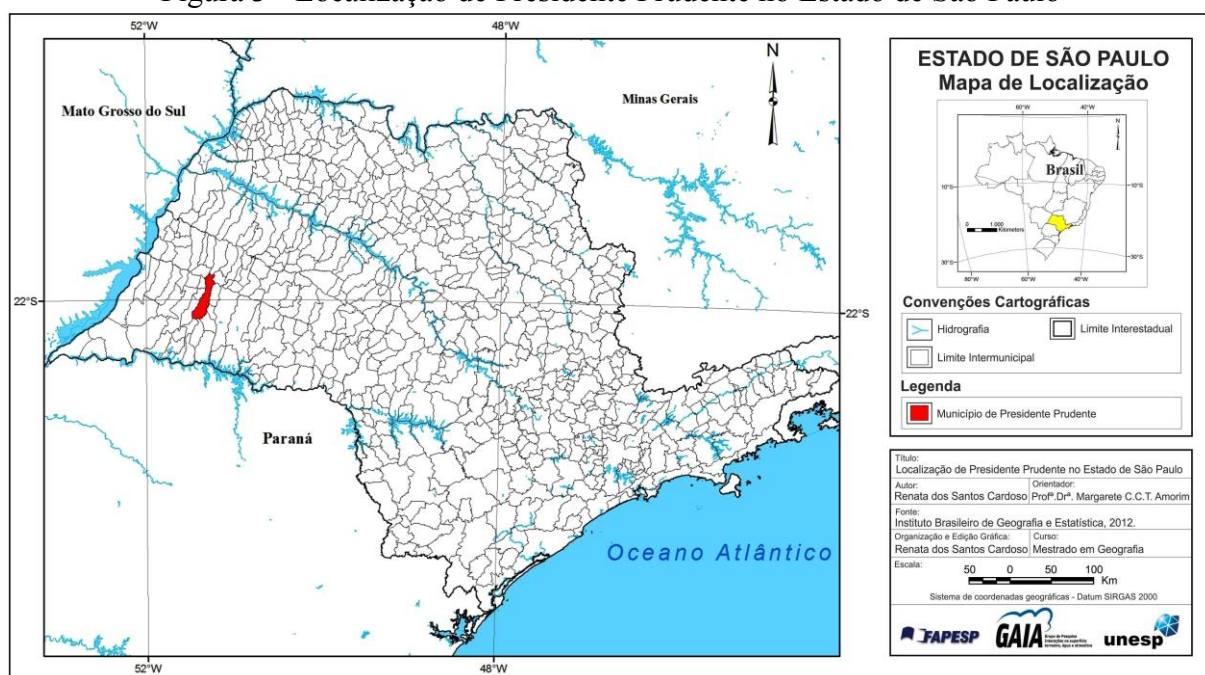
As relações entre a sociedade e o *sistema climático* dependem das características deste, mas também, da capacidade de absorção, da resistência e da elasticidade da estrutura social existente. Cada tipo de *unidade de exposição* – organização social, suporte biogeofísico – identifica e reage à variabilidade climática de modo diferente (MONTEIRO, A., 2009, p. 188).

Deste modo, como o processo de urbanização nas cidades brasileiras está relacionado à lógica capitalista de produção do espaço urbano, que gera espaços segregados e fragmentados e não considera as condições ambientais e naturais, tornou-se comum identificar impactos sensíveis aos diferentes grupos sociais que habitam a cidade (SANT'ANNA NETO, 2011). Tal processo também pode ser observado em Presidente Prudente, onde a produção e reestruturação do espaço urbano ao longo do tempo têm definido os locais destinados aos segmentos de pequeno rendimento, “reforçando, no espaço, a diferenciação decorrente da divisão social do trabalho” (SILVA, 2009, p. 101).

3 O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO EM PRESIDENTE PRUDENTE

Presidente Prudente, situada no extremo oeste do estado de São Paulo (Fig. 3), com área urbana de aproximadamente 60 km² e população estimada de 220.599 habitantes (IBGE, 2014), é considerada um centro regional que absorve, economicamente, toda sua área de influência e se caracteriza como um importante centro de comércio, de serviços e universitário, com parque industrial pouco significativo se comparado com outras áreas do estado (SPOSITO, E., 2011).

Figura 3 - Localização de Presidente Prudente no Estado de São Paulo



Fonte: Elaborado pela autora

Seu crescimento levou à expansão do tecido urbano em níveis maiores do que o próprio índice de crescimento demográfico e econômico observados nos últimos 25 anos. Porém, como denota o grande número de lotes não edificadas, a cidade é, hoje, maior do que precisaria ser, pois sua extensão em tamanho não significa que todos moram bem ou que haja uma distribuição equitativa dos meios necessários à vida urbana (SPOSITO, M., 2011).

Nos setores norte e leste da cidade há áreas residenciais em que seus moradores, além das distâncias e dificuldades de acesso em que se encontram em relação à parcela melhor equipada do território urbano, vivem em áreas residenciais servidas de modo precário por infra-estruturas, equipamentos e serviços públicos. Ao contrário, no setor sul, desde o Parque do Povo até quase o Aeroporto, ampliou-se a implantação de loteamentos fechados e abertos, destinados aos padrões de consumo mais altos, bem como os investimentos públicos em áreas de lazer, avenidas e outros meios de consumo coletivo (SPOSITO, M., 2011, p. 27).

A paisagem urbana é construída e marcada por dinâmicas que não envolvem apenas a natureza, mas também a sociedade ao longo de um tempo histórico. Assim, ressalta-se a importância do processo histórico de urbanização para compreender os diferentes arranjos das paisagens e como suas características potencializam os efeitos do clima, que são sentidos pela população de forma desigual.

Portanto, a mais antiga notícia das terras que hoje pertencem ao município de Presidente Prudente consta na escritura pela qual seu domínio foi transferido por José Antônio Gouvêa à família Alves Lima, por volta de 1850. Desta última, passa à propriedade de Manuel Pereira Goulart, que explora a região entre 1884 e 1890 e contrata com o Governo Provisório a colonização de 50 alqueires daquelas terras (IBGE, 2013).

No final do século XIX, a região do oeste paulista, onde se encontra a cidade de Presidente Prudente, era pouco conhecida e povoada. Todavia, Manuel Pereira Goulart já explorava essas terras. Seu filho, Francisco de Paula Goulart deu continuidade a esse processo de colonização e, antecipando a chegada da ferrovia iniciou o loteamento da Vila Goulart. Concomitantemente, José Soares Marcondes também se constituiu na região como um colonizador, dando início à venda de lotes na área e fundando a Vila Marcondes (MIYAZAKI, 2008).

A chegada da Estrada de Ferro Sorocabana no extremo oeste paulista, conferindo à região a denominação de Alta Sorocabana, dividiu o lugarejo em duas partes: a mais ampla, em nível mais baixo, passa a denominar-se Vila Goulart; a outra, Vila Marcondes, referência à José Soares Marcondes, um dos colonizadores.

Presidente Prudente nasceu da reunião de dois núcleos urbanos criados para ampararem as vendas das terras feitas por Goulart e Marcondes. Era preciso um centro de ligação entre o sertão e o mundo povoado que ficava à retaguarda, um lugar de abastecimento e gêneros e instrumental para o trabalho, onde se encontram escola, farmácia, médico e hospital. Esses elementos seriam atrativos para a fixação de compradores de terras. Eis o fundamento básico para o aparecimento da Vila Goulart e da Vila Marcondes, povoados que o município criado englobou na cidade de Presidente Prudente (ABREU, 1972, p. 171).

Desde a fundação da cidade em 1917, com a chegada da via férrea, da sua emancipação em 28 de novembro de 1921, verificou-se um crescimento da população e o consequente aumento nas vendas das terras (ABREU, 1972).

Presidente Prudente foi marcada pela produção de café na década de 1920 e pela produção de algodão na década de 1930, o que acabou contribuindo para a urbanização da cidade devido à instalação de indústrias de beneficiamento do algodão. Além disso, tais

indústrias foram as responsáveis pelo desenvolvimento econômico do município e também por atrair uma população que buscava novas oportunidades na cidade (ABREU, 1972).

Na década de 1940 o algodão e o gado superaram o café, e a cidade aos poucos foi se tornando um centro comercial que oferecia produtos agrícolas e serviços. A partir de 1960, a pecuária se caracterizava como a principal atividade econômica da região, propiciando a maior concentração de capital.

No final dos anos de 1950 e nas décadas de 1960 e 1970, o crescimento de Presidente Prudente atrelou-se, especialmente, ao estabelecimento de frigoríficos e curtumes. Um período marcado pela decadência da agricultura e pelo monopólio da terra, fatores responsáveis pela expulsão do homem do campo, já que este passou a apresentar precárias condições de trabalho e de vida (AMORIM, 2000).

Camargo (2007) destaca que concomitante ao processo de esvaziamento do campo, a cidade passou por um processo de inchaço populacional que proporcionou vários problemas aos moradores, tanto social como ambientais. Somado a isso, a especulação imobiliária ocorrida entre as décadas de 1970 e 1980 propiciou um tipo de crescimento em Presidente Prudente que gerou problemas como a densidade de edificações, ocupação de áreas de risco, retirada da cobertura vegetal e exclusão social.

A especulação imobiliária levou a cidade para onde foi mais cômodo e lucrativo, expandindo o perímetro urbano e transformando as áreas rurais em urbanas, sem se importar muito com o planejamento dos bairros que, futuramente, vieram a surgir. Este processo de produção do espaço urbano é o principal responsável pelo surgimento de diversos bairros e pelo crescimento descontínuo da malha urbana de Presidente Prudente (CAMARGO, 2007, p. 61).

Como resultado desse planejamento ineficaz que impulsionou a ocupação indiscriminada das áreas periféricas e de baixo custo, obteve-se uma grande “densidade de edificações (lotes pequenos, quase que totalmente edificadas, 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).

Todo esse processo provoca disparidades socioambientais cada vez mais visíveis na paisagem, assim como problemas ambientais de diversas ordens e alterações no seu clima urbano, cujo efeito sobre um determinado espaço construído de maneira desigual resulta em anomalias com magnitudes também diferenciadas.

Nesse contexto, a especulação constitui uma das formas efetivas dos agentes imobiliários interferirem na produção do espaço urbano, principalmente no que diz respeito ao loteamento de glebas não contínuas à malha urbana, criando os chamados vazios urbanos. Tais

vazios, por sua vez, são beneficiados com a implantação de infraestruturas nos locais recém loteados, o que propicia uma valorização dos mesmos em virtude da acessibilidade criada (SILVA, 2009).

Desse modo, percebe-se que não há uma preocupação em dar continuidade à malha urbana nem de promover sua expansão na mesma proporção em todas as direções, o que torna as cidades desiguais em relação à acessibilidade de sua população às áreas centrais (SPOSITO, 1990).

Em Presidente Prudente, durante a década de 1970 e início da década de 1980, principalmente, a expansão territorial deu-se majoritariamente para oeste, sendo que grandes áreas não foram loteadas no interior da cidade. Conforme análise de Sposito (1983) e Silva (2009) sobre tal acontecimento, mesmo com uma expansão territorial superior ao crescimento da população, verificou-se o aumento do problema habitacional na cidade, tendo em vista que o mercado de terras urbanas obedece à lógica dos proprietários e incorporadores imobiliários e promovem a elevação do preço do solo urbano.

Portanto, com o intuito de diminuir os problemas decorrentes da expansão e crescimento da cidade, o poder público atuou com algumas medidas, como a criação de loteamentos e conjuntos habitacionais, visando solucionar os problemas referentes à moradia. Entretanto, as habitações foram construídas em porções periféricas da cidade e as condições de vida nessas áreas são geralmente precárias, com um grande contraste em relação a locais que recebem uma maior atenção (SILVA, 2009).

Os bairros COHAB e CECAP (APÊNDICE A), por exemplo, localizados na porção oeste de Presidente Prudente, foram criados no começo da década de 1980 para solucionar o problema habitacional e, em tal momento, eram caracterizados como espaços periféricos, destinados à população de baixo poder aquisitivo e com carências de infraestrutura e serviços (MIÑO, 2004).

Ainda na década de 1980, vários conjuntos habitacionais foram construídos na cidade, sendo eles: o Parque Alexandrina (zona norte), com 90 unidades; Parque Cedral (zona oeste), com 82 unidades; Parque Watal Ishibashi (zona norte), com 42 unidades; Jardim Itatiaia (zona leste), com 20 unidades; Jardim Santa Marta (zona leste), com 17 unidades; Parque Bandeirantes (zona norte), com 14 unidades; Jardim Jequitibás (zona oeste), com 414 unidades (FERNANDES, 1998; SILVA, 2009).

Silva (2009) também destaca a implantação do conjunto habitacional Brasil Novo nos anos 1990 e a construção de áreas para lotes urbanizados, como o próprio Brasil Novo, o Jardim Morada do Sol, Augusto de Paula e Jardim Humberto Salvador, fato que Fernandes (1998)

chamou de extensão da zona Leste na porção Norte da cidade, devido ao padrão de ocupação destas áreas.

Na mesma década houve o aumento de 587 moradias, com a construção de quatro conjuntos habitacionais: Jardim Cambuci, com 80 unidades (zona leste); Jardim Santa Paula, com 74 unidades e Jardim Vale do Sol, com 183 unidades (zona oeste); e Brasil Novo, com 250 unidades (zona norte) (SILVA, 2009).

Em 1992, foram aprovados os conjuntos habitacionais Ana Jacinta I, Ana Jacinta II, Mário Amato e Jequitibás II. Após cinco anos, em 1997, foram implementados o J. Maracanã (zona norte) e o CECAP II (zona oeste), contando com recursos estaduais, através da CDHU. No período de 1993-96 não houve a implantação de programas habitacionais com recursos federais e estaduais, tendo se tornado prioridade, em função desse aspecto, a implementação do Projeto de Desfavelamento e Lotes Urbanizados (FERNANDES, 1998 apud SILVA, 2009, p. 93).

Apesar dos programas habitacionais, Presidente Prudente apresentava áreas com ocupações juridicamente irregulares, consideradas favelas. De acordo com Silva (2009), tais áreas se encontravam desprovidas de infraestrutura básica e reuniam pessoas de baixa renda que não possuíam a propriedade do imóvel no qual residiam. Logo, a fim de promover o assentamento das famílias em suas próprias residências, por meio do financiamento dos lotes, deu-se início à execução do Programa de Desfavelamento no final do ano de 1989 (MARACCI, 1999).

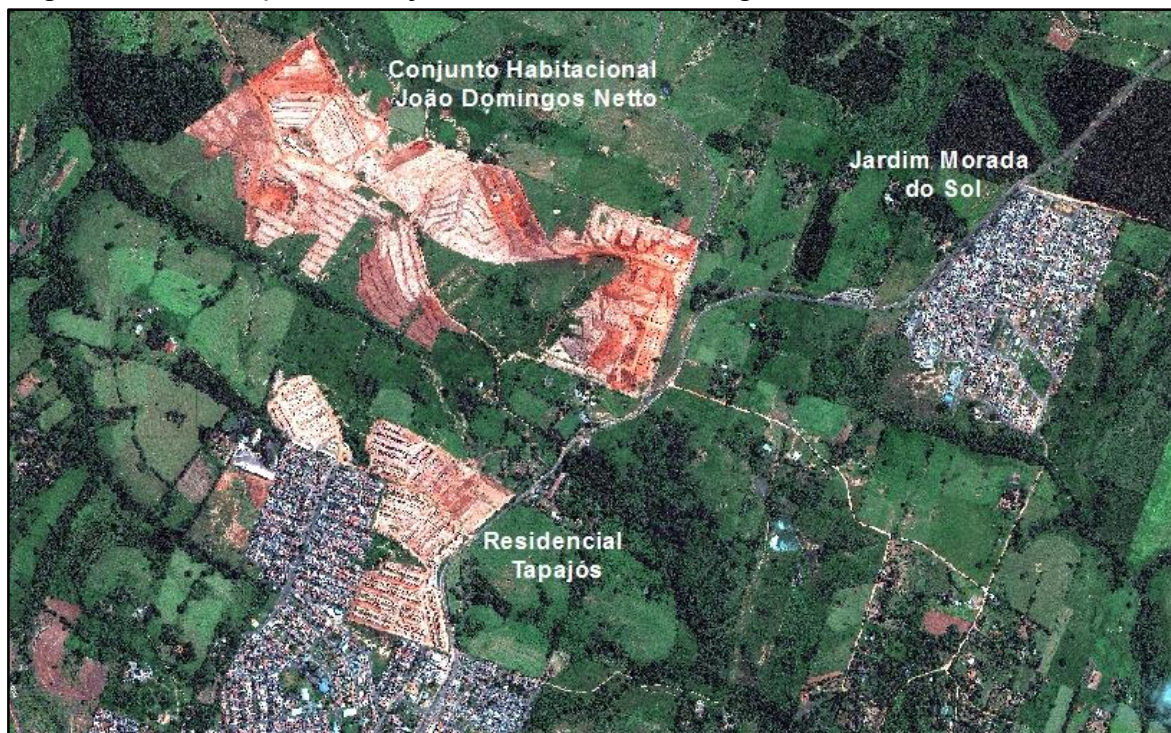
Contudo, parte dos moradores das favelas foi para os Loteamentos Urbanizados: Jardim Morada do Sol (km 7), Brasil Novo, Parque Shiraiwa, Vila Aurélio e Jardim Paraíso. Por conseguinte, o processo de realocação da população para o Jardim Morada do Sol aumentou a precariedade das condições de vida dos moradores, pois nas áreas ocupadas anteriormente “havia um entorno com infra-estrutura, serviços e equipamentos públicos, enquanto nas novas áreas, essa população sofre as carências de meios de consumo coletivo e o afastamento socioespacial da cidade no seu sentido pleno” (SILVA, 2009, p. 101).

Mais recentemente, em dezembro de 2013, o site de notícias da região de Presidente Prudente, o iFronteira², divulgou que a Prefeitura da cidade, em conjunto com a Caixa Econômica Federal, realizaria a entrega das chaves das 227 moradias do Residencial Tapajós às famílias contempladas pelo programa Minha Casa Minha Vida do governo federal. Esse conjunto habitacional está localizado na Rodovia Raimundo Maiolini, próximo ao Jardim Brasil novo, na zona norte da cidade (Fig. 4). Além da entrega dessas habitações populares, a

² Disponível em: <<http://goo.gl/C8lBfG>>. Acesso em: dez. 2013.

Secretaria Municipal de Comunicação³ divulgou no dia 11 de abril de 2014 a continuidade do recadastramento das famílias que serão contempladas com moradias no Conjunto Habitacional João Domingos Netto, conhecido como o antigo Km-6.

Figura 4 - Localização dos conjuntos habitacionais na região norte de Presidente Prudente



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

De acordo com o setor de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Habitação da Prefeitura, a execução dos lotes urbanizados (2.368) do João Domingos Netto na área próxima ao presídio está aguardando a aprovação do Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais do Estado de São Paulo (GRAPROHAB)⁴. Esse projeto ainda conta com o apoio do Programa de Subsídio à Habitação (PSH) da Caixa Econômica Federal, destinado à construção de unidades habitacionais à população de baixa renda.

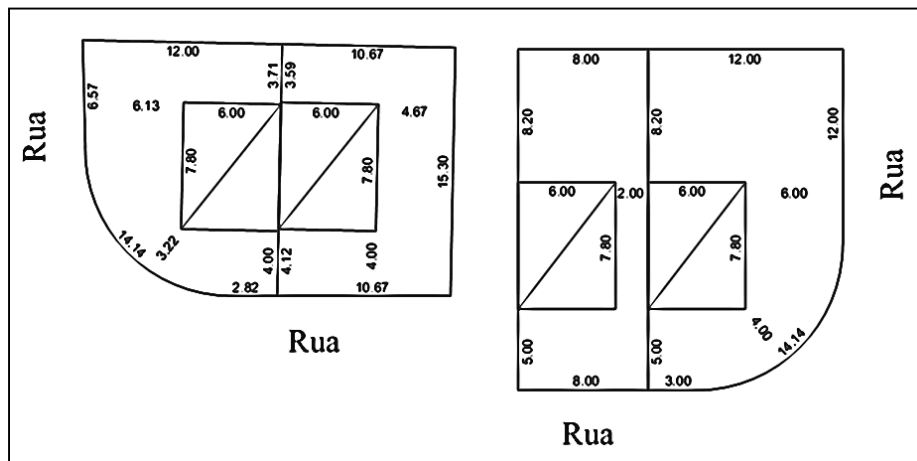
Além dessa visível segregação socioespacial, outra característica preocupante são os tamanhos dos lotes e das residências, que no caso dos quase 2.400 lotes do Residencial João Domingos Netto são em média 160 m² e 50 m², respectivamente (Fig. 5). Os lotes pequenos com construções muito próximas umas das outras tendem a ter sua superfície impermeabilizada

³ Disponível em: <www.presidenteprudente.sp.gov.br/>.

⁴ O GRAPROHAB foi reestruturado através do Decreto Estadual nº. 52.053, de 13 de agosto de 2007, e tem por objetivo centralizar e agilizar os procedimentos administrativos de aprovação do Estado, para implantação de empreendimentos de parcelamentos do solo para fins residenciais, conjuntos e condomínios habitacionais, públicos ou privados.

e sem espaço para áreas verdes, o que provoca a diminuição da umidade do solo e dos processos de fotossíntese, evaporação e evapotranspiração nos espaços urbanos.

Figura 5 - Medidas dos lotes e das moradias no Residencial João Domingos Netto



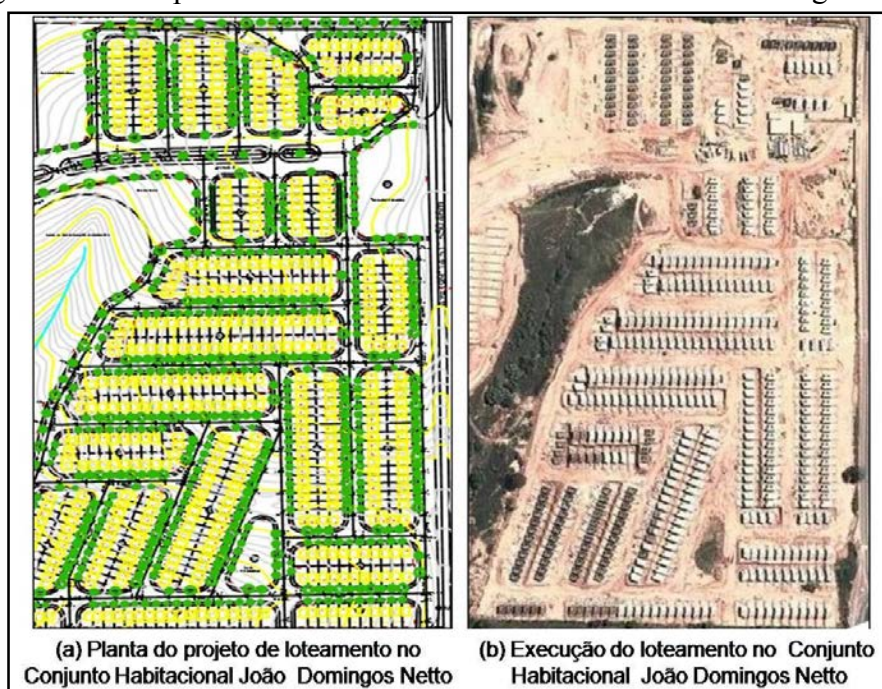
Fonte: Prefeitura Municipal de Presidente Prudente (2014)

Como as superfícies impermeabilizadas não retêm água, a energia que seria transformada em calor latente para a mudança da água do estado líquido para o estado gasoso, fica disponível na atmosfera na forma de calor sensível. Do mesmo modo, a energia que poderia ser utilizada no processo de evapotranspiração pela vegetação ou ser empregada na fotossíntese, intensifica o aquecimento das áreas urbanas.

Além disso, destaca-se que a cobertura vegetal, previamente retirada para dar início ao processo de execução do loteamento, está prevista na planta do projeto (pontos verdes na Fig. 6a), mas na imagem de 18 de outubro de 2013 (Fig. 6b), verifica-se que muitas casas já foram construídas, mas os lotes continuam com solo exposto.

Na ocasião da entrega das moradias populares do Residencial Tapajós, foi lembrado pelo poder público municipal que haveria um grande investimento da Prefeitura na região norte, que contempla os conjuntos habitacionais citados anteriormente. Esses contariam com toda infraestrutura necessária, como creches, escolas, unidades de saúde, praças esportivas, entre outros equipamentos públicos para atender as famílias.

Figura 6 - Vista parcial do loteamento no Residencial João Domingos Netto



Fonte: (a) Prefeitura Municipal de Presidente Prudente (2014). (b) <https://maps.google.com.br/>

Entretanto, o que se observa atualmente, sem desmerecer a importância dessas residências para a população, é a implantação de grandes aglomerados habitacionais sem a preocupação com a qualidade de vida nesses locais, onde o afastamento da cidade muitas vezes limita o acesso às infraestruturas, serviços e equipamentos públicos necessários no dia-a-dia da população.

Sendo assim, esses programas do poder público, ao definirem novas áreas para realocar a população de baixa renda, reforçam a segregação não só social, mas também espacial e ambiental desses habitantes. Isso porque, associado ao perfil socioeconômico da população à qual os bairros são destinados, têm-se lotes majoritariamente pequenos e impermeabilizados, e um padrão construtivo aquém do adequado às características climáticas que a cidade se encontra para a garantia do conforto térmico aos habitantes.

4 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foi utilizado como referencial o método de Monteiro (1976), que formalizou uma estrutura teórica e metodológica para a compreensão do fato urbano, o Sistema Clima Urbano (S.C.U), e abordou o clima como sendo um sistema singular, aberto, evolutivo, adaptativo e morfogênico, composto pelo clima local e pela cidade.

Segundo o referido autor, o S.C.U pode ser compreendido através de três subsistemas, denominados Termodinâmico, Físico-Químico e Hidrometeorológico, e contempla as variações nas características do clima local decorrentes da alteração no balanço de energia na cidade, provocada pela interação entre a superfície e a atmosfera. Constitui, portanto, um aporte teórico fundamental para esta pesquisa que enfatiza o subsistema termodinâmico, considerado por Monteiro (2003) como sendo insumo básico dentro do esquema do S.C.U.

As componentes termodinâmicas do clima não só conduzem ao referencial básico para a ação do conforto térmico urbano como são, antes de tudo, a constituição do nível fundamental de resolução climática para onde convergem e se associam todas as outras componentes (MONTEIRO, 2003, p. 44).

Buscou-se também aplicar a proposta de classificação de Stewart (2011), definida como *Local Climate Zones*, ou zonas climáticas locais, baseada na capacidade de um local em modificar o seu clima devido à sua mistura particular de radiação térmica, rugosidade, umidade e propriedades antropogênicas. Porém, assim como fizeram Collischonn e Mattos (2011), optou-se em não utilizar a expressão “Zona Climática”, pois esta já é consagrada para a divisão dos macroclimas da terra. Deste modo, foi utilizada a nomenclatura “unidades climáticas”, adicionando o adjetivo “potencial”, porque para se chegar às unidades climáticas de fato é preciso avaliar não só o campo térmico, mas o fluxo de vento, umidade, balanço de energia e radiação e concentração de CO₂ (STEWART, 2011).

Stewart (2011) criou uma classificação centrada na paisagem e, partindo da avaliação global do conjunto da paisagem, o autor a decompôs, num primeiro momento, seguindo o princípio da modificação da superfície, ou seja, o grau em que o aspecto técnico-cultural se sobrepõe à superfície físico-natural. Nesse novo sistema de classificação, as áreas são devidamente detalhadas no que diz respeito às propriedades que impactam o clima próximo à superfície, e as informações são expostas de forma clara e padronizadas, possibilitando uma interpretação mais fidedigna do clima urbano.

Ao mapear as Potenciais Unidades Climáticas (PUC) a partir do conhecimento prévio da cidade e com o auxílio da imagem GeoEye-1 de 5 de março de 2013 (adquirida pelo

Programa de Pós-Graduação da FCT/UNESP), foram definidas as classes temáticas elencadas pelo autor que apresentaram semelhanças com os diferentes arranjos da paisagem urbana de Presidente Prudente.

O primeiro teste de classificação automática (“pixel-a-pixel”) foi realizado, mas não apresentou um resultado consistente, devido ao grande número de pixels e de confusões espectrais decorrentes da heterogeneidade de paisagens presentes no urbano. Por isso, optou-se pela abordagem visual com a técnica de interpretação visual no aplicativo ArcGIS, utilizando informações como padrão, tonalidade, forma e tamanho das feições encontradas na imagem para identificar as classes.

Esse procedimento, que resultou na identificação de 20 classes, possibilitou visualizar a distribuição das PUCs na malha urbana de Presidente Prudente e onde as alterações da superfície são mais significativas. O mapa também auxiliou na escolha da técnica para medição das características dos dados climatológicos, pois devido à disposição das classes na malha urbana optou-se em realizar transectos móveis ao longo de percursos que compreendessem as áreas representativas das unidades mapeadas.

Isso porque, assim orientou Monteiro (1990b, p. 63), no caso de as condições não serem favoráveis à “abordagem “em área” é preferível concentrar-se a observação ao longo de um eixo ou transecto (setor transversal). Também ele, deve expressar as partes – pelo menos as fundamentais e mais expressivas – do todo complexo que é a cidade”.

Segundo Amorim (2005):

A metodologia para a coleta de temperatura do ar [...] consiste na definição de dois transectos, com medidas móveis, utilizando-se de termômetros digitais, com os sensores presos em haste de madeira com 1,5m de comprimento, acoplados na lateral de dois veículos que saem da periferia (rural), passando pelo centro, chegando ao extremo oposto da cidade (AMORIM, 2005. p. 69).

A coleta de dados com veículos também exige que o tempo gasto entre a medida do ponto inicial e no ponto final do itinerário não ultrapasse uma hora, com variação da velocidade entre 30 e 40Km/h.

De acordo com Monteiro (1990b, p. 60), ao adentrar na cidade para investigar 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”. Dessa forma, foram medidas as temperaturas do ar e umidade relativa do ar em cinco dias do mês de dezembro de 2013 (11, 12, 13, 15 e 16) e nos dias 30/6, 1/7, 2/7, 3/7 e 5/7 de

2014, através de transectos móveis com percursos nas direções oeste-leste e sul-norte da cidade, no período noturno.

Conforme destacam Voogt e Oke (1998), as edificações formam um importante componente da área total da superfície nas cidades, mas geralmente não são consideradas na maioria das tentativas de mensuração da temperatura da superfície urbana.

Os autores ainda afirmam que a atmosfera urbana, em particular no interior da camada do dossel urbano, é condicionada pelas temperaturas das superfícies tanto horizontais (por exemplo, telhados, estradas, copas das árvores, terra) como verticais (edifícios). Sendo assim, também foram medidas as temperaturas das edificações (com termômetro digital infravermelho) a fim de caracterizar de forma mais completa a temperatura na superfície urbana.

Feito isso, os dados da temperatura do ar e umidade relativa foram tabulados e interpolados nos aplicativos ArcGIS e Surfer para gerar cartas de isotermas e isoígras. Posteriormente, esses dados também foram utilizados para calcular os valores de umidade específica⁵, representados graficamente com os dados de temperatura do ar ao longo dos perfis longitudinais ilustrados de cada trajeto dos transectos.

Após a análise do campo térmico e higrométrico de Presidente Prudente, a etapa seguinte consistiu na elaboração de modelagens espaciais e temporais da ilha de calor. Os modelos de regressão utilizados no aplicativo IDRISI foram adotados a fim de relacionar a temperatura do ar em episódios de verão e inverno com as potenciais unidades climáticas, bem como estimar esses dados para as demais áreas não abrangidas nos transectos móveis, considerando-se as características da superfície.

O procedimento de modelagem da temperatura do ar relacionada com as características da superfície se mostrou eficiente, visto que comprovou estatisticamente que há influência da morfologia urbana e cobertura da terra na atmosfera local. Além disso, os modelos de regressão auxiliaram na avaliação das PUCs e identificação das classes que apresentaram maior correlação com as temperaturas do ar registradas durante os transectos móveis, o que por conseguinte possibilitou a seleção das unidades que melhor representam o campo térmico da cidade.

⁵ A umidade específica (g/kg) é a relação entre a massa de vapor d'água por quilograma de ar úmido, enquanto a umidade relativa (%) corresponde à relação entre a massa de vapor d'água contida em metro cúbico de ar e a massa que existiria se o ar estivesse saturado à mesma temperatura.

Das 20 classes inicialmente mapeadas, somente 8 foram selecionadas a partir das modelagens, e em seguida organizadas e descritas de acordo com as folhas síntese elaboradas por Stewart (2011). As folhas correspondentes a cada unidade foram preenchidas com os dados obtidos nos transectos pela cidade, nos modelos de regressão, com ilustrações correspondentes às LCZs e fotografias.

5 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E GEOAMBIENTAL

O processo de urbanização promove diversas alterações nas áreas urbanas, decorrentes do intenso adensamento e verticalização que criam 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 estrutura teórica e metodológica para a compreensão do fato urbano.

Nesse sentido, destaca-se a proposta de investigação destas interferências nos climas das cidades elaborada por Monteiro (1976), o Sistema Clima Urbano (S.C.U), que apresentou 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.

Ao considerar o clima das cidades como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”, Monteiro (1976, p. 95) sugere que o clima urbano é específico para cada ambiente urbanizado, uma vez que as cidades se diferem de acordo com seus condicionantes geoecológicos e urbanos. Dessa forma, entende-se que a proposta formulada pelo autor envolve não só os elementos de ordem meteorológica da atmosfera, mas a articulação desses com os elementos da paisagem urbana em sua dinâmica.

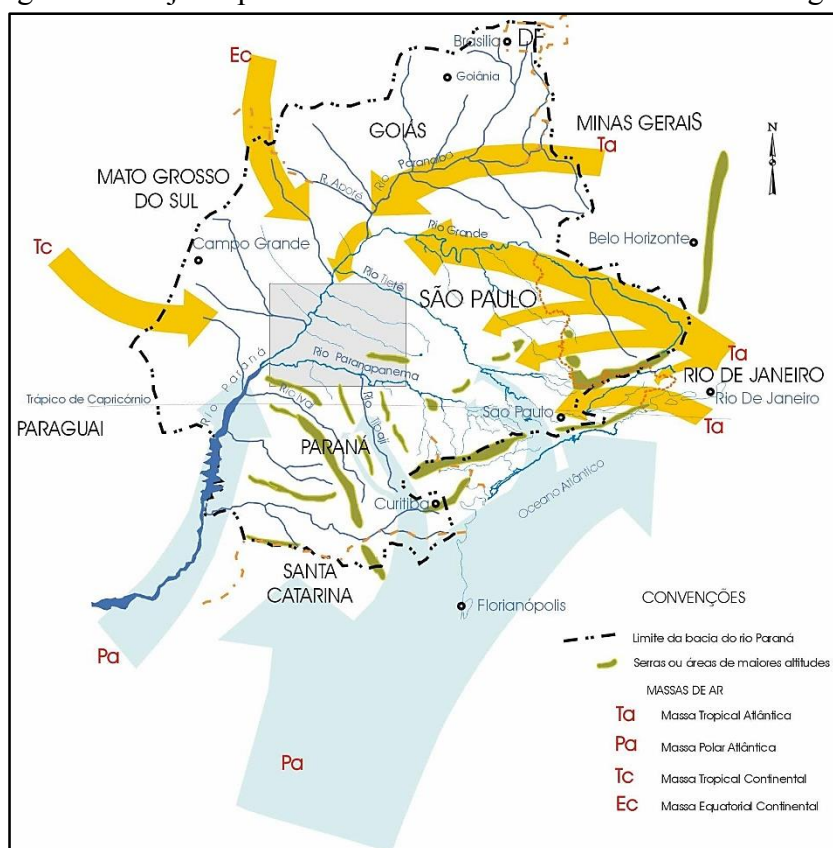
Por isso, segundo o autor, para analisar o S.C.U é necessário adentrar a cidade e identificar os aspectos dos diferentes dinamismos da vida urbana, tais como: as características do sítio urbano, o tráfego de veículos automotores, a remoção da cobertura vegetal, a canalização de córregos e o adensamento de construções. Sendo que o estudo do clima da cidade também precisa levar em consideração o seu entorno, articulando o urbano com o suburbano e o rural.

5.1 Sistemas atmosféricos atuantes na região

O conhecimento das características do clima local e as combinações dos tipos de tempo que atuam na cidade são fundamentais para o planejamento urbano e para a utilização dos recursos procedentes da atmosfera em benefício das ações pela sociedade (SANT’ANNA NETO; TOMMASELLI, 2009). Dessa forma, torna-se essencial a descrição do contexto climático em que a cidade se insere para o estudo do seu clima urbano.

A região de Presidente Prudente se localiza sob um regime de clima tropical, numa área de transição climática, sofrendo a atuação da maioria dos sistemas atmosféricos presentes na América do Sul (Fig. 7): massa de ar tropical atlântica (mTa), tropical continental (mTc), equatorial continental (mEc), polar atlântica (mPa) e polar tropicalizada, linhas de instabilidade, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM), cristas e cavados⁶.

Figura 7 - Trajetos preferenciais das massas de ar atuantes na região



Fonte: Boin (2000, p. 195)

Os sistemas tropicais lhe conferem temperaturas elevadas na primavera e no verão, enquanto os sistemas extratropicais ocasionam episódios de invasão das frentes frias e do ar polar no outono e inverno, provocando baixas temperaturas. Assim, a sazonalidade climática da cidade pode ser resumida a um período quente e chuvoso entre outubro e março e, outro

⁶ Crista: uma área alongada de pressão atmosférica elevada que está associada com uma área de máxima circulação anticiclônica. Geralmente associada à melhoria nas condições de tempo com poucas nuvens e temperaturas relativamente mais elevadas. Cavado: uma área alongada de baixa pressão atmosférica que está associada a uma área de circulação ciclônica mínima (oposto de crista), provocando mudanças no tempo com formação de nebulosidade e precipitação. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>>.

mais ameno e seco, entre abril e setembro, quando as temperaturas diminuem com a entrada das massas polares (BARRIOS; SANT'ANNA NETO, 1996).

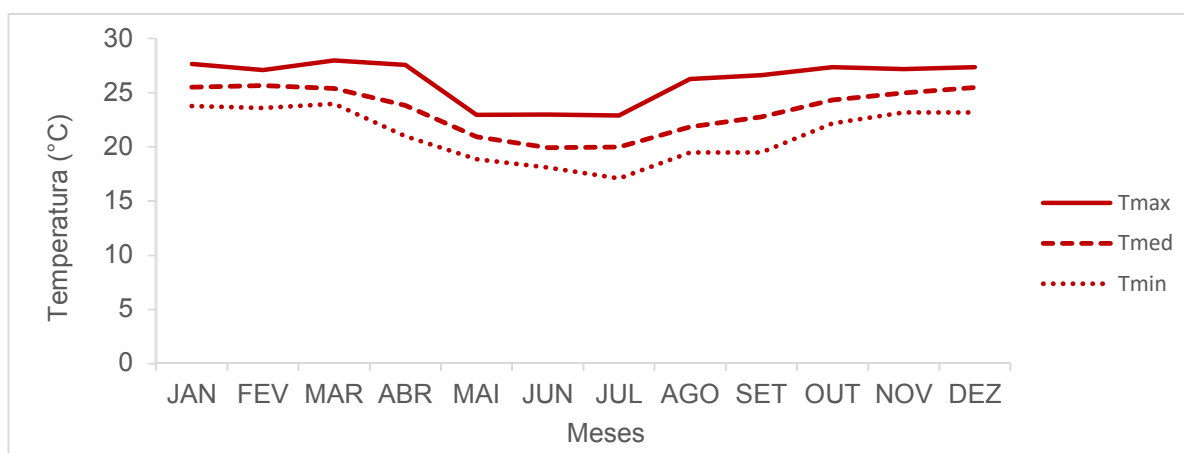
Destaca-se também a atuação do El Niño-Oscilação Sul (ENOS), um fenômeno de interação oceano-atmosfera, associado às anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), que tem consequências no tempo e no clima em todo o planeta, como as mudanças na atmosfera próxima à superfície do oceano, mudanças da circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos, determinando alterações nos padrões de transporte de umidade e variações na distribuição das chuvas.

Na fase quente do ENOS, também chamada de El Niño, ocorre o aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Leste, enquanto a fase fria, chamada La Niña, ocorre o resfriamento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Leste. De maneira geral, para a região de Presidente Prudente, em anos de El Niño pode ocorrer um moderado aumento das temperaturas médias e substancial aumento das temperaturas no inverno, sem padrão característico de mudança de chuvas. Enquanto os efeitos de La Niña apresentam baixa previsibilidade, porém com tendência à diminuição da precipitação nesses episódios (CPTEC/INPE, 2015).

A partir dessa caracterização mais geral dos principais sistemas atmosféricos atuantes, foram utilizados os dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação registrados pela Estação Meteorológica da FCT/UNESP, cuja série histórica apresentada a seguir corresponde ao período de 1969 a 2013.

Como pode ser observado no Gráfico 1, os maiores valores médios da temperatura máxima do ar ocorreram em janeiro (27,7°C), março (28°C) e dezembro (27,4°C), e os menores em junho (23°C) e julho (22,9°C). As temperaturas mínimas também apresentaram os valores médios mais baixos em junho (18,1°C) e julho (17,1°), sendo que os maiores valores da temperatura média ocorreram em novembro, dezembro e janeiro (25,5°C), e 25,7°C em fevereiro.

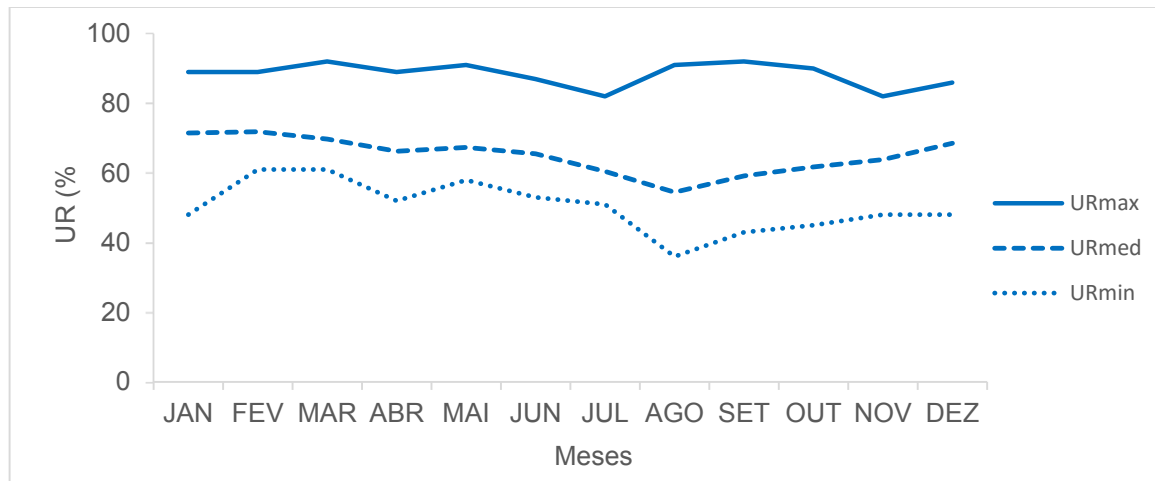
Gráfico 1 - Temperatura do ar (°C) média mensal (1969-2013)



Fonte: Dados da Estação Meteorológica da FCT/UNESP

A umidade relativa do ar, cujo padrão é inversamente proporcional ao da temperatura do ar, apresentou percentuais médios mais baixos entre agosto e setembro, e valores mais elevados entre dezembro (69%) e março (70%), como pode ser visto no Gráfico 2.

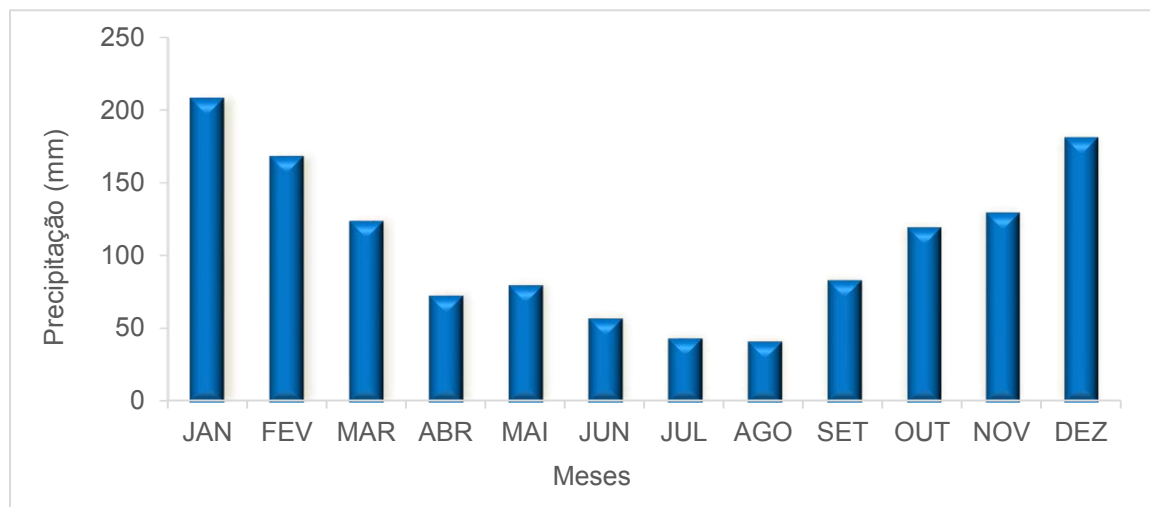
Gráfico 2 - Umidade relativa do ar (%) média mensal (1969-2013)



Fonte: Dados da Estação Meteorológica da FCT/UNESP

Por outro lado, as médias mensais de umidade relativa do ar apresentaram variação semelhante ao da precipitação ao longo do ano (Gráfico 3). Os dados demonstraram que entre os meses de outubro a março são registrados valores médios de precipitação acima de 115 mm, sendo que dezembro e janeiro são os meses mais chuvosos, com 180 e 207 mm respectivamente.

Gráfico 3 - Precipitação (mm) média mensal (1969-2013)



Fonte: Dados da Estação Meteorológica da FCT/UNESP

O período que compreende os meses de junho a agosto pode ser caracterizado como o mais seco em Presidente Prudente, com precipitação média abaixo dos 60 mm. De acordo com a série histórica trabalhada, o mês de agosto, apesar de apresentar a maior ocorrência de “zeros” nos dados registrados, pode ser considerado o mais seco, com média de 40 mm de precipitação.

5.2 Características do relevo

Como as demais cidades brasileiras, Presidente Prudente cresceu sem levar em consideração o seu contexto climático e ambiental, porém o “relevo, uso e ocupação do solo, enfim os condicionantes geoambientais e urbanos devem ser estudados pela climatologia, a fim de que seja possível diagnosticar as alterações presentes na atmosfera urbana, para contribuir com o planejamento da cidade” (AMORIM, 2000, p.18).

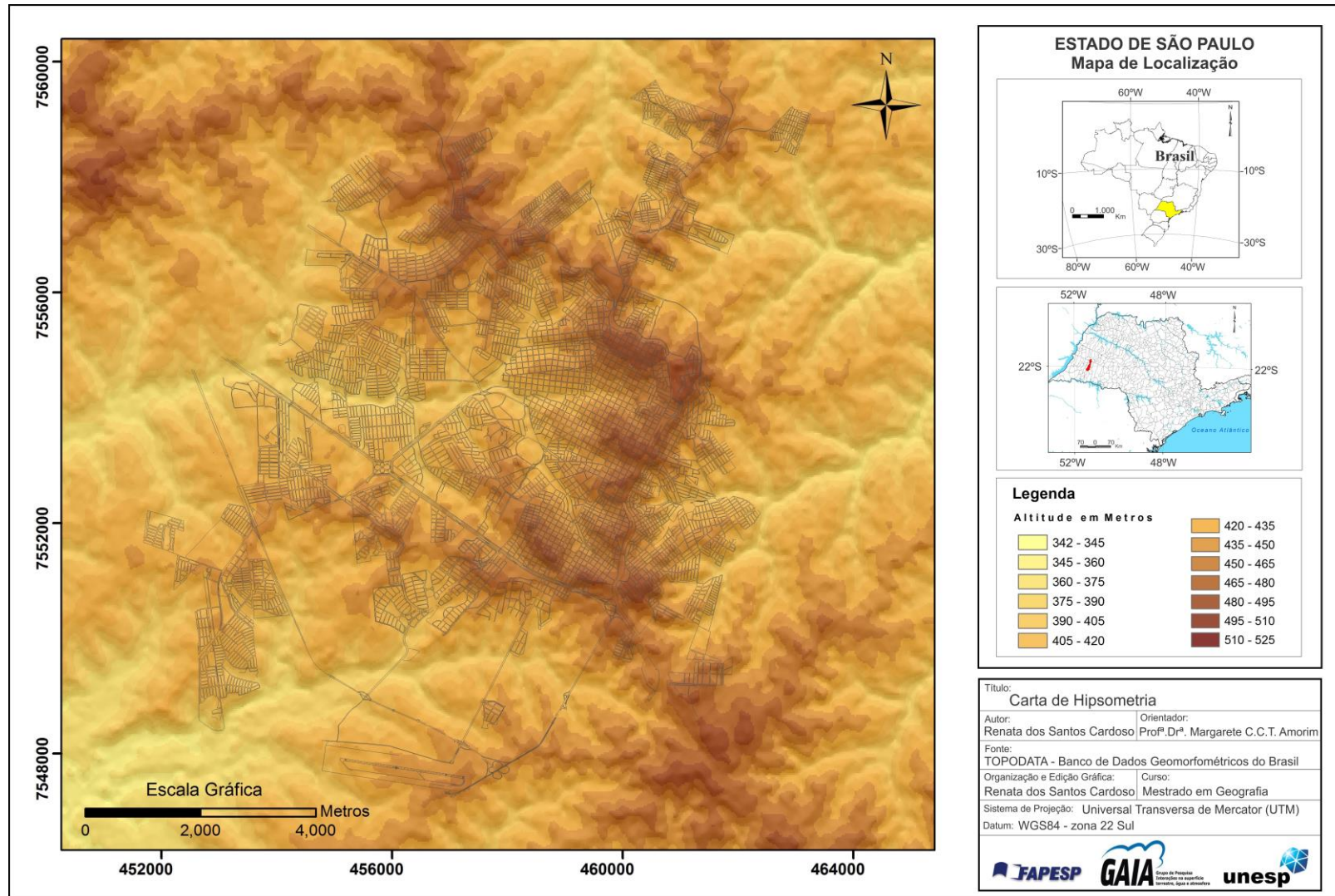
No que diz respeito aos aspectos geomorfológicos gerais do município, Presidente Prudente encontra-se localizado na Bacia Sedimentar do Paraná (morfoestrutura) e no Planalto Ocidental Paulista (morfoescultura), mais precisamente no Planalto Centro Ocidental (ROSS; MOROZ, 1996). Por sua vez, as formas de relevo dominante são os morrotes alongados e espigões e as colinas médias. “No caso dos Morrotes Alongados e Espigões, relevo no qual se situa o núcleo urbano da cidade de Presidente Prudente, predominam declividades médias a altas acima de 15%, com amplitudes locais inferiores a 100 metros” (NUNES, 2011, p. 31).

É importante ressaltar que a cidade de Presidente Prudente, assim como outras da região, surgiu a partir da especulação imobiliária impulsionada pela chegada estrada de Ferro

Sorocabana, tendo a estação ferroviária como marco inicial do núcleo urbano. Os trilhos da ferrovia acompanham o espigão que corta a cidade de sudeste a noroeste, e paralelamente à expansão da malha ferroviária, “a ocupação histórica do relevo ocorreu inicialmente dos topos das colinas e espigões rasos, direcionando-se, posteriormente, para as áreas mais baixas, os fundos de vales e várzeas” (NUNES, J. O. R.; FREIRE, R.; PEREZ, Y. U. A, 2011, p. 40).

Como pode ser observado na Fig. 8, a cota de maior valor verificada na malha urbana foi de 495 metros, e pode ser observada principalmente ao longo do topo do espigão na zona leste da cidade. A cota de menor valor foi de aproximadamente 380 metros, localizada, sobretudo, nas planícies de córregos e fundos de vale no setor oeste. Assim, a variação altimétrica máxima encontrada dentro da malha urbana foi de 115 metros, valor significativo a ser considerado nas análises climáticas relacionadas ao balanço de energia, circulação do vento, dispersão e concentração de poluente, entre outros.

Figura 8 - Carta hipsométrica de Presidente Prudente-SP



Fonte: Elaborado pela autora

Com relação à declividade, Presidente Prudente possui como forma predominante do relevo as colinas amplas, suavemente onduladas, apresentando, de forma geral, percentuais não muito altos de declividade (predomínio de valores entre 5 e 10%). No entanto, é possível identificar áreas com percentuais entre 15 e 20%, principalmente no setor leste e declividades mais acentuadas (<20%) a sudoeste, mais precisamente no Conjunto habitacional Ana Jacinta (Fig. 9).

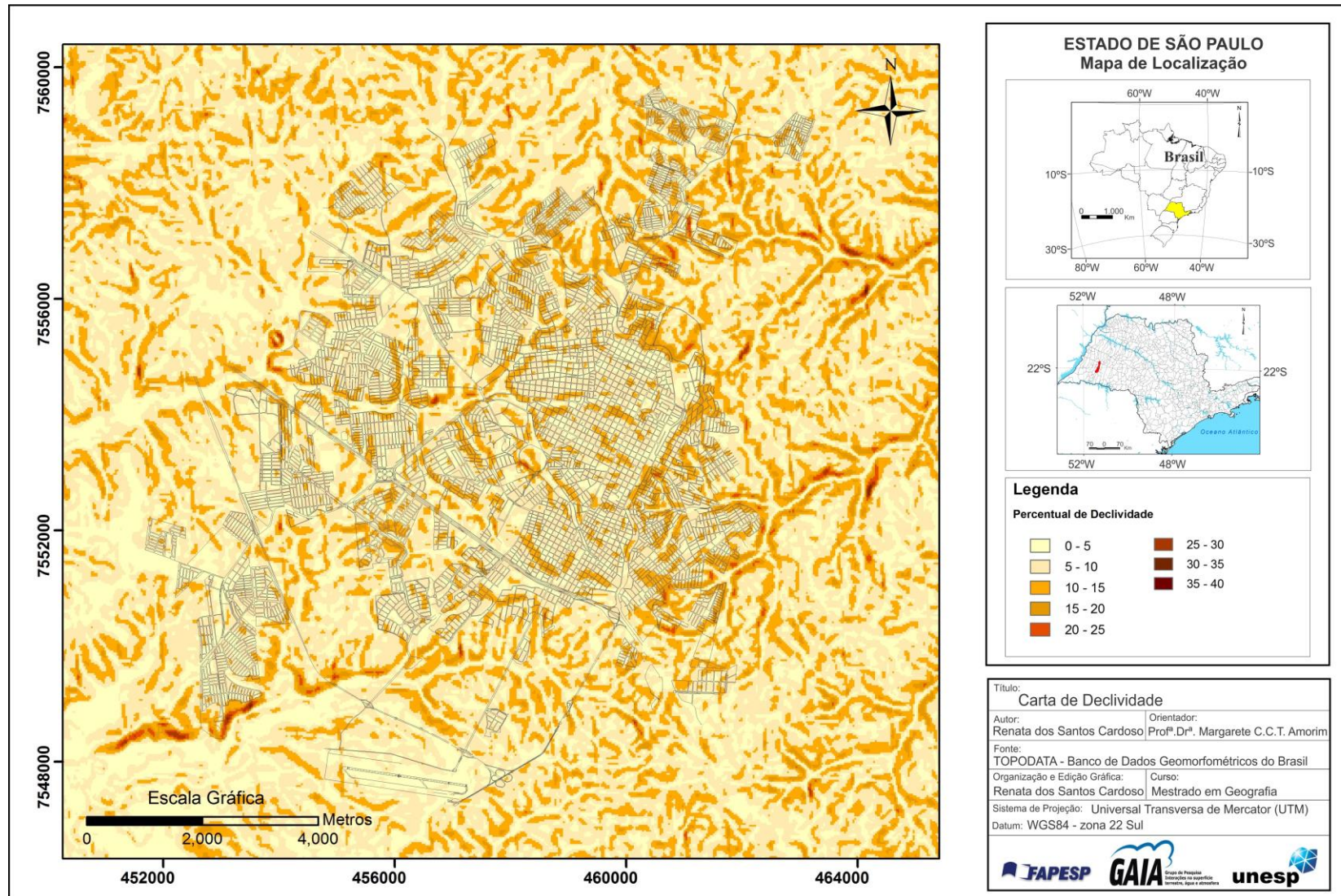
De modo geral, no setor leste e nordeste do município predominam as colinas de poucas extensões e topos curtos e ondulados, cujas declividades variam entre 15% a <20%. Além de constituírem áreas onde os bairros abrigam moradores de baixa renda, devido a estas características morfológicas, historicamente é o setor que mais recebeu depósitos de resíduos sólidos domésticos, ocasionando sérios problemas à população que reside próximo às áreas de despejo (NUNES; FREIRE; PEREZ, 2011).

Para a elaboração da carta de orientação de vertentes foi utilizada a de hipsometria, cujo mapeamento também foi realizado no aplicativo ArcGIS. O resultado da carta apresentou os quatro pontos cardeais: norte, sul, leste e oeste, sendo que, de forma geral, na porção centro-oeste da cidade houve o predomínio de vertentes voltadas para sul, enquanto nos setores a sudoeste e nordeste, predominaram vertentes voltadas para norte (Fig. 10).

O conhecimento dessas orientações são de extrema importância para discriminar as áreas potencialmente mais aquecidas, haja vista que no hemisfério sul, as vertentes voltadas para o norte recebem maior quantidade de radiação solar do que as voltadas para sul, particularmente no inverno. Além disso, as vertentes voltadas para oeste recebem radiação durante todo o período da tarde e, em consequência, apresentarão maior aquecimento em relação às vertentes a leste que deixaram de receber radiação direta há mais tempo.

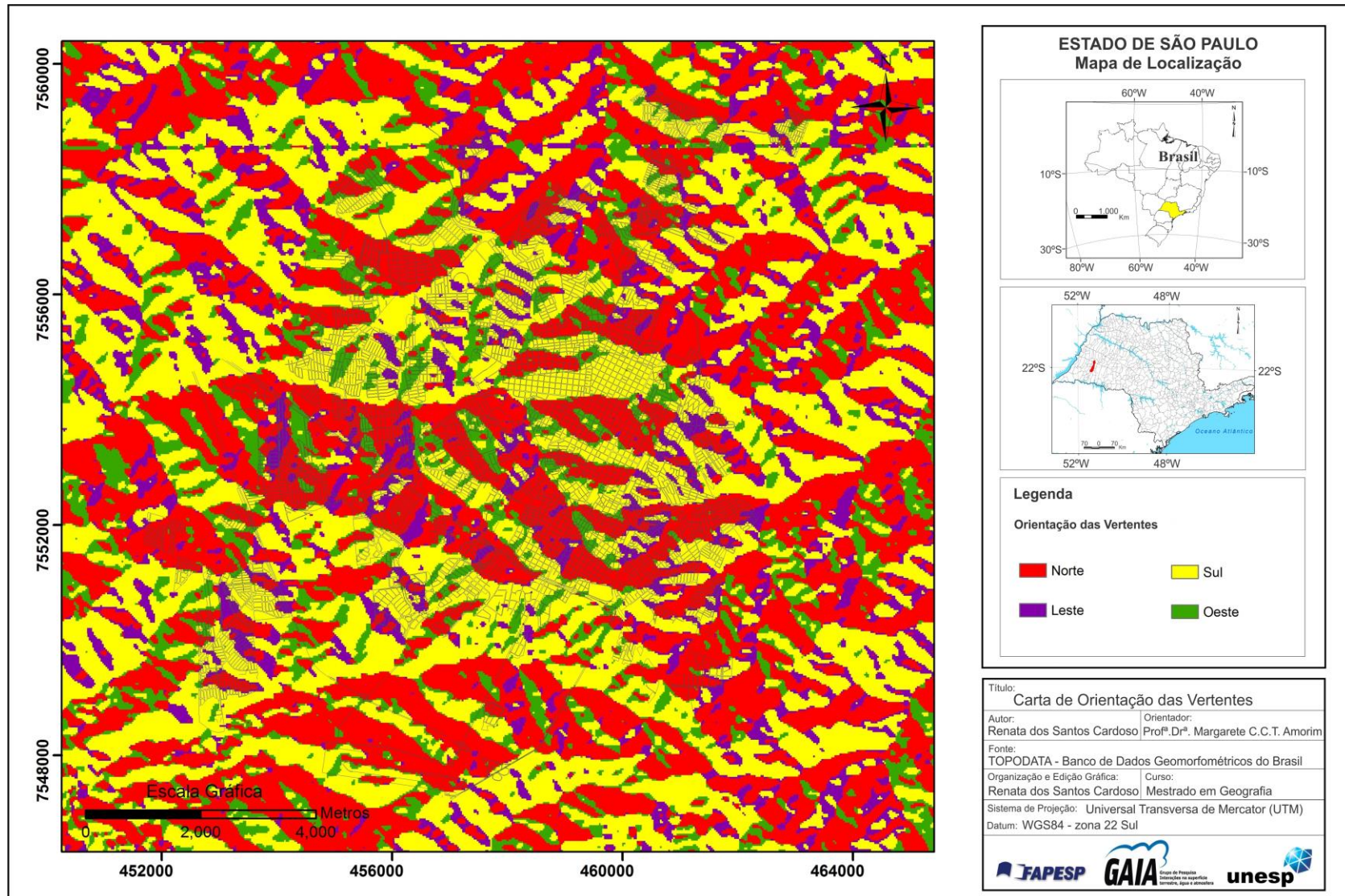
Todavia, conforme ressalta Ugeda Junior (2012, p. 130), “essa relação é mais claramente observável nas áreas rurais, já que nos espaços urbanizados, outros elementos como densidade de ocupação, ausência de vegetação e os materiais construtivos interferem no balanço de energia”.

Figura 9 - Carta de declividade de Presidente Prudente-SP



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 10 - Carta de orientação das vertentes de Presidente Prudente-SP



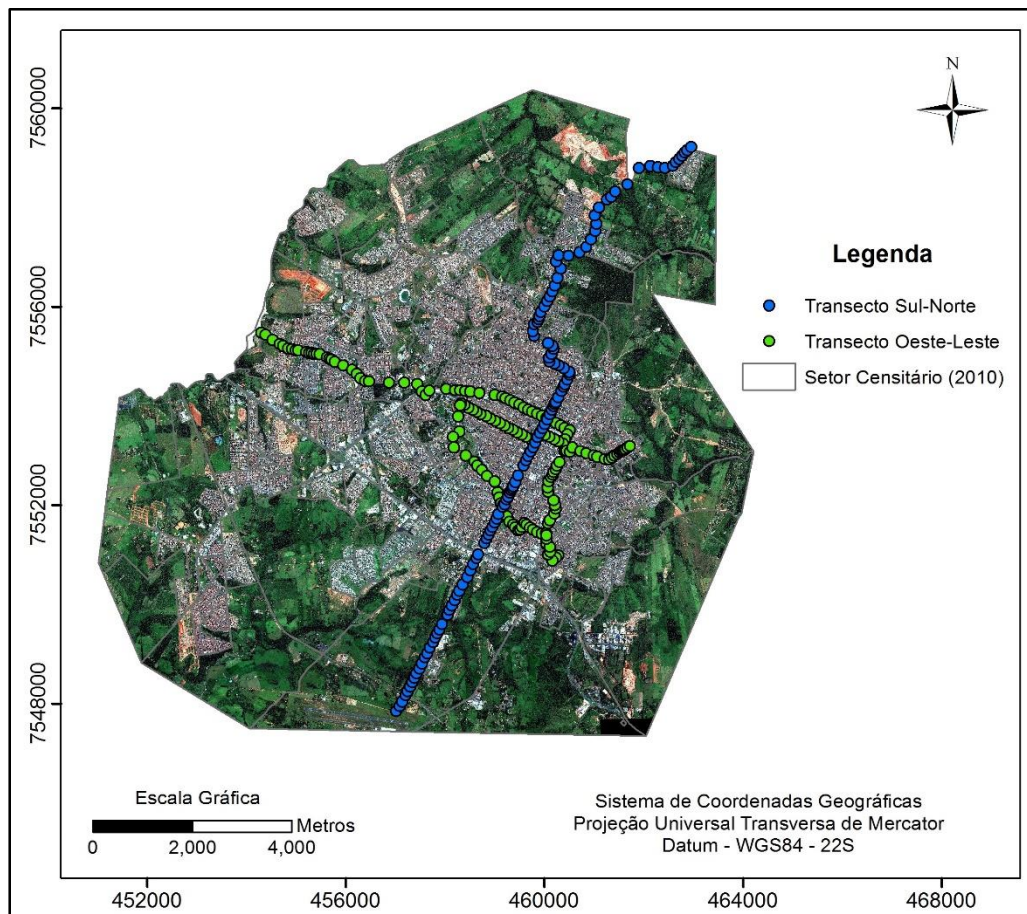
Fonte: Elaborado pela autora

6 O CAMPO TÉRMICO E HIGROMÉTRICO

Para o mapeamento da temperatura e umidade relativa 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. A escolha dos dias de medição foi definida com o acompanhamento das imagens do satélite GOES e da previsão do tempo no site do Climatempo e do CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos), para visualizar o sistema atuante e analisar as condições atmosféricas.

A partir de imagens de satélites, dos produtos cartográficos com características do sítio urbano e de trabalhos de campo, foram escolhidos trajetos que melhor contemplassem os diferentes usos e coberturas da terra em Presidente Prudente. Como pode ser observado na Fig. 11, 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 11 - Trajetos dos transectos móveis em Presidente Prudente-SP na imagem GeoEye-1



Fonte: Elaborado pela autora

Dois veículos percorreram simultaneamente os percursos, com o total de 155 registros no transecto oeste-leste e 120 registros no transecto sul-norte. As medições ocorreram no período noturno, às 21h nos dias 11, 12, 13, 15 e 16 de dezembro de 2013 e 30/06, 1, 2, 3 e 5 de julho de 2014, a uma velocidade máxima de 30 km/h.

Os equipamentos utilizados foram dois termo-higrômetros digitais, modelo 7664.01.0.00, e dois termômetros digitais infravermelho, modelo 7671.01.0.00 (Fig. 12). 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.

Figura 12 - Equipamentos utilizados nos transectos móveis



Fonte: Elaborado pela autora

Apesar de se utilizar sensores do mesmo modelo, os equipamentos foram previamente testados em um mesmo ambiente e não apresentaram diferenças significativas diante dos resultados obtidos com as medições (0,1°C para temperatura do ar e 1% para umidade do ar). Os equipamentos também foram ajustados com aproximadamente 15 minutos de antecedência, sendo que ao chegar ao local de início das medições, esperou-se 5 minutos para que o sensor se estabilizasse.

Com o objetivo de padronizar as medições e compensar o tempo de resposta dos sensores às variações de temperatura e umidade relativa do ar, os dados foram registrados manualmente ao final de cada quarteirão (distância média de 93,6m entre os pontos medidos), enquanto a temperatura dos alvos foi obtida ao apontar o termômetro digital infravermelho pela

janela do carro em direção ao objeto/superfície representativos das quadras percorridas. Posteriormente, os dados foram tabulados e com a localização de cada ponto de medição foi possível espacializá-los na malha georreferenciada da cidade através dos aplicativos ArcMap e Surfer.

Às cartas de isotermas e isoígras foram acrescentados gráficos com os perfis latitudinais e longitudinais dos dados, a ilustração das características do sítio urbano ao longo dos trajetos e os perfis topográficos de cada um, o que facilitou a visualização das variações de temperatura e umidade específica do ar com os diferentes tipos de uso e cobertura da terra e padrão construtivo. Entretanto, destaca-se que a caracterização do uso e cobertura da terra pelas ilustrações não configura uma matriz aplicável às áreas distantes dos trajetos, uma vez que foram elaboradas exclusivamente para representar os percursos realizados.

6.1 Síntese sinótica do mês de dezembro

De acordo com a síntese sinótica de dezembro de 2013 (fase quente do ENOS), realizada pelo Grupo de Previsão do Tempo (GTP) do CPTEC/INPE, foram registrados seis sistemas frontais, dos quais apenas quatro deles vieram da Argentina e atingiram o Brasil. Desses quatro sistemas frontais, apenas um conseguiu chegar ao estado de São Paulo, e os demais ficaram restritos ao Sul Brasil.

Também se observou que a partir do dia 12 de dezembro, praticamente não houve registro de passagens de frentes frias pelo Brasil. Este comportamento, relativamente anômalo, esteve associado à atuação de um bloqueio atmosférico sobre o centro-sul do Brasil, associado à presença da Zona de Convergência do Atlântico (ZCAS) de longa durabilidade durante a segunda quinzena.

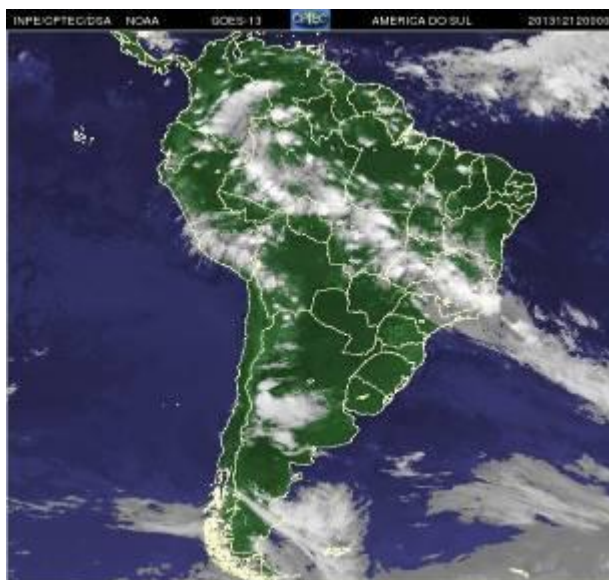
Este fenômeno proporcionou a ocorrência de chuvas abaixo da média sobre grande parte da região Sul do Brasil, em São Paulo, Mato Grosso do Sul e em grande parte da região Norte do país. Temperaturas máximas extremas acima da média foram registradas sobre grande parte da região Sul do Brasil e em São Paulo.

6.1.1 Transectos móveis no dia 11 de dezembro de 2013

A imagem colorida do GOES para a data e horário das medições dos dados de temperatura e umidade relativa do ar na cidade de Presidente Prudente (Fig. 13) indica a formação da primeira Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) do mês de dezembro,

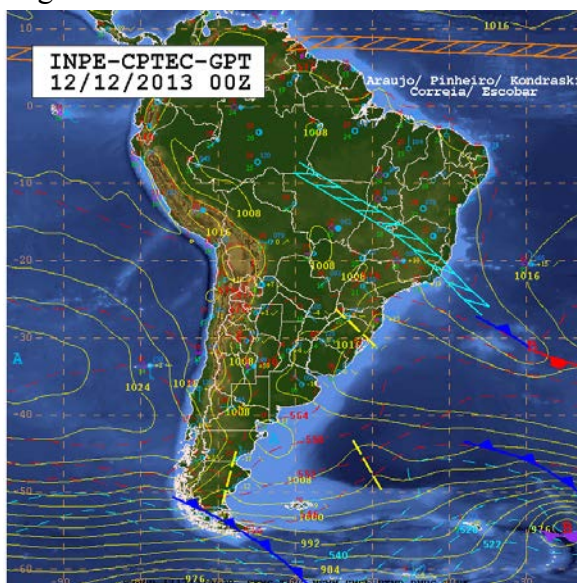
principalmente entre o Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, sem nebulosidade sobre o oeste paulista. Em Presidente Prudente, o dia amanheceu nublado após ter precipitado no dia anterior (4 mm), mas no período da tarde ficou ensolarado com poucas nuvens e sem registro de precipitação ou ventos fortes durante a noite.

Figura 13 - Imagem GOES 11/12/2013 - 21h



Fonte: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes>>

Figura 14 - Carta sinótica 11/12/2013 - 21h



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>

Os transectos móveis no dia 11 de dezembro tiveram início às 21h, quando os dados registrados pela Estação Meteorológica da FCT/UNESP apresentaram velocidade do vento de 1,6 m/s, com direção predominante de sudeste e pressão atmosférica de 958,2 hPa. Nesse dia a temperatura mínima registrada nos percursos foi 23,3°C e a máxima 29,3°C, com diferença térmica de 6°C e umidade específica média de 15 g/kg.

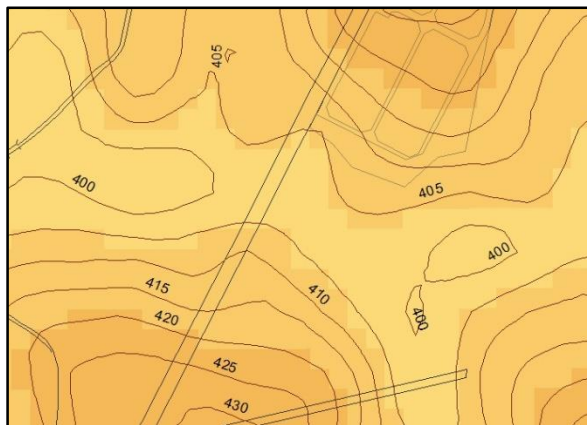
Os locais com temperaturas mais baixas, entre 23,3 e 25°C, localizaram-se ao sul e a norte da cidade, ambos com baixa densidade de construções e presença de vegetação rasteira e arbórea significativa. Além do fator vegetação, o relevo também contribuiu para o registro da temperatura mínima ao sul da malha urbana, onde se encontra um fundo de vale vegetado na Avenida Cel. Marcondes em direção ao aeroporto da cidade (Fig. 15 e Fig. 16).

Figura 15 - Fundo de vale ao sul da cidade



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

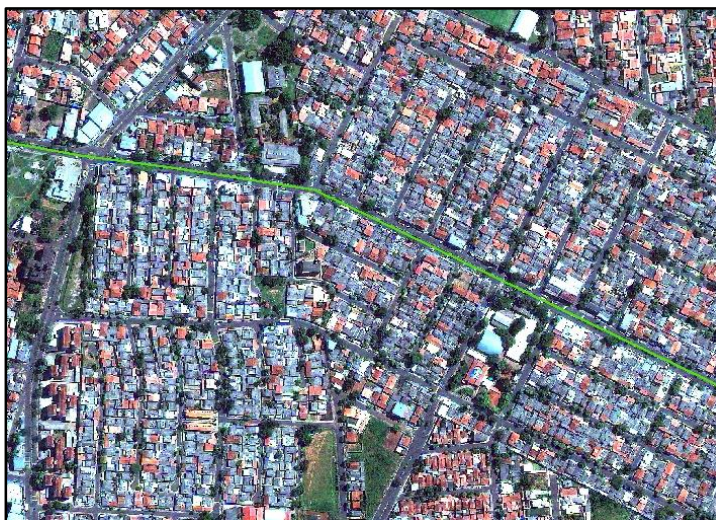
Figura 16 - Hipsometria do fundo de vale



Fonte: Elaborado pela autora

As temperaturas mais altas, entre 28,8 e 29,3°C, foram registradas na Avenida Ana Jacinta (oeste da cidade) próximo aos bairros CECAP, COHAB e Jardim Bela Vista, nos quais a umidade relativa do ar variou entre 57 a 59% (Fig. 17). 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 relativa do ar, a poucos metros do corpo d'água. A umidade específica nesses bairros ficou em torno de 15 g/kg de ar úmido.

Figura 17 - Bairros populares densamente construídos



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

Ao longo da Avenida Onze de Maio, com características comerciais e altos edifícios residenciais, e da extensão do Parque do Povo, foram registradas temperaturas entre 27,3 e 27,8°C e umidade relativa 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 $26,7^{\circ}\text{C}$ e no fundo de vale do Jardim Santa Filomena (Fig. 18) diminuiu para $26,3^{\circ}\text{C}$. A umidade relativa do ar aumentou para 73%, enquanto a umidade específica foi de $16,4\text{ g/kg}$, características que podem estar relacionadas à presença de vegetação no fundo de vale e à diferença altimétrica de cerca de 30m, que proporcionaram a diminuição da temperatura e o aumento da umidade do ar.

Figura 18 - Fundo de vale no Jardim Santa Filomena



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

No trajeto ao longo da Avenida Washington Luís, caracterizada como área central de comércio e serviço e de ocupação vertical de acordo com o zoneamento urbano da Prefeitura, a temperatura do ar registrada foi de $28,1$ a $28,8^{\circ}\text{C}$, enquanto a umidade relativa do ar ficou entre 60 a 63%. Na Praça Nove de Julho e nas proximidades do camelódromo, localizados no centro da cidade e com presença de vegetação arbórea, registraram-se temperaturas mais baixas, $27,1$ e $26,9^{\circ}\text{C}$, e umidade específica de $15,5$ e $15,1\text{ g/kg}$, respectivamente.

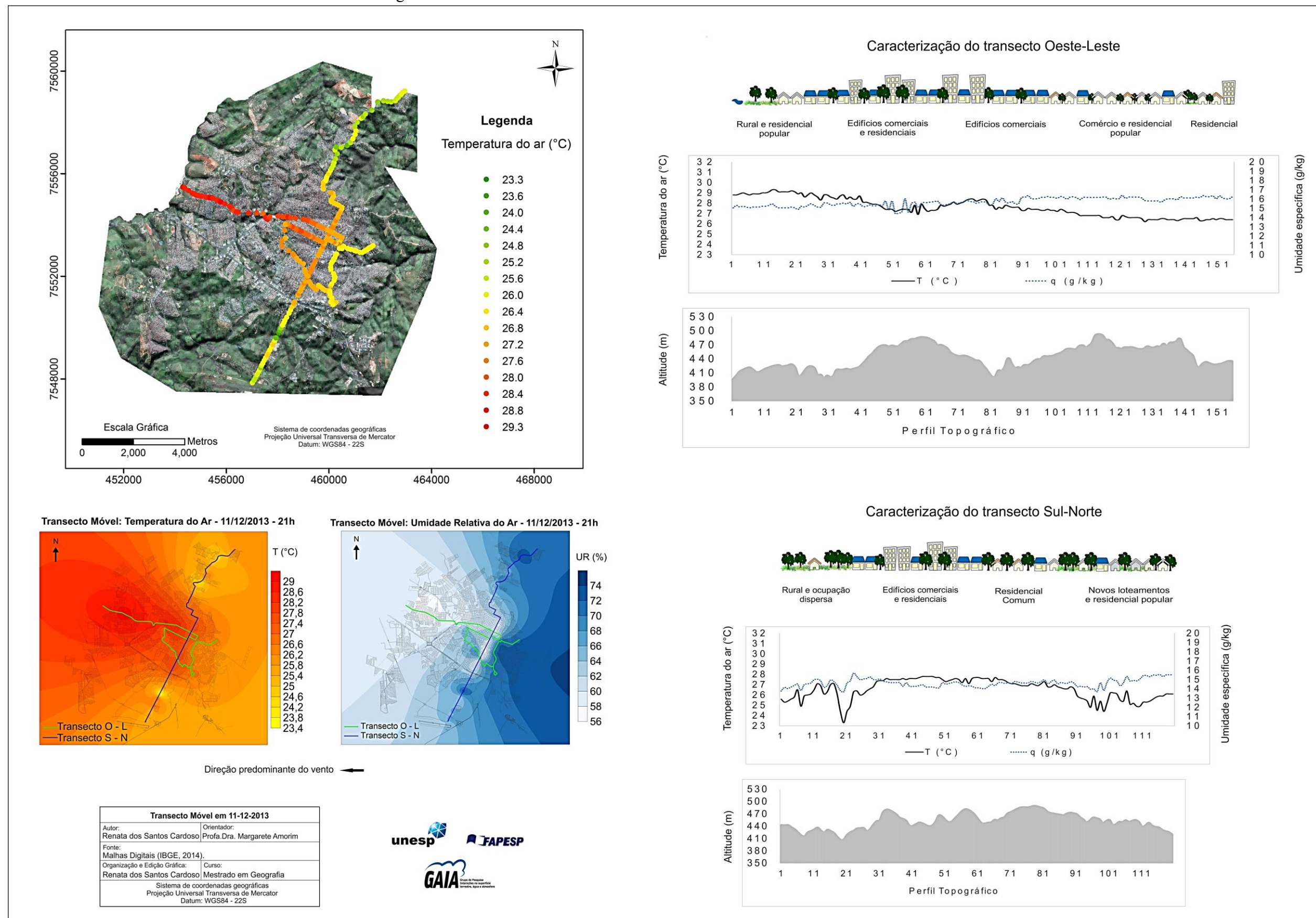
Por outro lado, verificou-se pouca variação da temperatura do ar no trecho urbanizado da Avenida Cel. José Soares Marcondes (percurso sul-norte), que se inicia no cruzamento com a Rodovia Raposo Tavares e termina em direção ao centro, na Vila Maristela. Os valores registrados foram de $27,2$ a $27,8^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa 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 (Fig. 19). Inversamente proporcional ao padrão da temperatura, a umidade relativa do ar apresentou valores mais baixos a oeste e percentuais elevados nos fundos de vale e na porção leste.

As variações observadas na umidade específica do ar foram semelhantes ao padrão da umidade relativa, com diferenças mais significativas nas áreas com presença de vegetação. No

gráfico do percurso oeste-leste, a área arborizada da praça central, entre os pontos 51 e 61, e o entorno do Parque do Povo, entre os pontos 81 e 91, apresentaram picos de maior umidade do ar com a diminuição da temperatura. Por outro lado, assim como foi verificado no gráfico do percurso sul-norte, alguns picos de quantidade de vapor de água que pode estar contido no ar foram diretamente proporcionais ao aumento da temperatura.

Figura 19 - Presidente Prudente: Transectos móveis às 21h no dia 11/12/2013



Fonte: Elaborado pela autora

6.1.2 Transectos móveis no dia 12 de dezembro de 2013

No dia 12 de dezembro (quinta-feira) a ZCOU ainda atuava entre o Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, além da Bahia e do Tocantins. A presença deste sistema configurou uma banda de nebulosidade e convecção em alguns pontos desta área (Fig. 20) provocando chuva intensa e volumes de chuva expressivos em algumas localidades da sua área de atuação. Enquanto em Presidente Prudente se verificou a presença de poucas nuvens nesse dia, com sol durante o período da tarde e céu aberto à noite.

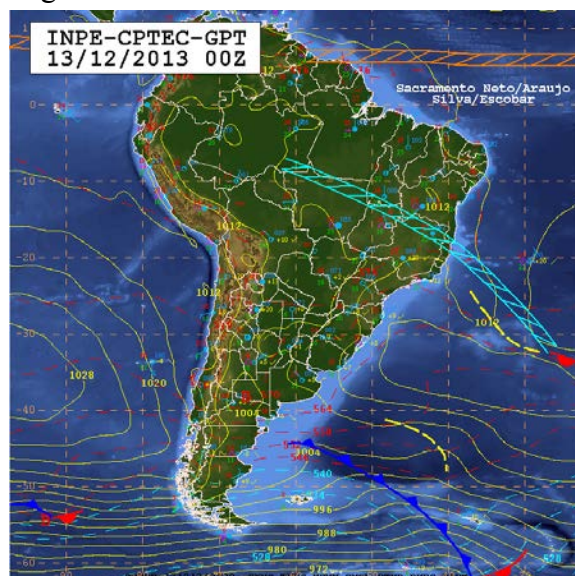
Conforme divulgado no boletim técnico do CPTEC, diferentemente do que os modelos de previsão de tempo haviam prognosticado, que seria a desconfiguração do canal de umidade até o dia 14, este sistema se intensificou ganhando características mais clássicas de um evento de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Todavia, um centro de alta pressão localizado no Atlântico, próximo ao litoral paulista, propiciou pouca nebulosidade no estado de São Paulo (Fig. 21).

Figura 20 - Imagem GOES 12/12/2013 - 21h



Fonte: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes>>

Figura 21 - Carta sinótica 12/12/2013 - 21h



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>

No horário de início dos transectos móveis em Presidente Prudente, a velocidade do vento foi de 2,5 m/s, com direção predominante de sudeste e pressão atmosférica de 958,7 hPa. Nesse dia a diferença térmica foi menor que a do dia anterior (3,8°C), mas a temperatura mais elevada foi registrada no mesmo local: 28,2°C no bairro COHAB, onde também há a maior ocorrência de telhados de fibrocimento.

A temperatura do ar próximo ao Balneário da Amizade foi 27,6°C e as registradas ao longo da Avenida Ana Jacinta foram de 27,6 a 28,2°C, com variação da umidade relativa do ar entre 56 e 60% nesse trecho do transecto. Já no sentido Av. Washington Luís até o centro foram registradas temperaturas entre 28,1 e 27,1°C respectivamente, com a diminuição para 26,6°C na Praça Nove de Julho e próximo ao camelódromo, ambos arborizados (Fig. 22).

Figura 22 - Vista parcial do centro da cidade



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

No percurso da Avenida Onze de Maio foram registradas temperaturas do ar entre 27 e 26,5°C, e umidade relativa de até 62%. Em direção à linha férrea a temperatura diminuiu para 26,3°C, sendo que entre os bairros da zona leste foi de 26°C e no fundo de vale do final do transecto oeste-leste foi 25,6°C e 66% de umidade do ar.

Por sua vez, os locais com temperaturas mais baixas, entre 24,4 e 25,4°C, foram os situados na Av. Cel. Marcondes em direção ao aeroporto e nos bairros Parque Alexandrina e Morada do Sol, localizados a norte. Tanto na direção sul, próximo ao aeroporto, quanto nos bairros residências populares (Fig. 23), o entorno é caracterizado por áreas verdes não edificadas e cobertura vegetal rasteira e arbórea, o que contribuiu para o registro de temperaturas mais baixas, percentuais elevados de umidade relativa (70%), e umidade específica de até 14,8 g/kg.

Figura 23 - Vista parcial da mata próxima ao Parque Alexandrina



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

Com relação às temperaturas registradas na Av. Cel. Marcondes, cujas características do trecho urbanizado correspondem a uma mistura de área de comércio, serviço e residencial de alta densidade populacional com ocupação horizontal e vertical, não houve grandes variações (26,8 a 27,1°C). Apesar das diferenciações no relevo nesse trajeto, os fundos de vale são densamente construídos e com pouca cobertura arbórea, diminuindo a capacidade dessa característica do relevo em amenizar as temperaturas do entorno.

Assim, com base na Fig. 24, percebe-se que no dia 12 houve a configuração de um bolsão de ar quente novamente situado na porção oeste da cidade, com seu núcleo nos bairros residenciais populares densamente construídos e pouca vegetação, e uma extensão desse bolsão no sentido do centro. Já os bolsões de frescor foram localizados principalmente nos bairros mais afastados da malha urbana, cujas características do entorno proporcionaram temperaturas mais baixas e umidade relativa do ar elevada (entre 68 e 70%).

As alterações observadas na umidade específica do ar foram mais constantes na área urbana, com flutuações mais perceptíveis nos locais com presença de cobertura vegetal, correspondentes ao entorno rural próximo e algumas áreas verdes no intraurbano, como o camelódromo e a Praça Nove de Julho na área central e o Parque do Povo ao longo da Avenida Onze de Maio.

6.1.3 Transectos móveis no dia 13 de dezembro de 2013

O destaque da Fig. 25 do dia 13 (sexta-feira) é a persistência do canal de umidade por sobre o norte de Minas Gerais, Bahia, Tocantins, norte de Goiás e do Mato Grosso, seguindo pelo Atlântico onde se acopla a uma área de baixa pressão. Em Presidente Prudente, foram observadas poucas nuvens ao longo do dia, com céu ensolarado e algumas nuvens no período noturno, sem registro de precipitação.

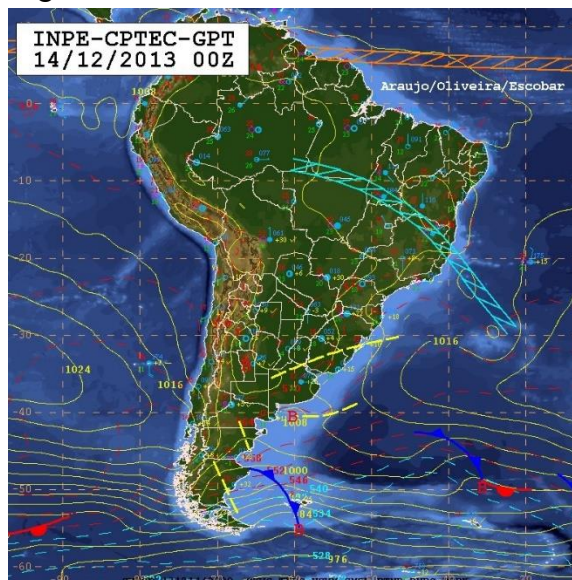
Na análise da carta sinótica de superfície das 21h do dia 13 (Fig. 26), o CPTEC noticiou através do boletim técnico que o canal de umidade manteria o tempo instável e com chance de tempo severo em diversas localidades. Sendo que no dia 14 não foi possível realizar medições devido à instabilidade atmosférica e a precipitação (58 mm).

Figura 25 - Imagem GOES 13/12/2013 - 21h



Fonte: <<http://satellite.cptec.inpe.br/acervo/goes>>

Figura 26 - Carta sinótica 13/12/2013 - 21h



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>

Com velocidade do vento em 2,4 m/s, direção predominantemente de sudeste e pressão atmosférica de 957,7 hPa, o transecto móvel iniciado às 21h no dia 13 em Presidente Prudente foi o que registrou a temperatura do ar mais elevada entre os demais dias. A máxima de 31,4°C foi registrada na Rua Barão do Rio Branco, próximo à Praça Nove de Julho, que apesar de ser arborizada, nesse dia com ventos mais calmos associados ao grande tráfego de veículos, o fluxo de calor gerado foi maior no momento do transecto, o que resultou na temperatura do ar elevada.

No cruzamento das avenidas Manoel Goulart e Cel. Marcondes foi registrado 28,5°C de temperatura, enquanto mais adiante no percurso, em frente ao Posto Policial localizado na praça do centro da cidade, registrou-se 30°C de temperatura, 54% de umidade relativa do ar e 15 g/kg

de umidade específica. A temperatura mais baixa no cruzamento em relação à praça pode ser em decorrência do maior fluxo de ar no cânion entre as avenidas, enquanto no ponto do centro o carro ficou parado por alguns instantes no semáforo, registrando o calor gerado pelos demais veículos.

No início do transecto 1 (oeste-leste), a rotatória do Balneário da Amizade (Fig. 27), cuja vegetação do entorno é constituída praticamente por coqueiros esparsos, também apresentou temperatura do ar mais elevada em relação aos outros dias. Devido às condições atmosféricas, com dia ensolarado e calmaria, o corpo d'água absorveu mais radiação e no período noturno, como demora a se resfriar, foi registrado 28,9°C e 53% de umidade relativa do ar.

Figura 27 - Vista parcial do Balneário da Amizade



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

No trajeto na Avenida Ana Jacinta, foram registradas temperaturas de 28,4°C, nas primeiras quadras pouco construídas e com vegetação rasteira, a 29,6°C próximo aos bairros COHAB e Jardim Bela Vista, densamente edificadas e com cobertura do telhado predominantemente de fibrocimento.

Ao longo da Avenida Washington Luís registraram-se temperaturas mais elevadas entre 29,9 e 30,2°C, que apresentaram diminuição em direção ao centro (28,1°C), o aumento da umidade relativa do ar para 53% e umidade específica em torno de 14 g/kg. Nas proximidades do camelódromo a umidade se manteve a mesma e a temperatura do ar registrada foi 28,5°C.

No sentido do centro até a rotatória no fundo de vale do Parque do Povo, descendo a Av. Manoel Goulart, a temperatura do ar variou de 28,4 a 29,8°C, sendo que a mais alta foi registrada próximo ao fundo de vale (Fig. 28). Apesar da proximidade com o Parque do Povo,

esse local apresenta mais de 5 semáforos próximos uns dos outros e tráfego intenso de veículos, o que condiciona a geração de grande fluxo de calor que repercute em temperaturas elevadas.

Figura 28 - Vista parcial do fundo de vale na Av. Manoel Goulart



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

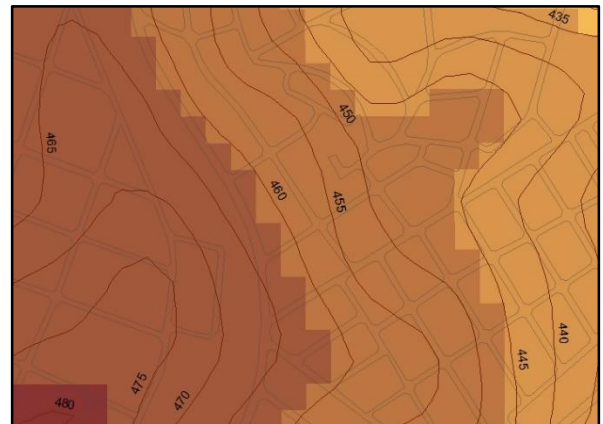
No trajeto da Avenida Onze de Maio e do Parque do Povo foram registradas temperaturas do ar entre 29,2 e 28,8°C, com percentuais de umidade relativa de 51 a 53%, respectivamente. Sendo que em direção à linha férrea a temperatura diminuiu para 28,3 e 28,1°C próximo aos bairros Jd. Brasília e Vila Brasil (Fig. 29). Embora os bairros sejam densamente construídos e as quadras não apresentem vegetação significativa, as temperaturas mais baixas podem estar associadas ao relevo e à vegetação do espigão por onde passa a linha do trem, que acompanha paralelamente a Rua Mendes de Moraes onde se realizou o transecto (Fig. 30).

Figura 29 - Vista parcial da Vila Brasil



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

Figura 30 - Hipsometria da Vila Brasil



Fonte: Elaborado pela autora

Por outro lado, temperatura mais baixa e umidade relativa do ar mais elevada foram registradas no fundo de vale do Jardim Santa Filomena, próximo ao final do transecto 1 (27,3°C e 61%). Já nas proximidades da mata do Furquim e do Parque Alexandrina a norte da cidade, e na rotatória do aeroporto a sul, registrou-se 26,3°C, enquanto em direção ao novo loteamento Conjunto João Domingos Netto, registrou-se a mínima de 25,9°C e 67% de umidade relativa do ar e umidade específica de aproximadamente 15 g/kg.

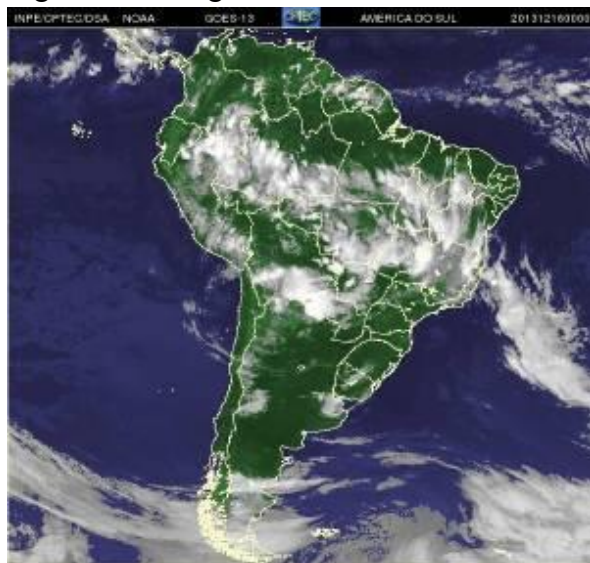
De forma geral, as condições atmosféricas e o calor antropogênico no dia 13 propiciaram a configuração de um bolsão de ar quente no centro-oeste da cidade, com o núcleo de temperatura elevada um pouco mais deslocado em direção ao centro do que no dia anterior. No extremo sul foi possível identificar um pequeno bolsão de ar fresco, enquanto a norte, com presença de vegetação arbórea densa em alguns locais, a ilha de frescor foi mais abrangente (Fig. 31). Com relação à umidade relativa do ar, ficou mais nítida a diferença entre as áreas densamente construídas e as de construções mais esparsas e vegetadas, que chegou a 18%.

Os picos de umidade específica observados nos gráficos foram mais evidentes do que os dos dias anteriores, sendo que as maiores variações corresponderam ao centro da cidade e ao percurso inicial e final do transecto sul-norte. O aumento da umidade do ar em locais com temperatura do ar elevada tem relação com a presença de vegetação, que devido à evapotranspiração aumenta a quantidade de umidade dispersa no ambiente. Já as temperaturas elevadas na área central com arborização (entre os pontos 51 e 61 do transecto oeste-leste e pontos 56 e 59 do transecto sul-norte) podem ser associadas às paradas nos semáforos, onde o calor produzido pelos automóveis repercutiu no aumento dos valores registrados.

6.1.4 Transectos móveis no dia 15 de dezembro de 2013

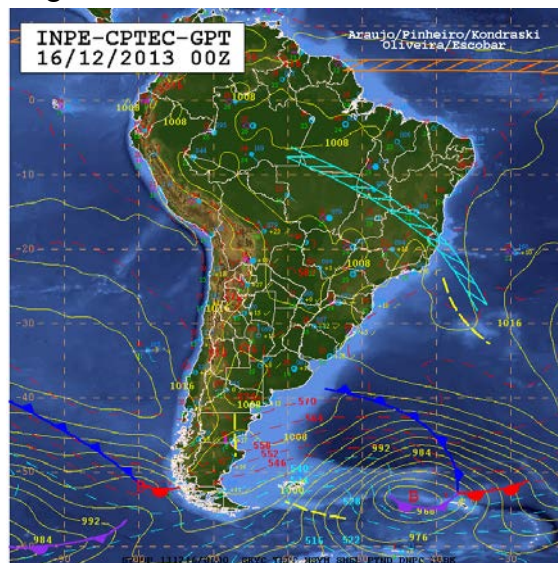
O destaque da imagem do satélite GOES do dia 15 de dezembro (domingo) (Fig. 32) ainda é a faixa de nuvens sobre o norte de Minas Gerais, Bahia, Tocantins, norte de Goiás e do Mato Grosso. O deslocamento dessa zona de umidade para o norte proporcionou ao estado de São Paulo pouca nebulosidade e nenhum registro de precipitação na cidade de Presidente Prudente.

Figura 32 - Imagem GOES 15/12/2013 - 21h



Fonte: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes>>

Figura 33 - Carta sinótica 15/12/2013 - 21h



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>

A condição do tempo era de sol com muitas nuvens e ventos de até 3,7 m/s no final da tarde, mas próximo ao horário de realização dos transectos móveis a situação atmosférica ficou estável, com velocidade do vento de 1,1 m/s.

Devido à ocorrência de precipitação no dia 14 (57 mm), observou-se que as diferenças térmicas entre a área urbana e rural, além das intraurbanas foram amenizadas (3,5°C). A temperatura máxima registrada foi 27,9°C nas proximidades do fundo de vale na Av. Manoel Goulart, enquanto a mínima de 24,4°C foi registrada no início do transecto sul-norte.

No trecho da Av. Cel. Marcondes entre a rotatória do aeroporto até a Rodovia Raposo Tavares, a temperatura variou de 24,4 a 25,8°C, sendo que valores baixos (24,4 e 24,5°C) também foram registrados nas proximidades do Parque Alexandrina e do loteamento em construção Conjunto João Domingos Netto (Fig. 34), cujo entorno é caracterizado por resquícios de vegetação arbórea densa.

Figura 34 - Vista parcial do Conjunto João Domingos Netto



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

Logo no início do percurso oeste-leste, mais precisamente na rotatória do Balneário da Amizade, registrou-se $26,5^{\circ}\text{C}$ de temperatura do ar, umidade relativa de 74% e umidade específica de aproximadamente 17 g/kg. À medida que se avançou em direção às primeiras quadras pouco construídas, a temperatura diminuiu para $26,1^{\circ}\text{C}$, e em seguida aumentou para 27 e $27,8^{\circ}\text{C}$ nas proximidades com os bairros COHAB e Jardim Bela Vista.

Com relação à variação da temperatura e umidade relativa do ar ao longo da Av. Washington Luís, no dia 15 houve o mesmo padrão dos dias anteriores, ou seja, temperaturas mais altas no início da avenida ($27,5^{\circ}\text{C}$), que decaíram em direção ao centro da cidade ($26,6^{\circ}\text{C}$), e umidade relativa do ar entre 72 e 74%, respectivamente. No centro, próximo ao camelódromo, a temperatura foi $26,3^{\circ}\text{C}$, com 75% de umidade relativa, enquanto na Rua Barão do Rio Branco, que no dia 13 foi o local com temperatura máxima, registrou-se $25,6^{\circ}\text{C}$, 76% de umidade relativa do ar e umidade específica de 16,4 g/kg.

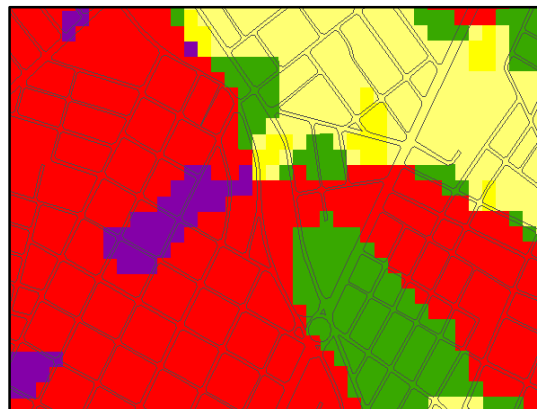
No percurso da Avenida Onze de Maio e do Parque do Povo no sentido oeste-leste, com alta densidade de construções, ocupação horizontal e vertical e vertente voltada predominantemente para norte (cor vermelha na Fig. 36), foram registradas temperaturas do ar elevadas, entre $27,7$ e 27°C , e valores de umidade relativa com variação de 67 a 70%. Em direção à linha férrea, a temperatura diminuiu para $27,1^{\circ}\text{C}$ e $26,9^{\circ}\text{C}$ ao longo da Rua Mendes de Moraes, próximo aos bairros Jardim Brasília e Vila Brasil na zona leste, com umidade relativa do ar entre 71 e 75%.

Figura 35 - Avenida Onze de Maio



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

Figura 36 - Orientação da vertente



Fonte: Elaborado pela autora

Por sua vez, o trecho da Avenida Cel. Marcondes entre a Rodovia Raposo Tavares e o Parque do Povo (fundo de vale) apresentou temperaturas entre 26,2 e 26,7°C, enquanto do Parque do Povo em direção à Santa Casa (topo de vertente) registraram-se temperaturas com menor variação, de 26,5 a 26,6°C. Mais adiante, no sentido do centro até o final dessa avenida, houve o predomínio de temperaturas entre 26,4 e 26,6°C, valores de umidade relativa de 75 a 76% e umidade específica entre 17 e 17,5 g/kg.

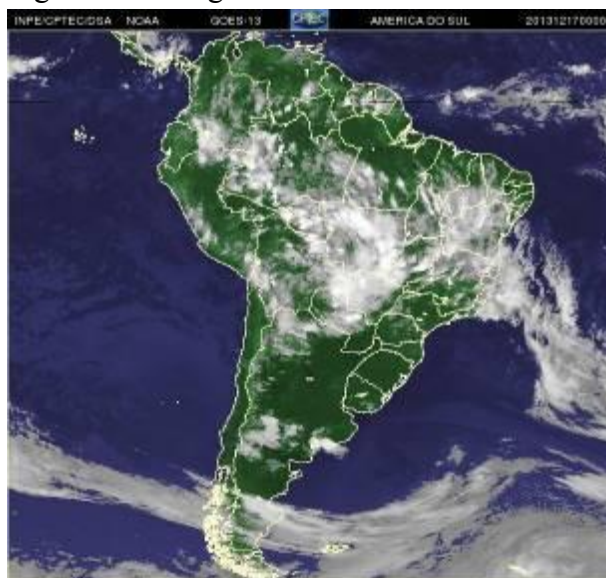
Conforme pode ser observado na Fig. 37, mesmo com diferença térmica inferior às registradas nos demais dias, após um dia com precipitação as diferenças entre os locais com temperaturas mais elevadas e os com temperaturas mais baixas ficaram nítidas e foram evidenciadas na configuração dos bolsões de ar quente com maior intensidade no centro-oeste da cidade. Por outro lado, os extremos sul e norte com construções esparsas, entorno permeável com características do rural e, consequentemente, mais úmido, apresentaram temperaturas amenas, bolsões de ar fresco bem delimitados e umidade relativa do ar de até 86%.

A ocorrência de precipitação no dia 14 também refletiu nos maiores valores de umidade específica em relação aos dias anteriores, que chegou a medir 17,7 g/kg nas proximidades com o rural. Outra diferença notada foi a pouca variação dos picos de umidade ao longo do transecto sul-norte, enquanto no transecto oeste-leste foi observado o mesmo padrão de variações na área central da cidade.

6.1.5 Transectos móveis no dia 16 de dezembro de 2013

No dia 16 de dezembro (segunda-feira) a imagem do GOES (Fig. 38) destaca a persistência Zona de Convergência de Umidade com atuação entre o sul do Tocantins, norte de Goiás, oeste, sudoeste e sul da Bahia, norte e nordeste de Minas Gerais, norte do Espírito Santo e o Atlântico. Havia pouca nebulosidade no oeste paulista, sendo que em Presidente Prudente o tempo foi de sol com algumas nuvens durante a tarde e ao entardecer.

Figura 38 - Imagem GOES 16/12/2013 - 21h



Fonte: <<http://satellite.cptec.inpe.br/acervo/goes>>

Figura 39 - Carta sinótica 16/12/2013 - 21h



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>

No que se refere às condições atmosféricas em Presidente Prudente no horário de início dos transectos móveis (21h), a velocidade do vento registrada pela Estação Meteorológica da FCT/UNESP foi 0 m/s e a pressão atmosférica de 956,7 hPa.

A diferença térmica nesse dia aumentou para 5,1°C, com o registro da máxima de 30,9°C e 25,8°C a mínima. A menor temperatura foi verificada no fundo de vale com vegetação arbórea a sul da Avenida Cel. Marcondes, no sentido do aeroporto, enquanto a temperatura máxima foi registrada no início da Av. Washington Luís (Fig. 40). Esta, além de ser densamente edificada e com ocupação vertical, apresenta grande tráfego de veículos, cujo calor antropogênico gerado pode ter influenciado no registro de temperaturas acima de 30°C em todo seu percurso.

Figura 40 - Vista parcial do percurso na Avenida Washington Luís



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

Nesse dia, as temperaturas do ar registradas entre a rotatória do Balneário da Amizade até as quadras pouco construídas foram de 28,3 a 27,5°C, com umidade relativa entre 65 a 70%. Mais adiante, nos bairros COHAB e Jardim Bela Vista com quadras densamente construídas, habitações populares e comércio ao longo da Avenida Ana Jacinta, registraram-se temperaturas entre 29,6 e 30,6°C e umidade relativa do ar em 58 e 52%, respectivamente.

No centro, nas proximidades da Praça Nove de Julho e também do camelódromo, a temperatura registrada foi 29,9°C, a umidade relativa de 51% e umidade específica do ar em torno de 14 g/kg. A partir do centro em direção ao shopping pela Av. Manoel Goulart, as temperaturas foram semelhantes às verificadas ao longo da Av. Washington Luís, entre 29,9 e 30,9°C, com o predomínio de temperaturas acima de 30°C próximo aos cruzamentos no fundo de vale.

Pela extensão da Avenida Onze de Maio e do Parque do Povo as temperaturas variaram de 30,3 a 29,6°C e a umidade relativa do ar de 51 a 53%, e mantiveram-se próximas a 29,6°C em direção à linha férrea. A partir desta, no percurso através da Rua Mendes de Moraes a temperatura registrada foi 29,4°C e diminuiu para 27,5°C ao passar com o veículo no fundo de vale próximo ao final do transecto 1 (oeste-leste) no Jardim Santa Filomena, onde a umidade relativa do ar foi 68% e a umidade específica 16,4 g/kg.

Quanto às temperaturas verificadas na Avenida Cel. Marcondes, entre a Rodovia Raposo Tavares e o Parque do Povo (fundo de vale) registraram-se valores entre 28,8 e 30,1°C, enquanto do Parque do Povo em direção à Santa Casa (topo de vertente) predominaram

temperaturas entre 30 e 30,3°C. Ao seguir em direção ao centro até o final dessa avenida, houve o predomínio de temperaturas entre 30 e 29,3°C e 51 e 52% de umidade relativa do ar.

Após o fim da Avenida Cel. Marcondes no sentido dos bairros periféricos, o percurso que seguiu próximo aos bairros Vila Maristela, Vila Dubus, Parque São Judas Tadeu, Jardim Regina e Parque Jabaquara (Fig. 41), apresentou a diminuição da temperatura de 29,4 para 28,1°C, e ao final do transecto 2 no bairro Morada do Sol (Fig. 42), a temperatura variou de 27,4 a 27,6°C. Nesses bairros, apesar da densidade de construções, são identificados alguns lotes não edificadas, com cobertura rasteira e árvores esparsas, além da proximidade com o rural e com a vegetação arbórea densa.

Figura 41 - Bairros na proximidade com o rural



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

Figura 42 - Jardim Morada do Sol



Fonte: Imagem GeoEye-1 (2013)

Dessa forma, verificou-se no dia 16 uma configuração dos bolsões de ar quente e de ar fresco semelhante à identificada no dia anterior (Fig. 43). A região central da malha urbana continuou mais aquecida do que os extremos sul e norte, porém com um pequeno deslocamento em direção à zona leste. Além disso, foram verificados pontos com temperatura um pouco mais elevada no Parque Alexandrina (do lado oposto à mata do Furquim), no qual as habitações populares são cobertas com telhado de fibrocimento, e ao sul (no sentido do aeroporto) próximo à faculdade Uniesp, com fluxo de veículos maior no início da semana.

Com relação à umidade específica do ar, notou-se que as variações ao longo dos transecto foram mais constantes e diferente dos padrões observados anteriormente. Como resposta ao aumento das temperaturas, verificou-se a diminuição significativa da umidade do ar, principalmente no intraurbano. Da forma inversa, ao passo em que as temperaturas diminuíram nos locais com presença de vegetação, houve o aumento da umidade do ar.

Em síntese, apesar de não ter conseguido situação atmosférica completamente ideal (calmaria e céu aberto) para as medições através dos transectos móveis, tendo em vista que o mês de dezembro é característico de estação chuvosa e instabilidade atmosférica, a diferença mínima registrada no período às 21h foi 3,5°C e a máxima 6°C (Tabela 4).

Tabela 4 - Temperatura do ar, velocidade e direção do vento em dezembro de 2013 às 21h

Data	Temperatura do ar (°C)			Vento (m/s)	
	Máx.	Mín.	Dif.	Vel.	Dir.
11/12	29,3	23,3	6	1,6	E
12/12	28,2	24,4	3,8	2,5	SE
13/12	31,4	25,9	5,5	2,4	SE
15/12	27,9	24,4	3,5	1,1	E
16/12	30,9	25,8	5,1	0	SE

Fonte: Elaborado pela autora

Essas diferenças são consideradas significativas para Presidente Prudente, tendo em vista que após um episódio de instabilidade atmosférica e precipitação (14/12), a diferença térmica registrada no dia seguinte atingiu 3,5°C. Além disso, destaca-se que as diferenças foram ainda maiores nos dias com atmosfera estável, vento fraco e incidência solar no período vespertino, o que proporcionou a configuração de bolsões de ar quente mais definidos sobre o centro e principalmente a oeste da cidade, ao passo que em áreas periurbanas ao sul e norte foram identificados bolsões de ar fresco durante os 5 dias de medições.

6.2 Síntese sinótica dos meses junho e julho de 2014⁷

Conforme a síntese sinótica do CPTEC/INPE, durante o mês de junho (fase quente do ENOS) registraram-se sete sistemas frontais que passaram pelo litoral, sendo que a passagem de uma frente fria no final do mês provocou condições de instabilidade atmosférica em Presidente Prudente. Já o mês de julho foi marcado pela persistência de déficit pluviométrico no norte e excesso de chuva em parte do sul do Brasil. No início da primeira quinzena, a incursão de um sistema frontal favoreceu o excesso de chuva no Rio Grande do Sul, inclusive

⁷ Meses com condições atmosféricas atípicas para a região devido à influência do fenômeno El Niño.

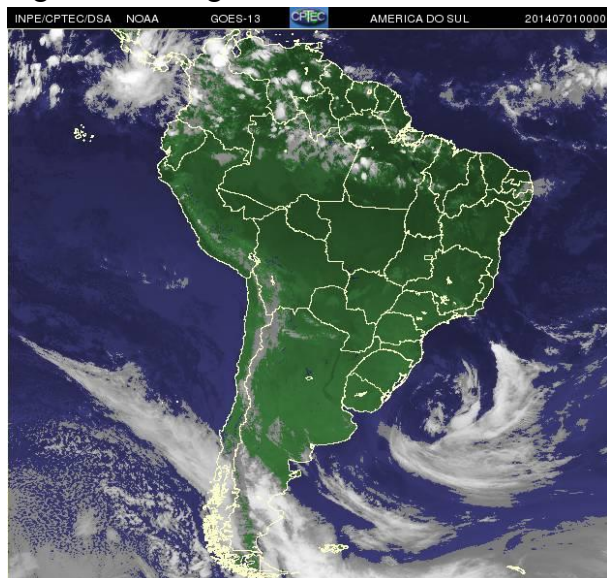
com inundações que causaram danos em várias localidades, mas sem grandes repercussões na região de Presidente Prudente.

6.2.1 Transectos móveis no dia 30 de junho de 2014

Após condições atmosféricas instáveis provocadas pela chegada de uma frente fria em Presidente Prudente no dia 28 de junho, com ocorrência de precipitação na manhã do dia 29 e muita nebulosidade, o dia 30 amanheceu com poucas nuvens e permaneceu ensolarado no período da tarde. Como pode ser visto na imagem colorida do GOES (Fig. 44), a melhora significativa nas condições do tempo ocorreu devido ao deslocamento da área mais instável para o oceano Atlântico e a incursão do ar relativamente mais frio associado ao anticiclone pós-frontal.

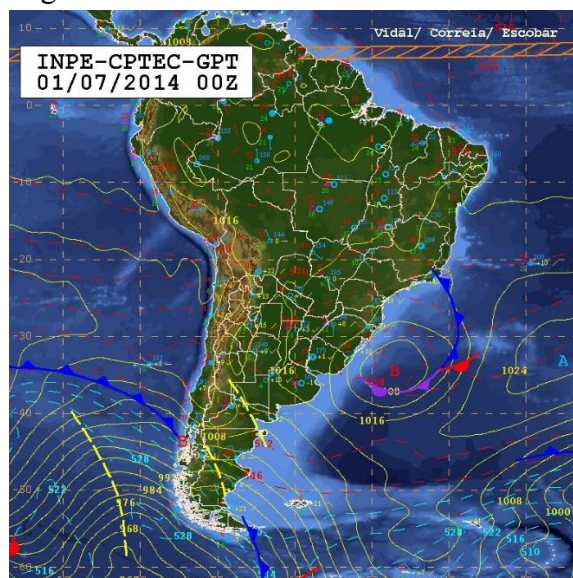
Outro resultado da atuação da massa de ar frio foi o declínio das temperaturas sobre áreas do Centro-Oeste e parte sul da Região Norte do Brasil, sendo que em Presidente Prudente, este dia apresentou as temperaturas mais baixas durante a realização dos transectos móveis.

Figura 44 - Imagem GOES 30/06/2014 - 21h



Fonte: <<http://satellite.cptec.inpe.br/acervo/goes>>

Figura 45 - Carta sinótica 30/06/2014 - 21h



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>

Os transectos móveis no dia 30 de junho tiveram início às 21h, quando as condições do tempo apresentaram ventos de direção sudeste com velocidade de 0,1 m/s e pressão atmosférica de 967,2 hPa. A temperatura máxima do ar registra ao longo dos percursos foi de 17,1°C e a mínima de 8°C, com diferença térmica de 9,1°C.

Através da análise da variação da temperatura do ar ao longo do percurso oeste-leste, percebeu-se que, ao contrário dos registrados nos episódios de verão, no entorno do Balneário da Amizade foram medidas temperaturas mais amenas em comparação aos bairros adjacentes. Enquanto no ponto inicial do transecto se registrou 10,7°C e 83% de umidade relativa do ar, ao longo da Avenida Ana Jacinta, caracterizada por residenciais populares, comércio local e grande fluxo de veículos, a temperatura do ar aumentou de 13,5 a 15,7°C.

Ao passar pelo fundo de vale com córrego canalizado e vegetação arbórea atrás do Prudenshopping, na Avenida Washington Luiz, os valores de temperatura diminuíram de 13,6 a 12,8°C, com umidade relativa do ar de 78% e umidade específica de 8,2 g/kg. Porém, em direção ao centro, ainda na mesma avenida, verificou-se uma diferença de 4,1°C, com o registro constante de temperaturas do ar de até 16,9°C.

No decorrer do percurso pelo centro da cidade, registraram-se temperaturas entre 16 e 17°C, sendo que ao seguir pela Avenida Manoel Goulart, os valores de temperatura do ar variaram de 16 a 14,4°C, diminuindo em direção ao fundo de vale do Parque do Povo nas proximidades do Prudenshopping.

Ao longo da Avenida Onze de Maio, que acompanha o Parque do Povo, verificou-se pouca variação nos dados de temperatura e umidade do ar, com o registro de 15,1 a 15,8°C e umidade específica em torno de 7,5 g/kg. Por sua vez, após cruzar o trilho da linha férrea e adentrar os bairros populares da zona leste, as temperaturas do ar variaram entre 14,7 e 15,9°C no sentido do centro, com diminuição para 12,1°C no fundo de vale no Jardim Santa Filomena e seguinte aumento de 13,1 a 14,4°C no bairro residencial ao final do transecto oeste-leste.

Com relação ao percurso sul-norte, no ponto inicial próximo ao aeroporto, registrou-se 10,9°C de temperatura do ar e umidade específica de aproximadamente 7 g/kg, sendo que os valores de temperatura apresentaram variação de 12,4 a 9,8°C conforme se percorria trechos com construções esparsas e vegetação. A temperatura mais baixa, de 8°C, foi registrada há poucas centenas de metros à frente, no fundo de vale vegetado, com o aumento de 8,5 para 13,4°C e umidade relativa do ar de 87 a 74% ao passar por condomínios fechados, prédio universitário e edifícios comerciais até a rotatória com a Rodovia Raposo Tavares.

Verificou-se o aumento da temperatura do ar de 14,4 a 15,6°C, no sentido do Parque do Povo, onde há grande fluxo de veículos, principalmente na rotatória com semáforo. Desse ponto em diante, houve o predomínio de temperaturas próximas a 15,6°C, 66% de umidade relativa do ar e umidade específica de 7,6 g/kg, sendo que na praça central da cidade, com vegetação arbórea nas calçadas, registrou-se 14,9°C.

Ao sair do quadrilátero central, registraram-se temperaturas do ar com variação de 15,2 a 16,7°C até o final do trajeto na Avenida Cel. Marcondes, com predomínio da umidade relativa do ar de 63%. No interior dos bairros residenciais com vegetação arbórea significativa, os valores de temperatura oscilaram entre 15,8 e 15,3°C, porém, ao passar por bairros mais populares com algum tipo de comércio local, registrou-se 15,8°C.

No sentido dos bairros periféricos a nordeste da cidade, houve diminuição da temperatura do ar para 14,1°C quando se passava em frente a espaços sem construção e com vegetação arbórea ou rasteira. Já no trecho em frente às residências do projeto Minha Casa Minha Vida no Residencial Tapajós, verificou-se a variação de temperatura de 14,9 a 13,9°C e umidade relativa do ar de 66%.

No novo loteamento à diante, Conjunto Habitacional João Domingos Netto, a temperatura do ar registrada foi de 13,3°C, sendo que ao adentrar o bairro Morada do Sol, o último do percurso sul-norte, registraram-se temperaturas de 13,3 a 13,5°C, 72% de umidade relativa do ar e umidade específica de 7,2 g/kg.

Em síntese, pode-se observar que nesse dia de medições, caracterizado por condições sinóticas estáveis e temperaturas reduzidas devido à entrada de uma massa de ar frio, a presença de vegetação e as características do relevo foram importantes na configuração de bolsões de ar frio na malha urbana (Fig. 46). Por outro lado, a densidade de construções, bem como o a intensidade do fluxo de veículos, propiciaram o registro de temperaturas mais elevadas, mesmo onde as características geoambientais poderiam ter favorecido sua diminuição, como foi o caso do trecho ao longo da Avenida Cel. Marcondes que passa pelo Parque do Povo.

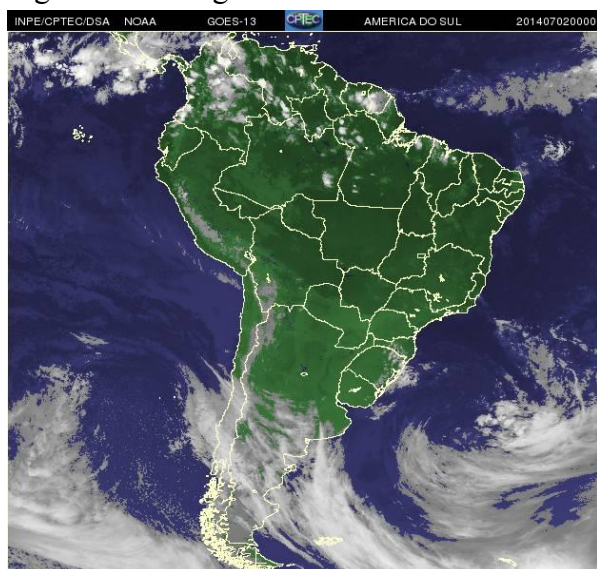
Em comparação aos dados dos episódios de verão, os valores de umidade específica observados nesse primeiro dia representativo do inverno diminuíram aproximadamente pela metade. Apesar de poucas variações ao longo dos percursos no intraurbano, as maiores oscilações foram verificadas, principalmente, no início do transecto sul-norte com o predomínio de fundos de vale vegetados, onde as alterações de temperatura e umidade específica do ar seguiram as variações do relevo.

6.2.2 Transectos móveis no dia 01 de julho de 2014

Com relação à análise sinótica do dia 01 de julho de 2014 às 21h, o CPTEC divulgou a presença de um sistema frontal no Atlântico com ciclone extratropical de 1008 hPa centrado em torno de 37°S/43°W. Este sistema foi favorecido pelo Vórtice nos níveis acima. Observa-se uma área de alta pressão na retaguarda deste sistema no valor de 1016 hPa, associada à massa de ar seco que atuou no dia anterior.

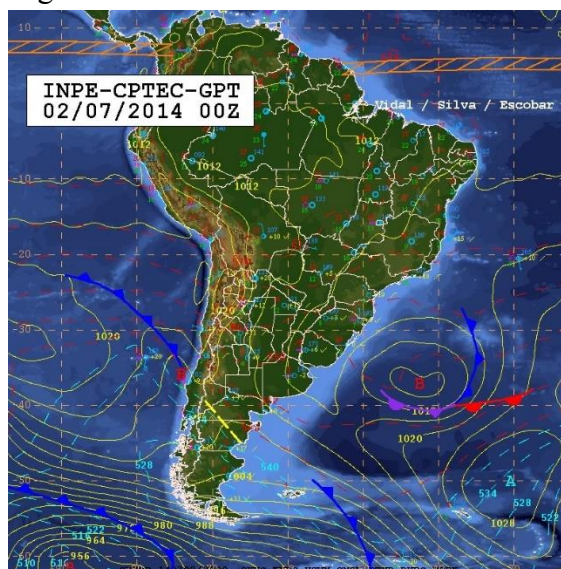
Essa massa de ar seco, também perceptível na imagem GOES (Fig. 47) devido à ausência de nebulosidade após a passagem de frente fria na última semana de junho, atuava sobre a região de Presidente Prudente, assim como na parte central e sul do país.

Figura 47 – Imagem GOES 01/07/2014 - 21h



Fonte: <<http://satellite.cptec.inpe.br/acervo/goes>>

Figura 48 – Carta sinótica 01/07/2014 - 21h



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>

No dia 01 de julho de 2014, terça-feira, os transectos móveis tiveram início às 21h, com ventos de direção sudeste e velocidade de 2,5 m/s, e pressão atmosférica de 966,1 hPa. A temperatura mínima do ar registrada durante os percursos foi de 13,7°C e a máxima de 20°C, com diferença térmica de 6,3°C.

No ponto inicial do percurso oeste-leste, próximo ao Balneário da Amizade, registrou-se 15,6°C de temperatura do ar e 85% de umidade relativa do ar. Houve o significativo aumento dos valores de temperatura de 17,2 a 20°C ao longo da Avenida Ana Jacinta, sendo que a umidade relativa do ar apresentou diminuição de 79 para 52%, mas com o predomínio de 53% nesse trecho.

Os valores de temperatura do ar diminuíram de 19,6 a 19,1°C no fundo de vale atrás do Prudenshopping, enquanto no percurso pela Av. Washington Luiz até o centro da cidade se registrou a diminuição de 20 a 18,6°C. Ao adentrar as ruas comerciais do centro, verificaram-se temperaturas do ar entre 18,6 e 18,2°C, com umidade relativa de 55%, predominantemente.

Em direção à Avenida Manoel Goulart, onde a diferença hipsométrica entre a área central e o fundo de vale no Parque do Povo chega a 76 m, registrou-se o aumento da temperatura do ar de 18,4 a 19,3°C. Essa temperatura mais elevada no fundo de vale pode estar relacionada ao grande fluxo de veículos e ao calor gerado pelos automóveis na rotatória com vários semáforos.

Seguindo pelo percurso na Avenida Onze de Maio que acompanha a lateral do Parque do Povo, não houve variação significativa dos dados, uma vez que a temperatura do ar registrada ficou sempre próxima a 19°C, a umidade relativa do ar apresentou valores entre 50 e 52% e a umidade específica ficou em torno de 7 g/kg. Do mesmo modo, após atravessar a linha férrea, as temperaturas oscilaram pouco, de 18,6 a 18,3°C, com diminuição para até 17,5°C em direção ao centro da cidade.

No percurso entre o entorno do Pontilhão até o fundo de vale no Jardim Santa Filomena, verificou-se a diminuição da temperatura do ar de 18 a 17°C, com 61% de umidade relativa e umidade específica de 7,8 g/kg. No trecho final até chegar ao último bairro do transecto oeste-leste, registrou-se o aumento de 17,3 a 17,8°C, e a redução da umidade relativa do ar para 55% e umidade específica para 7,3 g/kg.

O início do percurso sul-norte apresentou temperatura do ar mais elevada do que a do percurso oeste-leste, com o registro de 16,2°C no entorno rural próximo ao aeroporto e 66% de umidade relativa do ar. Por outro lado, ao chegar no primeiro fundo de vale a temperatura diminuiu para 13,7°C, a mais baixa registrada no dia 01/07, com umidade relativa de 72%.

A partir desse fundo de vale até a rotatória com a Rodovia Raposo Tavares, foram registradas temperaturas entre 14,7 e 18,1°C, umidade relativa do ar de 76 a 55% e umidade específica de 8,6 a 7,4 g/kg. Esse aumento na temperatura foi verificado, principalmente, ao passar em frente às construções esparsas como os condomínios, prédio universitário (Uniesp), edifícios comerciais e galpões próximos uns dos outros.

Ao chegar na parte mais urbanizada da malha da cidade e seguir até o Parque do Povo, a temperatura do ar aumentou de 18,4 para 18,8°C. Já em direção ao centro da cidade, até o cruzamento com a Avenida Manoel Goulart, houve o predomínio de temperaturas acima de 18°C, sendo que nos fundos de vale foram registrados 17,5°C e umidade relativa do ar entre 54 e 57%.

Diferente do dia anterior, a temperatura do ar mais baixa no quadrilátero central foi registrada uma quadra após a Praça Nove de Julho, o que pode estar associado à parada no semáforo em frente à praça. Com os automóveis parados, o calor produzido favoreceu registro de temperatura mais elevada nesse local em relação ao seu entorno próximo, com a variação de 17,8° para 14,9°C ao prosseguir com o percurso.

Em seguida, até o final do trajeto na Av. Cel. Marcondes foram registradas temperaturas do ar entre 18,8 e 18,1°C e o predomínio de umidade relativa do ar de 54%. No sentido dos bairros residenciais arborizados, ainda nas proximidades da mesma avenida, verificou-se a variação de 18 a 18,3°C, enquanto nos bairros residenciais populares com comércio local foi registrado até 18,5°C de temperatura.

Na continuação do transecto, os espaços sem construções, com predominância de vegetação rasteira ou arbórea, apresentaram temperatura do ar de 16,3°C, sendo que ao passar em frente as residências do projeto Minha Casa Minha Vida, os valores variaram de 17 a 16°C. Após esse residencial popular, verificou-se novamente a diminuição da temperatura para 14,8°C, no Conjunto Habitacional Domingos Netto, com oscilação de 16,7 a 17°C no bairro Morada do sol.

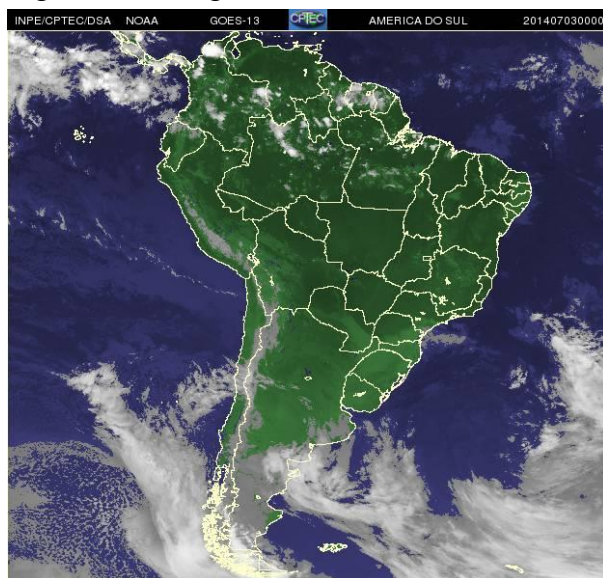
Através da análise dos dados e de sua configuração na malha urbana, observou-se que o transecto oeste-leste apresentou temperaturas do ar e umidades relativas constantes, principalmente ao longo de áreas densamente construídas. Essa característica também foi identificada no percurso sul-norte, mas por este abranger mais áreas com densidade de construção alta, porém com entorno rural vegetado, as variações dos dados nos perfis longitudinais ficaram mais evidentes (Fig. 49).

Esse padrão também foi verificado nas umidades específicas e absolutas do ar, sobretudo ao longo do transecto oeste-leste. As variações mais evidentes ocorreram nas proximidades com o rural, onde os valores de umidade foram maiores com a diminuição da temperatura. A configuração inversa foi verificada em alguns pontos do transecto sul-norte, nos quais a umidade acompanhou a diminuição da temperatura do ar.

6.2.3 Transectos móveis no dia 02 de julho de 2014

Neste dia, a massa de ar seco continuava sobre a região, e de acordo com o noticiado pelo boletim técnico do CPTEC, nota-se a presença de um sistema frontal no Atlântico com ciclone extratropical (em oclusão) de 1012 hPa centrado em torno de 39°S/42°W (Fig. 51). Observa-se um cavado sobre o Rio Grande do Sul, outro sistema frontal que atuava sobre o norte da Argentina.

Figura 50 - Imagem GOES 02/07/2014 - 21h



Fonte: <<http://satellite.cptec.inpe.br/acervo/goes>>

Figura 51 - Carta sinótica 02/07/2014 - 21h



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>

Na quarta-feira, dia 02 de julho de 2014, as condições do tempo foram ideais para a realização dos transectos. Com o dia ensolarado, noite de céu aberto e situação de calmaria, a diferença térmica registrada durante os percursos chegou a 10,4°C, sendo que a temperatura máxima do ar foi de 25,8°C e a mínima de 15,4°C.

A começar pelo Balneário da Amizade, o percurso oeste-leste apresentou temperatura do ar de 17,7°C e 82% de umidade relativa do ar. Ao longo da Avenida Ana Jacinta, os valores de temperatura aumentaram para até 23,6°C, com a diminuição da umidade relativa do ar para 54%. Em direção ao fundo de vale atrás do Prudenshopping, a temperatura do ar diminuiu de 21,2 para 20°C, enquanto ao longo da Av. Washington Luiz se verificou o aumento de 20,9 a 25,8°C no sentido do centro.

Nas proximidades do camelódromo, com presença significativa de vegetação arbórea, registrou-se 23,6°C de temperatura do ar, valor que aumentou para 24,1 e 24,4°C na Rua Barão do Rio Branco, com umidade relativa do ar entre 48 e 51% e umidade específica de

aproximadamente 10 g/kg. Já na Avenida Manoel Goulart, a temperatura do ar diminuiu de 25,6 para 21,1°C em direção ao fundo de vale no Parque do Povo, onde a umidade relativa do ar foi de 64% e a umidade específica de 10,4 g/kg.

Seguindo o percurso pela Avenida Onze de Maio, a temperatura do ar mais alta (24,9°C) foi registrada em frente a um condomínio de prédios residenciais, próximo à rotatória com a Av. Comendador Hiroshi Yoshio, que atravessa o Parque do Povo. Após esse ponto, as temperaturas ficaram próximas aos 22,5°C até o fim do transecto ao longo da Av. Onze de Maio, com umidade relativa do ar de 61% e umidade específica de 10,8 g/kg.

Nos bairros localizados na zona leste da cidade, foram registradas temperaturas do ar entre 23,3 e 21,1°C, com variação de 22 a 22,7°C em direção ao centro. Ao chegar ao fundo de vale próximo ao final do transecto oeste-leste, a temperatura diminuiu de 23,9 para 19,9°C, aumentando, em seguida, de 20,4 para 21,1°C e 68% de umidade relativa do ar no último bairro residencial.

Assim como no dia anterior, o transecto sul-norte do dia 02/07 começou com temperatura do ar mais elevada do que a observada no início do percurso oeste-leste, com o registro de 20,3°C e 64% de umidade relativa do ar na área rural próxima ao aeroporto. Os valores de temperatura aumentaram de 20,9 a 23,1°C ao passar em frente às construções esparsas com vegetação, enquanto no fundo de vale vegetado, a temperatura do ar diminuiu para 15,4°C e a umidade relativa do ar aumentou para 82%, com umidade específica de aproximadamente 10 g/kg.

Novamente, ao percorrer áreas com construções ao longo desse trajeto, verificou-se o aumento de 16,6 a 23,9°C na temperatura do ar, e a variação da umidade relativa do ar de 85 a 54%, na rotatória com a Rodovia Raposo Tavares. Ao seguir pela Avenida Cel. Marcondes até a rotatória com o Parque do Povo, registraram-se temperaturas do ar de 24,6 a 23,6°C. Desse fundo de vale em diante, até o cruzamento com a Av. Manoel Goulart, os valores de temperatura variaram de 22,9 a 24,9°C, com a diminuição da umidade relativa do ar de 57 para 49%.

No quadrilátero central, a temperatura do ar mais baixa (23,4°C) voltou a ser registrada em frente à Praça Nove de Julho e, ao seguir o percurso, houve a diminuição da temperatura de 25,5 para 24°C, no final da Avenida Cel. Marcondes, com o registro de 22,9°C no fundo de vale após o centro da cidade, predomínio de 48% de umidade relativa do ar e umidade específica de 9,4 g/kg.

Nos bairros residenciais com vegetação arbórea significativa, a temperatura do ar oscilou entre 23,7 e 23,9°C, chegando a 23,7°C nas proximidades dos bairros residenciais

populares entre Vila Dubus e Jardim Estoril. Já ao passar em frente a espaços não construídos e com vegetação arbórea ou rasteira, registrou-se temperatura do ar de 20,8°C.

Na sequência do percurso, o Residencial Tapajós, com habitações do projeto Minha Casa Minha Vida, apresentou valores de temperatura do ar entre 21,1 e 21,8°C, enquanto no Conjunto Habitacional João Domingos Netto foi registrada temperatura de 21,4°C, e no bairro Morada do sol, ao final do transecto sul-norte, registraram-se temperaturas do ar de 22,3 a 21,3°C.

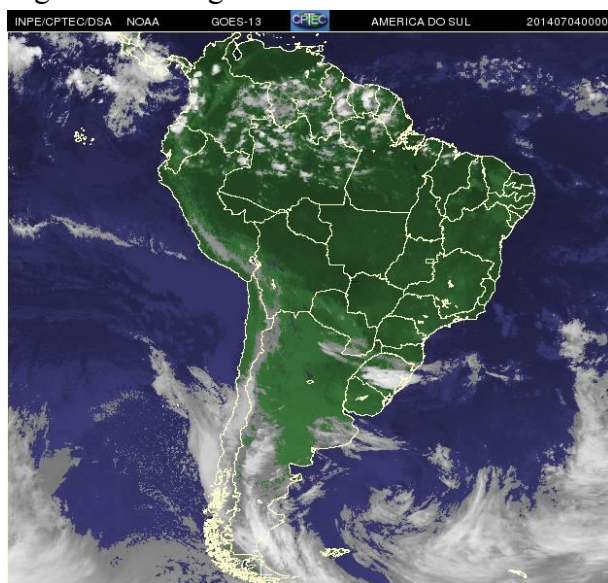
Em suma, a análise dos dados do dia 02/07 e da Fig. 52 permite afirmar que, em condições atmosféricas estáveis, sem nenhuma interferência do vento, as diferenças térmicas e higrométricas são bem mais visíveis, sobretudo no intraurbano. Os perfis longitudinais do percurso oeste-leste, por exemplo, apresentam sucessivas variações dos dados, o oposto do observado no dia anterior, quando as linhas dos gráficos estavam praticamente retas na área urbana.

Além disso, a configuração de bolsões de ar mais aquecido foi localizada nas áreas densamente construídas a oeste da cidade, nos bairros COHAB e Jardim Bela Vista, bem como ao longo da Avenida Cel. Marcondes e o quadrilátero central. Por outro lado, bolsões de ar mais fresco foram observados nas proximidades com o rural, e associados com as características do relevo e a presença de vegetação, inclusive na área urbana.

6.2.4 Transectos móveis no dia 03 de julho de 2014

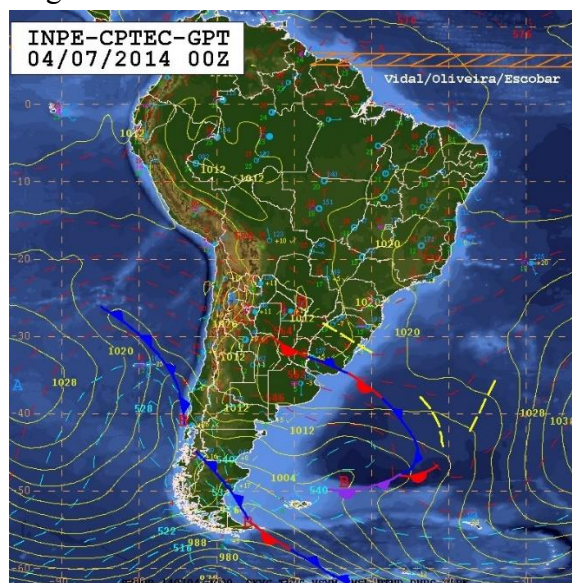
Através da imagem GOES do dia 03 de julho de 2014 (Fig. 53), ainda é possível notar a persistência da massa de ar seco sobre a região de Presidente Prudente e na área central do país, porém já se verifica o avanço de nebulosidade sobre o Rio Grande do Sul, seguida de sistemas frontais localizados ao sul do continente.

Figura 53 - Imagem GOES 03/07/2014 - 21h



Fonte: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes>>

Figura 54 - Carta sinótica 03/07/2014 - 21h



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>

No dia 03 de julho de 2014, quinta-feira, as condições do tempo apresentaram ventos de sudeste com velocidade de 1,4 m/s e pressão atmosférica de 967,9 hPa. A temperatura máxima do ar registrada durante os transectos foi de 26°C, ao passo em que a temperatura mínima foi de 18,6°C e a diferença térmica de 7,4°C.

A análise dos dados do percurso oeste-leste indicou o ponto inicial no Balneário da Amizade como o mais fresco desse trajeto, com temperatura do ar de 19,5°C, 80% de umidade relativa do ar e umidade específica de 11,7 g/kg. Ao prosseguir pela Avenida Ana Jacinta, entre os bairros Jardim Everest, COHAB e Jardim Bela Vista, houve o aumento de 23,8 para 25,6°C e diminuição da umidade relativa do ar de 74 para 57%, porém com umidade específica de aproximadamente 12 g/kg.

No sentido do fundo de vale na Avenida Washington Luiz, os valores de temperatura do ar diminuíram de 25,2 para 23,4°C, com o aumento de 24,8 para 26°C ao longo da mesma avenida, em direção ao centro da cidade. No entorno do camelódromo, verificou-se a

diminuição da temperatura do ar para 24,5°C, com o predomínio de 24,4°C e 59% de umidade relativa do ar no percurso pelo centro.

No trajeto pela Avenida Manoel Goulart, registrou-se a variação de temperatura do ar entre 23,8 e 25,1°C, porém com diminuição para 24,6°C na rotatória do fundo de vale próximo ao Prudenshopping. Já no início do trecho da Avenida Onze de Maio com o Parque do Povo, os valores de temperatura do ar apresentaram variação de 23,3 a 25,4°C, enquanto ao da metade até o final do transecto ao longo dessa avenida, registraram-se temperaturas entre 25 e 24,2°C, e umidade relativa do ar de 58 a 62%.

Ao adentrar os bairros Jardim Santana e Jardim Brasília, na zona leste, foram registradas temperaturas do ar de 24,3 a 23,8°C, com oscilação entre 23,5 e 24,2°C em direção ao centro, e predomínio de 63% de umidade relativa do ar e umidade específica em torno de 12 g/kg. A partir do entorno do Pontilhão na Vila Marcondes, até o fundo de vale no Jd. Santa Filomena, a temperatura diminuiu de 24,4 para 21,3°C, com valores entre 22,1 e 23,6°C no último bairro residencial Jardim Itapura I e II, próximo à área rural.

Com relação ao percurso sul-norte, a área rural nas proximidades do aeroporto apresentou 21,9°C de temperatura do ar e 71% de umidade relativa do ar. O avanço do transecto por áreas com construções esparsas nesse início da Avenida Cel. Marcondes resultou em temperaturas entre 21,3 e 22,9°C, com o registro da temperatura mínima (18,6°C) no fundo de vale com vegetação arbórea, 76% de umidade relativa e umidade específica de 10,5 g/kg.

Na sequência do trajeto, registraram-se temperaturas do ar de 19,4 a 24,2°C e umidade relativa do ar de 71 a 64%, alterações decorrentes das características construtivas do entorno da avenida. Após a rotatória com a Rodovia Raposo Tavares, no sentido do Parque do Povo, a temperatura do ar variou de 24,5 a 24,1°C, com o registro de 24,3°C na rotatória do fundo de vale.

Do Parque do Povo até o cruzamento com a Av. Manoel Goulart, em direção ao centro, houve o registro de temperaturas do ar entre 24,3 e 24,7°C e umidade relativa do ar de 62 a 61%, sendo que no fundo de vale desse trecho registrou-se 21,1°C. Na praça central, o valor de temperatura foi de 24,2°C, com variação de 24,7 a 24°C até o final do trajeto na Avenida Cel. Marcondes, predomínio de 60% de umidade relativa do ar e cerca de 12 g/kg de umidade específica.

Ao passar em frente às residências nas ruas Santos Dumont e Reverendo Coriolano, com arborização significativa em relação ao entorno próximo, registraram-se temperaturas do ar entre 24,2 e 24,3°C. Por sua vez, os bairros residenciais populares mais adiante, como a Vila

Dubus e o Jardim Estoril, apresentaram temperatura do ar de até 24,4°C e 61% de umidade relativa do ar.

As áreas sem construções e com algum tipo de vegetação proporcionaram o registro de temperatura do ar mais baixa (22,3°C), enquanto no percurso entre o Residencial Tapajós foram registradas temperaturas de 23,1 a 22,4°C. Ao longo do Conjunto Habitacional João Domingos Netto registrou-se 21,8°C e 69% de umidade relativa do ar, sendo que em direção ao final do transecto sul-norte, no bairro Morada do Sol, a variação da temperatura do ar foi de 22 a 22,9°C.

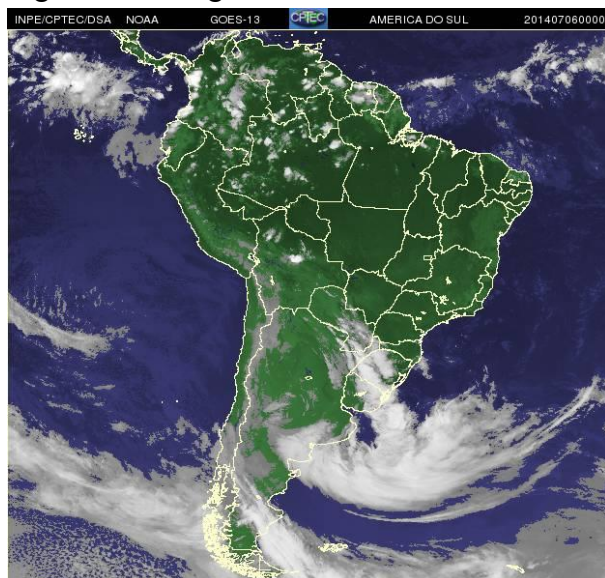
De forma geral, apesar das diferenças térmicas e higrométricas intraurbanas serem menores do que as do dia anterior, as variações também foram significativas no dia 03/07, principalmente como respostas às alterações do relevo e da vegetação dentro da área urbana. Através das cartas de isotermas (Fig. 55), também foi possível notar o mesmo padrão de localização dos bolsões de ar mais aquecidos e mais frescos, com a diferença destes parecerem mais intensificados devido ao aumento das temperaturas máxima e mínima do ar.

6.2.5 Transectos móveis no dia 05 de julho de 2014

No dia 04 de julho de 2014, não foram realizadas medições através dos transectos móveis, mas as condições atmosféricas foram parecidas com as do dia anterior, com a atuação da massa de ar seco na região e o avanço de um sistema frontal na parte sul do país no dia 05 de julho de 2014 (Fig. 56).

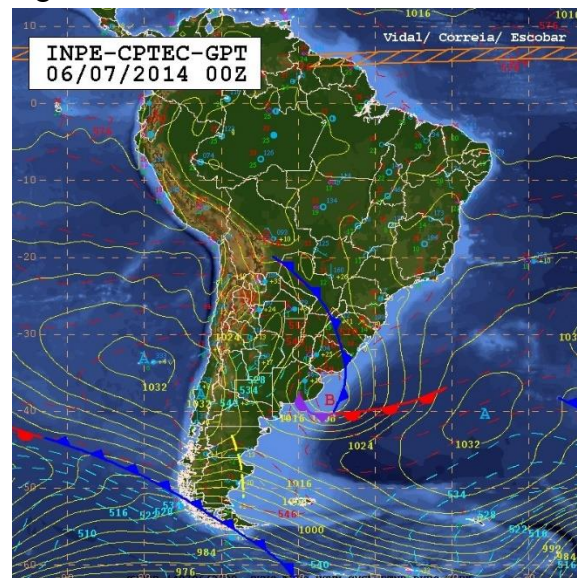
Na análise da carta sinótica de superfície das 21h do dia 05/07, nota-se um ciclone extratropical no leste da Argentina, cuja frente fria encontra-se entre o Paraguai e Rio Grande do Sul, até o extremo leste do Uruguai, mas sem instabilidade na região de Presidente Prudente.

Figura 56 - Imagem GOES 05/07/2014 - 21h



Fonte: <<http://satellite.cptec.inpe.br/acervo/goes>>

Figura 57 - Carta sinótica 05/07/2014 - 21h



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>

No sábado, dia 05 de julho de 2014, foram registrados ventos de nordeste com velocidade de 1,3 m/s e pressão atmosférica de 967,2 hPa às 21h. Nessas condições atmosféricas, a diferença térmica medida durante os transectos aumentou para 9,7°C, com o registro de temperatura máxima do ar de 25,8°C e mínima de 16,1°C.

No ponto inicial do percurso oeste-leste, no entorno Balneário da Amizade, registrou-se 18,8°C de temperatura do ar, 75% de umidade relativa e 10,5 g/kg de umidade específica do ar. Houve o aumento dos valores de temperatura de 19,3 a 25,8°C ao longo da Avenida Ana Jacinta, sendo que no fundo de vale dessa avenida a temperatura foi de 20°C. A umidade relativa do ar apresentou diminuição de 73 para 41%, mas com o predomínio de umidade específica de aproximadamente 9 g/kg.

Os valores de temperatura do ar diminuíram de 21,4 a 21,1°C no fundo de vale atrás do Prudenshopping, enquanto no percurso pela Av. Washington Luiz até o centro da cidade se registrou o aumento de 23,9 a 25,4°C. Próximo ao camelódromo, a temperatura do ar registrada foi de 24,4°C e, ao seguir pelas ruas comerciais do centro em direção à Av. Manoel Goulart, verificou-se a diminuição de 25 para 23,5°C, com predomínio de 41% de umidade relativa do ar e cerca de 9 g/kg a umidade específica.

No início do trajeto na Avenida Manoel Goulart, registrou-se o aumento da temperatura do ar de 23,6 a 25,9°C., porém, em direção ao fundo de vale no Parque do Povo, houve diminuição de 25,3°C para 24,7°C. Por sua vez, o começo do percurso na Avenida Onze de Maio apresentou variação de 25,4°C a 24,1°C, e da metade até o fim do transecto ao longo dessa avenida, foram registradas temperaturas do ar de 24 a 23,3°C, com umidade relativa do ar entre 40 e 48% e umidade específica pouco acima de 13 g/kg.

Nos bairros da zona leste, após atravessar a linha férrea, registraram-se valores de temperatura do ar entre 23,3 e 21,8°C, e o aumento da umidade relativa do ar de 48 para 54%. Em direção ao centro da cidade, na Vila Marcondes, a temperatura do ar aumentou de 22,1 para 23,5°C, com o predomínio de umidade relativa do ar próxima a 50% e cerca de 9 g/kg a umidade específica.

A partir do entorno da Vila Marcondes, até o fundo de vale no Jardim Santa Filomena, cuja diferença hipsométrica chega a 30 m, a temperatura do ar diminuiu de 23,6 para 20°C, com 62% de umidade relativa do ar. Na sequência, ao passar pelo último bairro do transecto oeste-leste, nas proximidades da área rural, foram verificadas temperaturas entre 20,4 e 21,1°C, sem variação significativa na umidade específica do ar (entre 9,5 e 10 g/kg).

O início do percurso sul-norte apresentou temperatura do ar mais elevada do que a do percurso oeste-leste, com o registro de 21,4°C no entorno rural próximo ao aeroporto e 55% de umidade relativa do ar. Por outro lado, ao passar pelo fundo de vale a temperatura diminuiu para 16,1°C, a mais baixa registrada no dia 05/07, com umidade relativa do ar de 75% e 8,9 g/kg a umidade específica.

O avanço do transecto por áreas com construções esparsas nesse início da Avenida Cel. Marcondes resultou em temperaturas entre 21,6 e 22,4°C, sendo que ao passar por locais sem construções nesse mesmo trajeto, as temperaturas foram mais baixas, de 19,3 a 18,7°C. Em seguida, registrou-se variação da temperatura do ar de 16,7 a 23,4°C e umidade relativa do ar de 76 a 48% ao passar em frente às construções esparsas como os condomínios residenciais, prédio universitário, edifícios comerciais e alguns galpões.

Ao continuar o percurso na Avenida Cel. Marcondes e seguir até o Parque do Povo, a temperatura do ar aumentou de 23,4 para 23,8°C. Já em direção ao centro da cidade, até o cruzamento com a Avenida Manoel Goulart, houve variação da temperatura de 23,8 a 24,5°C e umidade relativa do ar entre 47 e 43%, com o registro de 24,1°C no fundo de vale com a Rua Bela.

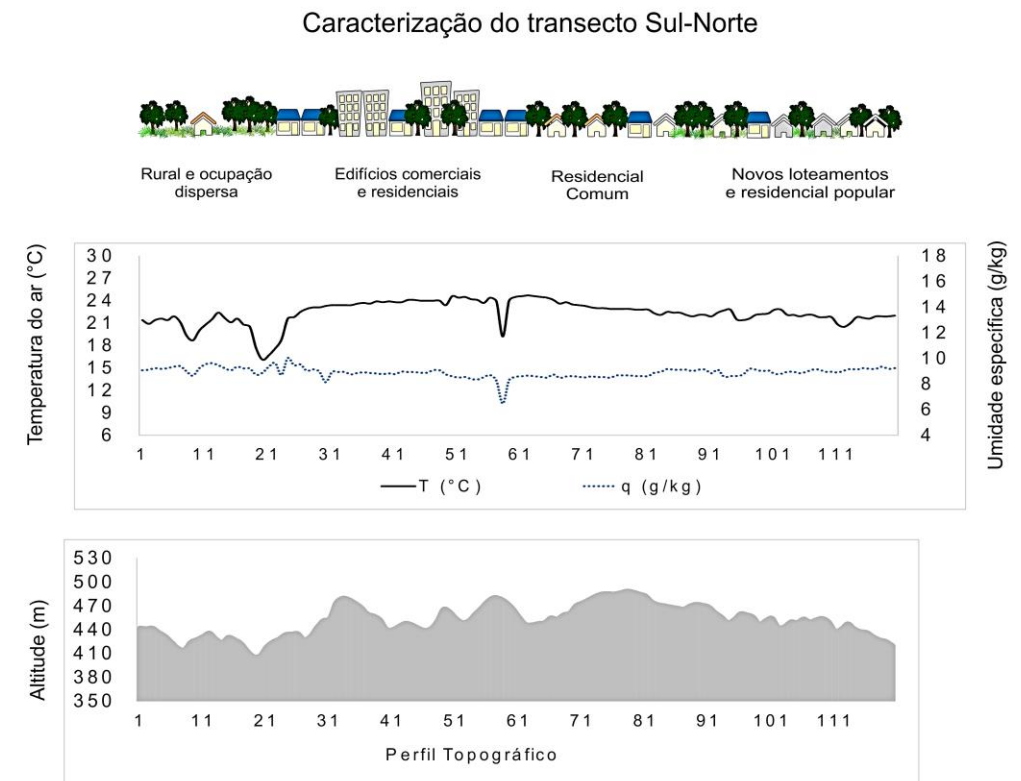
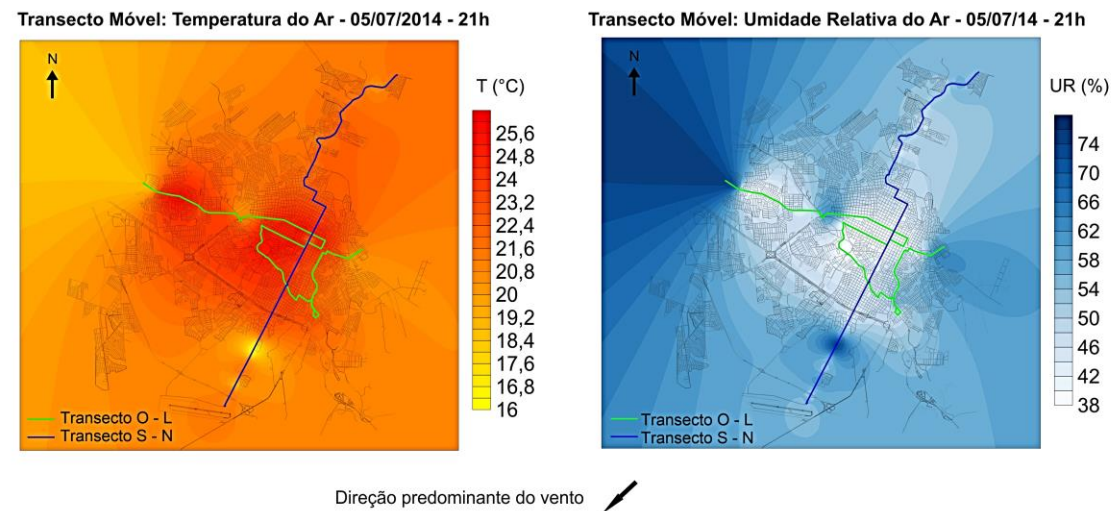
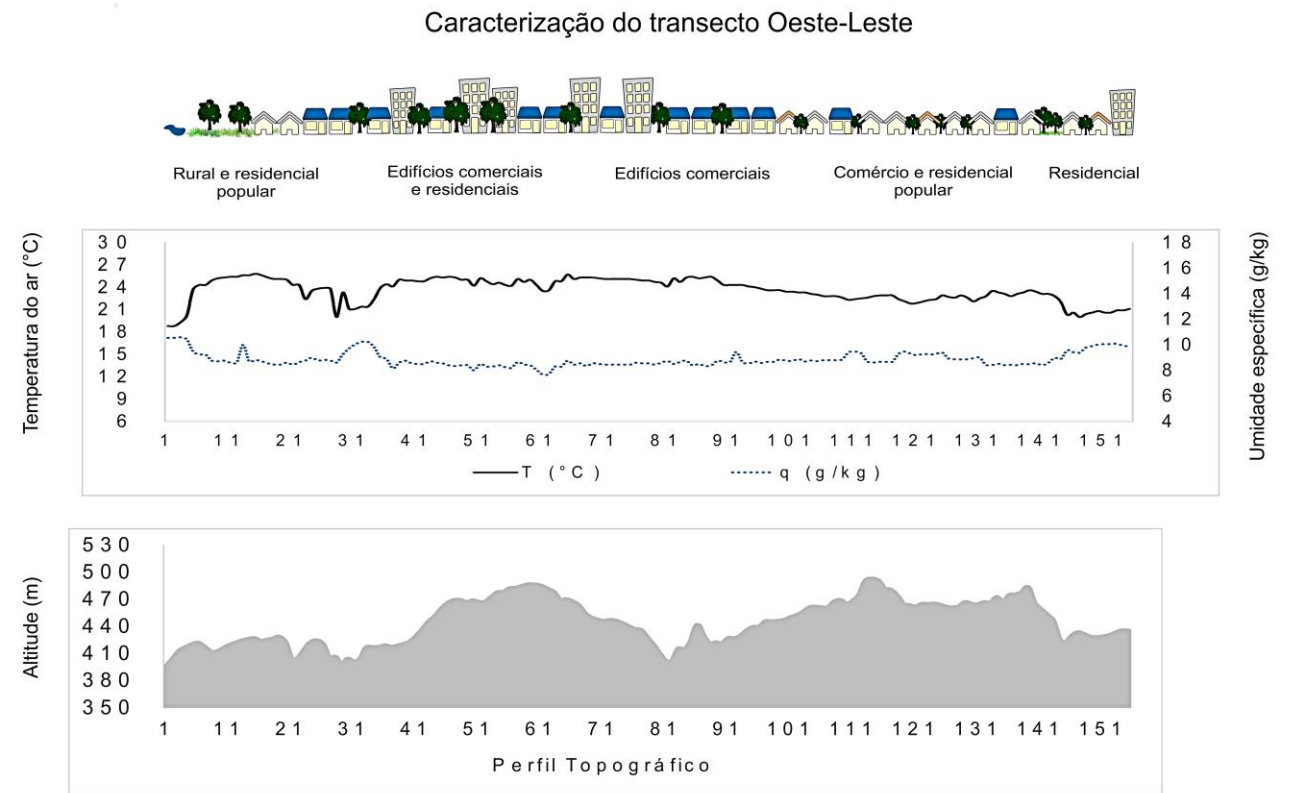
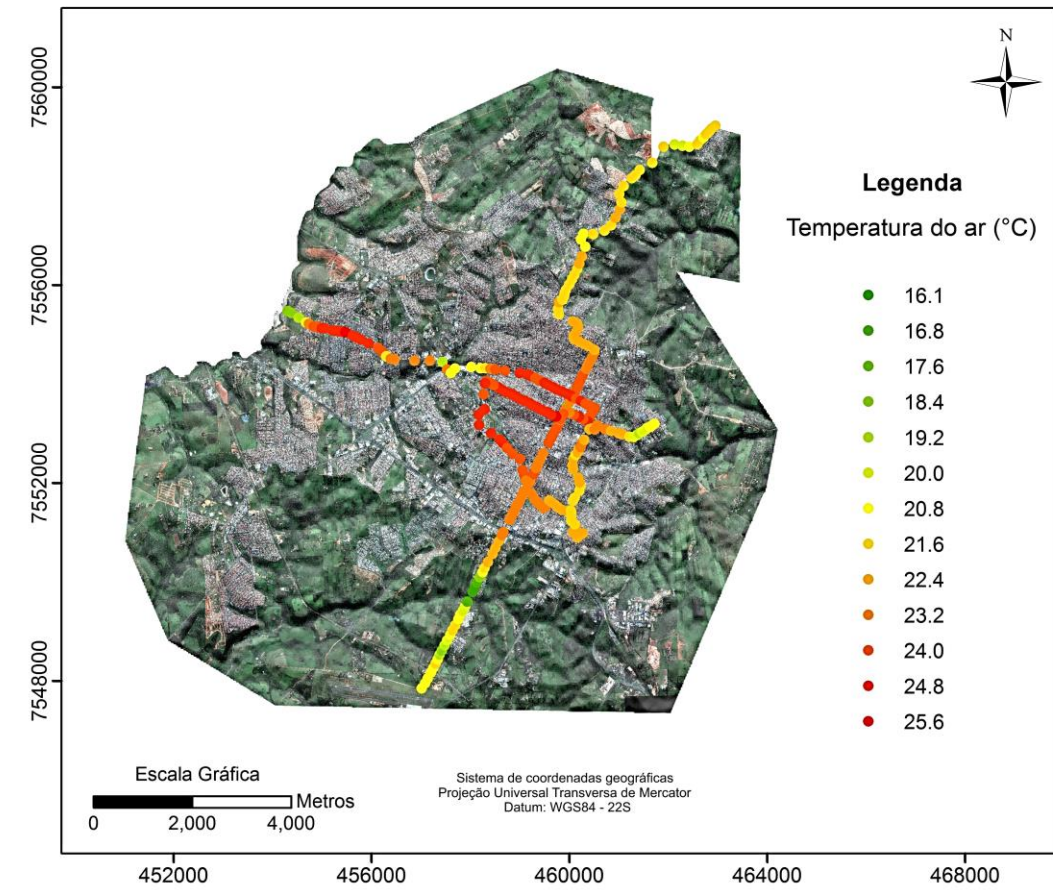
A temperatura do ar mais baixa no quadrilátero central foi registrada na Praça Nove de Julho (19,2°C), onde também foi verificada o menor valor de umidade específica (6,5 g/kg), com variação de 24 a 24,7°C ao sair do quadrilátero central. Os valores de temperatura continuaram a diminuir até o final do percurso na Avenida Cel. Marcondes (entre 24,4 e 23,5°C), e o mesmo padrão de diminuição se verificou ao adentrar as ruas Santos Dumont e Reverendo Coriolano, onde a temperatura variou de 23,3 a 22,9°C.

Em seguida, nos bairros residenciais populares com comércio local foi registrado até 22,8°C de temperatura do ar, com mínima de 21,4°C quando se passava em frente a espaços sem construções e com presença de vegetação arbórea ou rasteira. Próximo à última parte do transecto sul-norte, o Residencial Tapajós apresentou temperaturas entre 21,9 a 22,1°C, o Conjunto Habitacional Domingos Netto 21,8°C, enquanto o bairro Morada do Sol registrou temperatura do ar entre 21,8 e 22°C.

Assim, através análise dos dados térmicos e higrométricos do dia 05/07, foi possível observar que as condições atmosféricas, assim como no dia 02/07, favoreceram o registro de mais variações ao longo da malha urbana (Fig. 58). A configuração de bolsões de ar mais aquecidos e mais frescos foi igual ao identificado no terceiro dia de realização dos transectos, quando nos bairros densamente construídos a oeste da cidade e ao longo da Avenida Cel. Marcondes foram registradas temperaturas mais elevadas, ao passo em que as temperaturas mais amenas foram observadas nas proximidades com o rural e associadas com as características do relevo e a presença de vegetação.

Com relação às variações dos dados ao longo dos transectos, verificou-se o aumento das diferenças de temperatura e umidade do ar se comparadas aos gráficos do dia 03/07. O padrão das oscilações também foi semelhante ao observado no dia 02/07, com o aumento das temperaturas no intraurbano seguido de valores baixos de umidade específica e absoluta. As exceções novamente corresponderam às áreas vegetadas no início do transecto sul-norte e a área da praça central da cidade, nas quais a umidade do ar diminuiu em resposta à temperatura mais baixa.

Figura 58 - Presidente Prudente: Transectos móveis às 21h no dia 05/07/2014



Transecto Móvel em 05-07-2014	
Autor: Renata dos Santos Cardoso	Orientador: Profa.Dra. Margarette Amorim
Fonte: Malhas Digitais (IBGE, 2014).	
Organização e Edição Gráfica: Renata dos Santos Cardoso	Curso: Mestrado em Geografia
Sistema de coordenadas geográficas Projeção Universal Transversa de Mercator Datum: WGS84 - 22S	

De modo geral, a mensuração do campo térmico e higrométrico em Presidente no episódio de inverno propiciou o registro de diferenças significativas (Tabela 5), principalmente com relação às diferenças térmicas entre o urbano e o rural. Além das variações constantes verificadas no interior da malha urbana, associadas às características do relevo, da vegetação, densidade de edificações e fluxo antropogênico, as condições sinóticas também desempenharam grande papel na configuração do fenômeno ilha de calor.

Tabela 5 - Temperatura do ar, velocidade e direção do vento em junho/julho de 2014 às 21h

Data	Temperatura do ar (°C)			Vento (m/s)	
	Máx.	Mín.	Dif.	Vel.	Dir.
30/06	17,1	8	9,1	0,1	SE
01/07	20	13,7	6,3	2,5	SE
02/07	25,8	15,4	10,4	0	E
03/07	26	18,6	7,4	1,4	SE
05/07	25,8	16,1	9,7	1,3	NE

Fonte: Elaborado pela autora

Segundo a classificação de García (1996), registrou-se ilha de calor de magnitude forte em três dias do episódio de verão (11, 13 e 16/12), com diferenças entre 4 e 6°C. No episódio de inverno, os cinco dias apresentaram magnitude muito forte, uma vez que as diferenças foram superiores a 6°C, e chegou a 10,4°C no terceiro dia dos transectos. As maiores diferenças térmicas registradas no inverno estão relacionadas com as condições atmosféricas predominantes, caracterizadas por sistemas estáveis que propiciaram a formação de ilhas de calor com intensidade superior às identificadas no verão.

7 CLIMA E CLASSIFICAÇÃO DA PAISAGEM URBANA

Conforme observado no processo de urbanização em Presidente Prudente, a transformação das superfícies naturais pelas formas de construções urbanas resulta numa crescente heterogeneidade socioambiental das paisagens, cujas características apresentam potenciais em alterar o balanço de radiação e 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. Muitas dessas diferenças de temperatura do ar são aferidas com medições entre o urbano e o rural, porém são comumente relacionadas à ilha de calor urbana (UHI), enquanto a magnitude dessas diferenças faz referência à intensidade da UHI. Há, portanto, uma simplificação desse fenômeno e da realidade paisagística do urbano, que pode resultar em análises pouco consistentes do clima urbano.

Diante da complexidade de atividades, fluxos e materiais constituintes da paisagem urbana, o levantamento das características dos diferentes arranjos espaciais poderá orientar a classificação da paisagem do ponto de vista da sua capacidade em modificar seu clima local. Assim, o conhecimento detalhado das diferenças do sítio e a organização destas em um novo sistema de classes com características térmicas homogêneas poderão oferecer melhorias em relação à tradicional classificação “urbano-rural” para explicar as anomalias térmicas.

Nesse sentido, o estudo realizado por Stewart (2011) fornece uma base consistente para a classificação das paisagens urbanas e rurais através do que o autor denomina *Local Climate Zones* (LCZ), ou zonas climáticas locais. Essas zonas climáticas são devidamente detalhadas em relação às propriedades do local que influenciam o clima na camada do dossel urbano (altura da rugosidade superficial, fração de superfície impermeável, o desempenho térmico, etc.) e essas propriedades são organizadas em folhas síntese (STEWART; OKE, 2009a, 2009b).

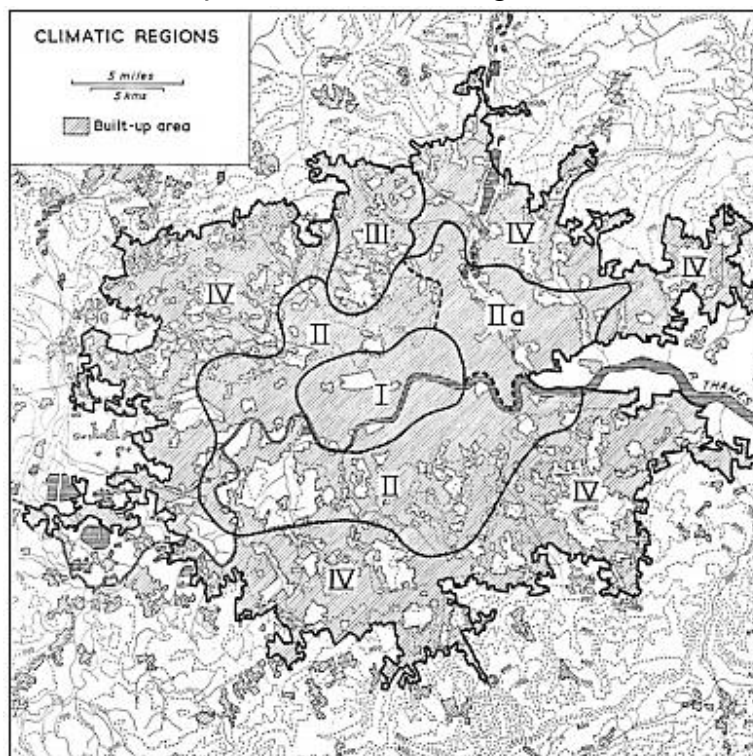
Para Stewart (2011), o objetivo da classificação é o de estabelecer a ordem entre os fenômenos, que pode ser obtida através do agrupamento de fenômenos com propriedades comuns em classes que revelam relações e padrões maiores. Desse modo, o sistema de classificação local para as observações de ilha de calor pode definir unidades em escalas muito menores, e encontrar uniformidade nos processos de superfície e características que influenciam a temperatura próxima à superfície.

7.1 Precedentes das classificações

Conforme expõe Stewart (2011), o maior desafio nesse processo é organizar as informações da superfície (edifícios, árvores, estradas e solos) em padrões significativos, e representá-los de maneira mais eficaz. Portanto, para a construção de uma nova classificação são necessárias três etapas: (1) o balanço de classificações da paisagem existentes usadas por investigadores da ilha de calor; (2) divisão dos termos urbanos e rurais em classes adequadamente definidas e escaladas para a descrição da paisagem e observação da temperatura local; e (3) a diferenciação dessas classes com dados de temperatura observados e dados de modelagem numérica.

No que concerne à classificação do clima urbano na escala local, Chandler (1965) foi o primeiro investigador de ilha de calor urbana a desenvolver uma classificação da cidade baseada no clima. O autor classificou a área de Londres em quatro regiões locais, nas quais expressou a paisagem urbana através de alturas, densidades e materiais de edifícios, bem como a distribuição de árvores, parques e espaços abertos: I - central; II - suburbanas internas; III - suburbanas externas; e IV - altas do norte (Fig. 59) (STEWART, 2011).

Figura 59 - Classificação de Chandler das regiões climáticas de Londres

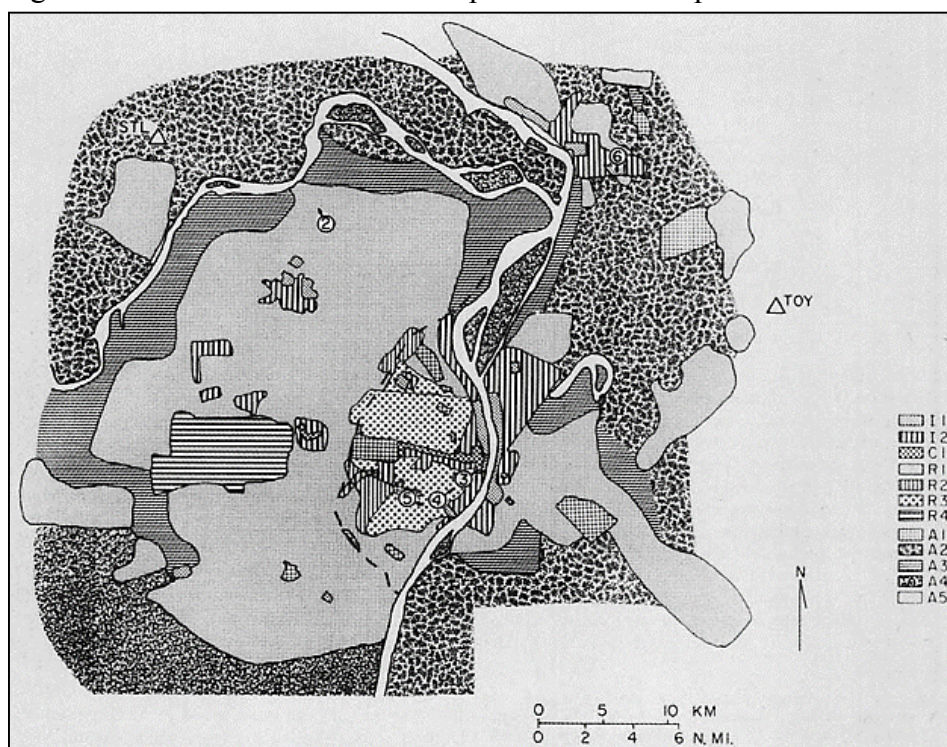


Fonte: Chandler (1965, p. 243)

Auer (1978) expôs que os meteorologistas tinham publicado informações sobre clima urbano durante algumas décadas, mas havia naquele momento a necessidade de correlacionar as anomalias meteorológicas com a identificação e descrições mais específicas do uso da terra do que as até então utilizadas (centro da cidade, residencial, comercial etc.). Por conseguinte, o autor propôs um sistema de classificação para a cidade de St. Louis, nos Estados Unidos, no qual distinguiu classes “meteorologicamente significativas” na explicação de algumas anomalias termodinâmicas, cinemáticas e radiativas.

Através dessa classificação dos tipos de uso da terra orientada meteorologicamente, Auer (1978) identificou 12 classes na área Metropolitana de St. Louis, das quais 2 (I1 e I2) correspondem ao uso industrial, 1 (C1) ao comércio, 4 (R1, R2, R3 e R4) ao uso residencial e 5 (A1, A2, A3, A4 e A5) às áreas pouco construídas e naturais, como pode ser observado na Fig. 60.

Figura 60 - Mosaico do uso da terra para a área Metropolitana de St. Louis

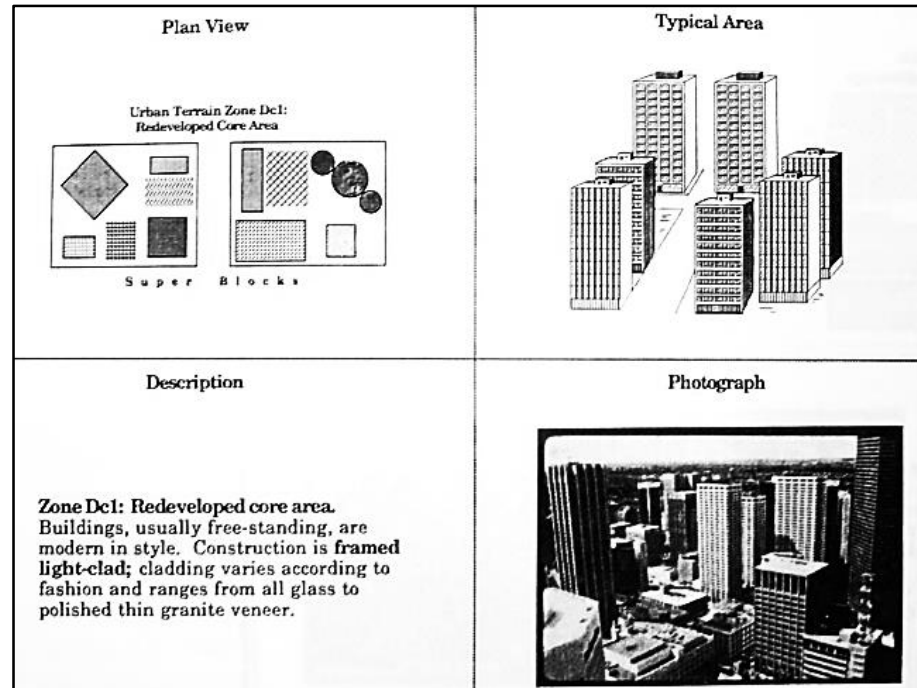


Fonte: Auer (1978, p. 637)

Já em 1990 e 1991, Ellefsen criou um sistema denominado *Urban Terrain Zone (UTZ)*, através do qual forneceu um inventário completo com as características de construção, bem como figuras com vista aérea e esboços da planta e do perfil de cada zona (Fig. 61). Essa classificação foi derivada de medidas empíricas da estrutura dos edifícios (altura, área do telhado/parede) e materiais (tijolos, aço, vidro), sendo que uma propriedade importante de

diferenciação do sistema de classificação de Ellefsen foi a subdivisão em edifícios “conectados” e “separados” (apud STEWART, 2011, p. 153).

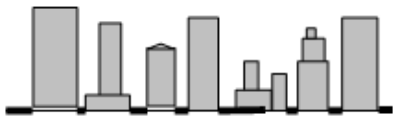
Figura 61 - Zonas do terreno urbano de Ellefsen (UTZ) para a “área central reconstruída”



Fonte: Ellefsen (1990/91). Adaptado de Stewart (2011, p. 153)

Por outro lado, Oke (2006) incorporou características das zonas de Ellefsen em um novo esquema, além de incluir a medida da estrutura e da cobertura de superfície (% construída), que está relacionada com o grau de permeabilidade da superfície. O autor elaborou um sistema de classificação das formas urbanas, denominadas *Urban Climate Zones* (UCZ) ou zonas climáticas urbanas, as quais são numeradas de UCZ1 (“urbana intensamente desenvolvida”) a UCZ7 (“semi-rural”), em ordem decrescente da sua capacidade de influenciar o clima local (Fig. 62).

Figura 62 - Classificação simplificada das formas urbanas distintas dispostas em ordem decrescente da sua capacidade de influenciar o clima local (UCZ)

Urban Climate Zone, UCZ¹	Image	Roughness class²	Aspect ratio³	% Built (impermeable)⁴
1. Intensely developed urban with detached close-set high-rise buildings with cladding, e.g. downtown towers		8	> 2	> 90
2. Intensely developed high density urban with 2 – 5 storey, attached or very close-set buildings often of brick or stone, e.g. old city core		7	1.0 – 2.5	> 85
3. Highly developed, medium density urban with row or detached but close-set houses, stores & apartments e.g. urban housing		7	0.5 – 1.5	70 - 85
4. Highly developed, low or medium density urban with large low buildings & paved parking, e.g. shopping mall, warehouses		5	0.05 – 0.2	70 - 95
5. Medium development, low density suburban with 1 or 2 storey houses, e.g. suburban housing		6	0.2 – 0.6, up to >1 with trees	35 - 65
6. Mixed use with large buildings in open landscape, e.g. institutions such as hospital, university, airport		5	0.1 – 0.5, depends on trees	< 40
7. Semi-rural development, scattered houses in natural or agricultural area, e.g. farms, estates		4	> 0.05, depends on trees	< 10

Key to image symbols:  buildings;  vegetation;  impervious ground;  pervious ground

Fonte: Oke (2006, p. 11)

Oke (2006) destaca que a importância das zonas climáticas urbanas não está em sua absoluta precisão para descrever o local, mas na sua capacidade de classificar as áreas de um bairro em setores, que são semelhantes em sua capacidade de modificar o clima local.

Nessa classificação se assume que a morfometria da área urbana, ou uma parte dela, foi avaliada através de mapas detalhados e/ou fotografias aéreas, imagens de satélite na faixa do visível ou do termal, documentos de planejamento ou pelo menos uma pesquisa visual realizada a partir de um veículo e/ou a pé. Os mapas de uso da terra também podem ser úteis, mas é preciso considerar que muitos deles retratam a função e não necessariamente a forma física de um assentamento. Portanto, a tarefa de descrição do urbano deve resultar num mapa com áreas de UCZ delineados (OKE, 2006, p. 10).

Em síntese, ao avaliar a contribuição de Chandler (1965), Auer (1978), Ellefsen (1990/1991) e Oke (2006), Stewart (2011) afirma que apesar das muitas vantagens destes sistemas de classificação para a observação de ilha de calor, cada um é limitado em “áreas-chave”, o que os tornam inadequados para esse fim (embora um propósito para o qual os sistemas nunca foram destinados).

Estas áreas são: (1) relevância climática, (2) a representação urbana e rural (3), nomenclatura, e (4) origem e escopo. Em primeiro lugar, apenas o sistema de Oke (2006) incorpora em seus critérios de classe um conjunto completo de propriedades de superfície que influencia o clima térmico, sendo que na visão de Stewart (2011, p. 157) “a full set should include properties of surface structure, cover, fabric, and metabolism”.

Em segundo lugar, os sistemas de classificação não apresentam um equilíbrio em sua representação das paisagens urbanas e rurais para os investigadores da ilha de calor. O esquema de Oke (2006), por exemplo, apesar de retratar uma classificação genérica do espaço urbano que funciona muito além de uma única cidade, possui apenas uma classe “semi- rural” entre as 7 zonas climáticas. Já o sistema de Auer (1978) apresenta somente 4 classes rurais entre 12 tipos de uso da terra, enquanto a classificação de Chandler (1965) não tem nenhuma representação do rural (STEWART, 2011).

Em terceiro lugar, os sistemas também apresentam limitações em relação à nomenclatura, pois utilizam termos que podem variar de acordo com a realidade da cidade estudada.

Class names and definitions are open to misinterpretation by heat island investigators because they couch terms that vary with culture, time, and/or location. References to “suburban”, “metropolitan”, “semi-rural”, “inner/outer”, and “downtown” appear throughout the schemes of Chandler, Auer, and Oke, yet these references are culture and place specific and thus largely irrelevant to surface climate (STEWART, 2011, p. 158).

Por fim, as classificações revistas por Stewart (2011) apresentam limitações em relação à sua abrangência. O sistema de Chandler, por exemplo, funciona apenas na configuração original em que foi elaborado, ou seja, em Londres, sendo que os sistemas de Auer e de Ellefsen são um pouco mais gerais, mas ainda são pouco aplicáveis fora dos Estados Unidos.

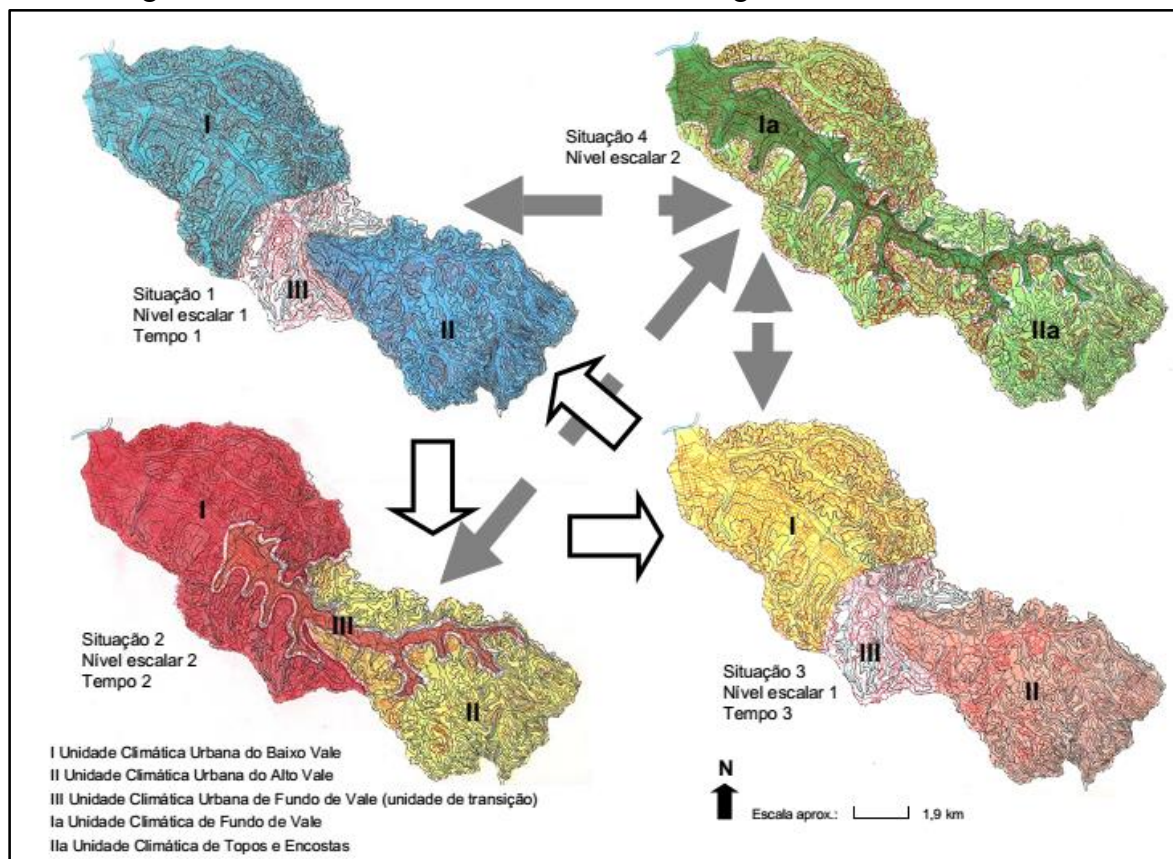
Apesar do esquema de Oke ser mais universal, o seu uso é incerto em diversas regiões culturais e econômicas, em especial nos países em desenvolvimento. Bairros e loteamentos populares, característicos de muitas das maiores cidades do mundo, não têm lugar definitivo no sistema UCZ, ou em qualquer um dos sistemas revisados (STEWART, 2011).

Na literatura brasileira, há pouca referência sobre o desenvolvimento de uma classificação da cidade baseada no clima, principalmente no que diz respeito à representação das paisagens urbanas e rurais.

Jardim (2007) analisou a influência dos fatores geográficos de superfície no padrão da temperatura e umidade relativa do ar em áreas urbanas da Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva, São Paulo. O autor considerou como pressuposto a relação entre a sucessão dos tipos de tempo e as mudanças na configuração espacial desses elementos. A análise envolveu o cruzamento dos dados mensurados com as características físicas do ambiente e dos tipos de tempo no dia.

Os resultados obtidos por Jardim (2007) foram ilustrados em cartas, com o propósito de apresentar o fato geográfico-climatológico dentro da sua real dimensão de tempo e escala. Como pode ser observado na Fig. 63, foram definidas três unidades climáticas: (I) Unidade Climática Urbana do Baixo Vale, (II) Unidade Climática Urbana do Alto Vale e (III) Unidade Climática Urbana do Fundo de Vale (unidade de transição), com as seguintes subdivisões: (Ia) Unidade Climática de Fundo de Vale e (IIa) Unidade Climática de Topos e Encostas.

Figura 63 - Unidades Climáticas na Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva



Fonte: Jardim (2007, p. 291)

Esse sistema de classificação, no qual as unidades climáticas variam no espaço (de uma a algumas dezenas) e no tempo (variações horárias, diárias e semanais), se mostrou pouco prático para a investigação da ilha de calor. Apesar de apresentar a preocupação com a configuração das unidades de acordo os tipos de tempo, não possui a caracterização do intraurbano e há pouca diferenciação entre o urbano e o rural.

Fialho (2010) investigou o campo térmico da Ilha do Governador–RJ, a partir de transectos móveis realizados no verão e no inverno, em três períodos do dia (6h, 13h e 21h). Esses dados foram a base para a elaboração de uma carta de unidades topoclimáticas urbanas, que integra as informações climáticas (temperatura do ar, umidade relativa e direção e velocidade do vento) e os fatores geoecológicos (posição geográfica, orientação de vertentes e altitude) (Fig. 64).

Figura 64 - Características das unidades topoclimáticas de Fialho (2010)

Feições topoclimáticas individualizadoras, conforme ação antrópica e natural sobre o sítio						
Unidades topoclimáticas	Temperatura do ar	Taxa de resfriamento	Densidade demográfica	Uso da terra	Direção e velocidade do vento	Sub-unidades topoclimáticas
A	A	a	2	r1	s	Aa2r1s
	A	a	3	r2	s	Aa3r2s
	A	a	1	r1	n	Aa1r1n
B	B	b	1	r1	n	Bb2r1n
	B	b	2	r2	s'	Bb2r2s'
	B	b	2	r2	s	Bb2r2s
C	C	c	3	m1	s'	Cc3m1s'
	C	c	2	m2	s	Cc2m2s

Legenda:	
Temperatura do ar A - 23.0°C - 23.9°C B - 24.0°C - 24.9°C C - 25.0°C - 25.9°C	Taxa de resfriamento a - 0.51 - 0.60°C ^{-h} b - 0.61 - 0.70°C ^{-h} c - 0.71 - 0.80°C ^{-h}
Densidade demográfica 1 - > 5.000 hab/km ² 2 - 5.001 - 10.000 hab/km ² 3 - < 10.001 hab/km ²	Uso da terra (predominante) r1 - residencial com 1 andar r2 - residencial entre 2 e 3 andares. m1 - misto (comercial e residencial entre 1 e 2 andares). m2 - misto (comercial e residencial entre 2 e 3 andares).
Direção e velocidade do vento n - direção predominante do quadrante norte, com intensidade entre 0 e 2 (Escala Beaufort). s' - direção predominante do quadrante sul, com intensidade entre 0 e 2 (Escala Beaufort). s - direção predominante do quadrante sul, com intensidade entre 2 e 4 (Escala Beaufort).	

Fonte: Fialho (2010, p. 39)

No entanto, assim como o sistema de classificação elaborado por Jardim (2007), as unidades topoclimáticas definidas por Fialho (2010) apresentam pouca diferenciação do uso da terra, com nenhuma classe representativa do rural. Dessa forma, a necessidade de um conjunto mais completo de propriedades de superfície também demonstra a dificuldade em sistematizar uma classificação da cidade baseada no clima, com abrangência em diferentes lugares.

7.2 Esquema de classificação das Zonas Climáticas Locais

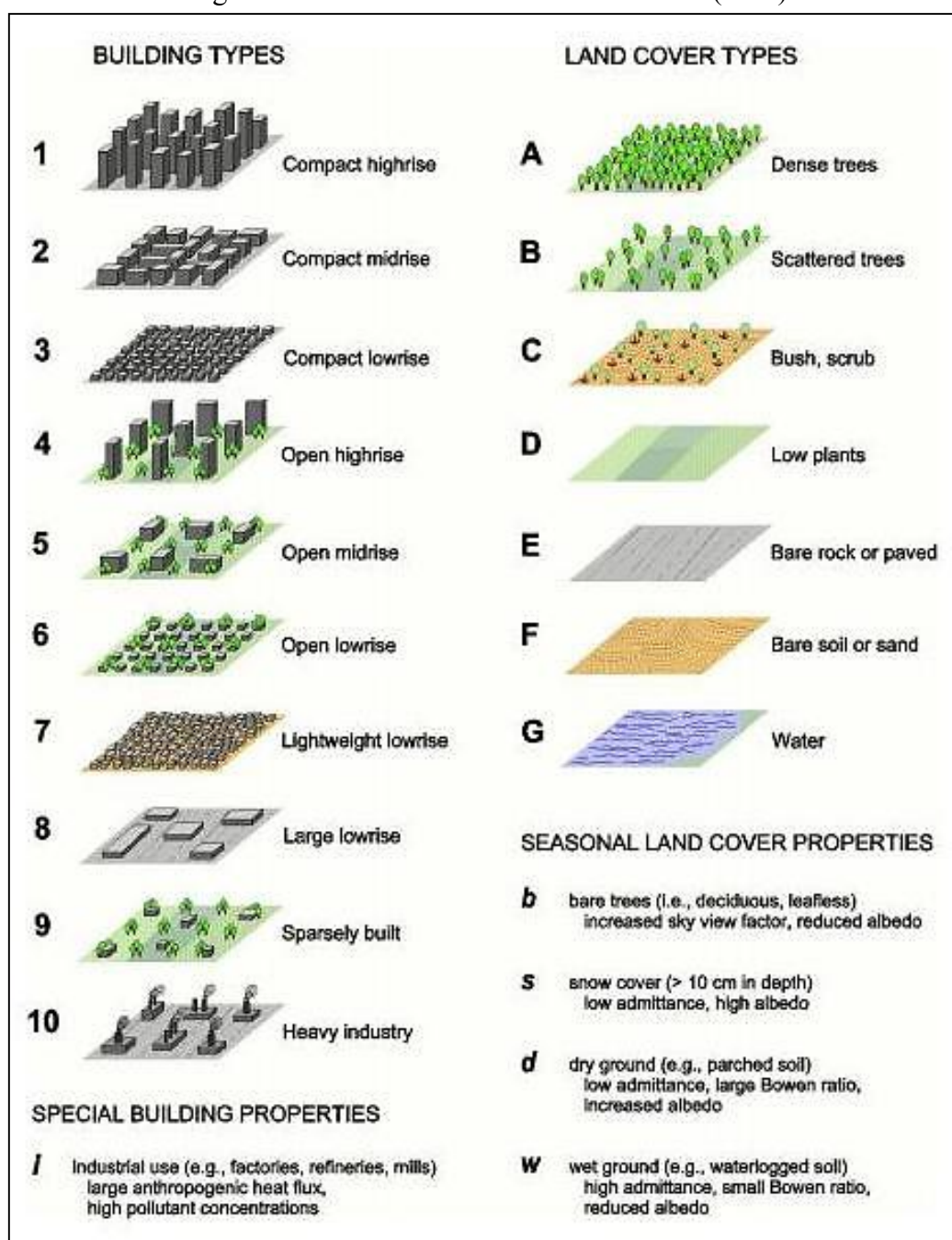
Com o intuito de fornecer um sistema de classificação mais completo, com nomes de classes e definições objetivas e abrangência mundial, Stewart (2011) definiu uma base para a divisão em cada nível de classe. Esta base diz respeito ao princípio de diferenciação, a partir do qual se separa uma classe de outra de forma que todos os itens de uma classe ou subclasse possuam as mesmas características. Assim, o produto final de divisão lógica é um sistema de nomes de grupos (ou tipos) que mostram propriedades regulares.

Para o autor, a classe universal de observação de ilha de calor é a paisagem, a qual é dividida de acordo com as propriedades que influenciam o clima térmico na camada do dossel, ou seja, a morfologia da superfície (altura do objeto e densidade) e cobertura da terra (permeáveis ou impermeáveis). A morfologia da superfície afeta o clima local através da modificação do fluxo ar e o transporte de calor no ar, enquanto a cobertura da terra modifica o albedo, a disponibilidade de umidade e potencial de aquecimento/arrefecimento do solo (STEWART, 2011, p. 162).

Sendo assim, todas as classes que derivam da divisão lógica da paisagem são chamadas de *Local Climate Zones* (LCZ). Essa nomenclatura foi utilizada pelo autor porque elas são (a) locais na escala, (b) climáticas na distinção das propriedades e (c) zonais na representação espacial.

O autor aplicou as LCZs em Uppsala (Suécia), Nagano (Japão) e Vancouver (Canadá), onde temperaturas do ar foram observadas e simuladas através de modelos atmosféricos de mesoescala para o aperfeiçoamento do sistema de classificação. Como resultado, a representação de Stewart (2011) conta com 17 LCZs, das quais 10 são relacionadas aos tipos de construções e 7 referentes aos tipos de cobertura da terra. Além dessas categorias, o autor enumera 1 classe para o uso industrial e 4 subdivisões que podem ser usadas para caracterizar propriedades sazonais de cobertura da terra (Fig. 65).

Figura 65 - Local Climate Zones de Stewart (LCZ)

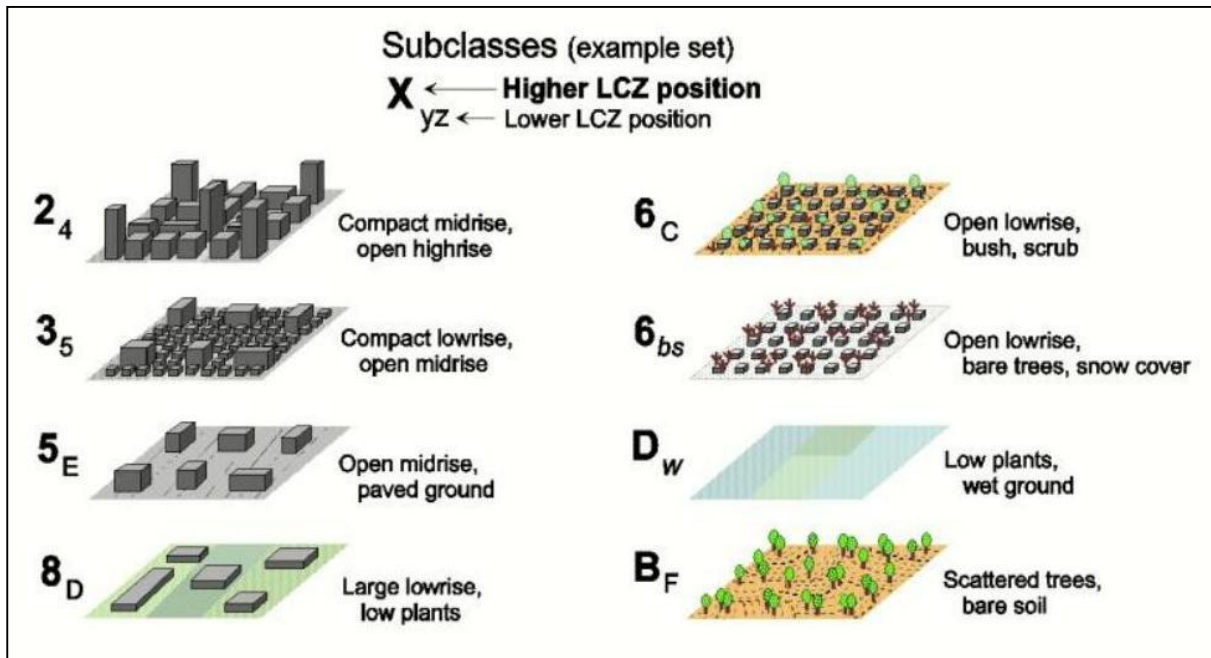


Fonte: Stewart (2011, p. 196)

É importante destacar que em decorrência das diferenças físicas e culturais encontradas na paisagem, a correspondência com as LCZs poderá apresentar mudanças. Como alternativa, Stewart (2011) indica que os usuários dessa classificação podem criar subclasses a partir da junção das LCZs ilustradas (Fig. 66). Todavia, apesar dessa flexibilidade do sistema de classificação, deve-se evitar criar muitas subclasses, pois normalmente não se espera obter diferenças térmicas significativas entre duas classes muito parecidas, e um grande número de

divisões poderá diminuir a capacidade desse esquema em melhorar a comunicação entre os estudos de ilha de calor urbana.

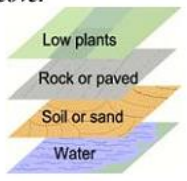
Figura 66 - Subclassificação das LCZs



Fonte: Stewart (2011, p. 254)

Após essas especificações, a melhor forma de promover a comunicação entre os estudos de UHI, a divulgação e a comparação das LCZs é através de folhas síntese que contenham os perfis de cada classe, com as seguintes informações: identificação (nome da classe e o código), definição (características morfológicas da superfície, cobertura da terra e fluxo antropogênico), função (comercial, residencial e agrícola); localização (cidade, campo, centro e periurbano), ilustração (desenhos e fotografias) e propriedades da superfície (altura da rugosidade superficial, fração de superfície impermeável, características térmicas) (Fig. 67).

Figura 67 - Esquema das folhas síntese das LCZs

LCZ KEY	ZONE NAME	#
ZONE DEFINITION		
Form: Description of building morphology, land cover, construction materials, tree geometry, and human activity. Function: Land uses most likely associated with this zone. Location: Expected location of the zone (core, periphery; city, countryside). Correspondence: Comparable zones in the urban classification systems of Oke (2004) and Ellefsen (1990/91).		
ZONE ILLUSTRATION		
Land cover  Objects 	High-angle photographs (© Can Stock Photo Inc.)  Low-level photographs (© Can Stock Photo Inc.) 	
ZONE PROPERTIES		
Sky view factor ψ_{sky} 0 – 1 Aspect ratio H/W 0 – 3⁺ Mean building/tree height z_H 0 – 50⁺ m Terrain roughness class 1 – 8	Fraction of sky hemisphere visible from ground level. Varies with height and spacing of buildings and trees. Affects surface radiational heating/cooling. Mean height-to-width ratio of street canyons (LCZ 1–7), building spacing (LCZ 8–10), and tree spacing (LCZ A–F). Affects surface airflow and radiational heating/cooling. Geometric average of building heights (LCZ 1–10) and tree/plant heights (LCZ A–F). Affects surface reflectivity, flow regimes, and heat dispersion above ground. Davenport et al. (2000) classification of effective terrain roughness (z_0) for city and country landscapes: 1–“sea” ($z_0 \sim 0.0002$ m); 2–“smooth” ($z_0 \sim 0.005$ m); 3–“open” ($z_0 \sim 0.03$ m); 4–“roughly open” ($z_0 \sim 0.10$ m); 5–“rough” ($z_0 \sim 0.25$ m); 6–“very rough” ($z_0 \sim 0.5$ m); 7–“skimming” ($z_0 \sim 1.0$ m); 8–“chaotic” ($z_0 \sim 2$ m). Affects surface reflectivity, flow regimes, and heat dispersion above ground.	
Building surface fraction λ_b 0 – 100 %	Proportion of ground surface with building cover. Affects surface reflectivity, flow regimes, and heat dispersion above ground.	
Impervious surface fraction λ_i 0 – 100 %	Proportion of ground surface with impervious cover (paved, rock). Affects surface reflectivity, moisture availability, and heating/cooling potential.	
Pervious surface fraction λ_v 0 – 100 %	Proportion of ground surface with pervious cover (bare soil, vegetation, water). Affects surface reflectivity, moisture availability, and heating/cooling potential.	
Surface admittance μ 0 – 3,000⁺ J m⁻² s^{1/2} K⁻¹	Ability of surface to accept or release heat. Affects surface heat storage and heating/cooling rates. Values give typical range for surfaces in each LCZ (e.g., buildings, roads, soils, water). Varies with soil wetness and material density.	
Albedo α 0 – 0.5	Surface reflectivity at local scale, under a clear midday sky. Affects surface radiational heating potential. Varies with surface wetness.	
Anthropogenic heat flux Q_F 0 – 400⁺ W m⁻²	Mean annual anthropogenic heat flux density at local scale. Heat sources include vehicle engines, industrial/domestic combustion processes, space cooling/heating, and human metabolism. Varies significantly with latitude, season, and population density.	

Fonte: Stewart (2011, p. 335)

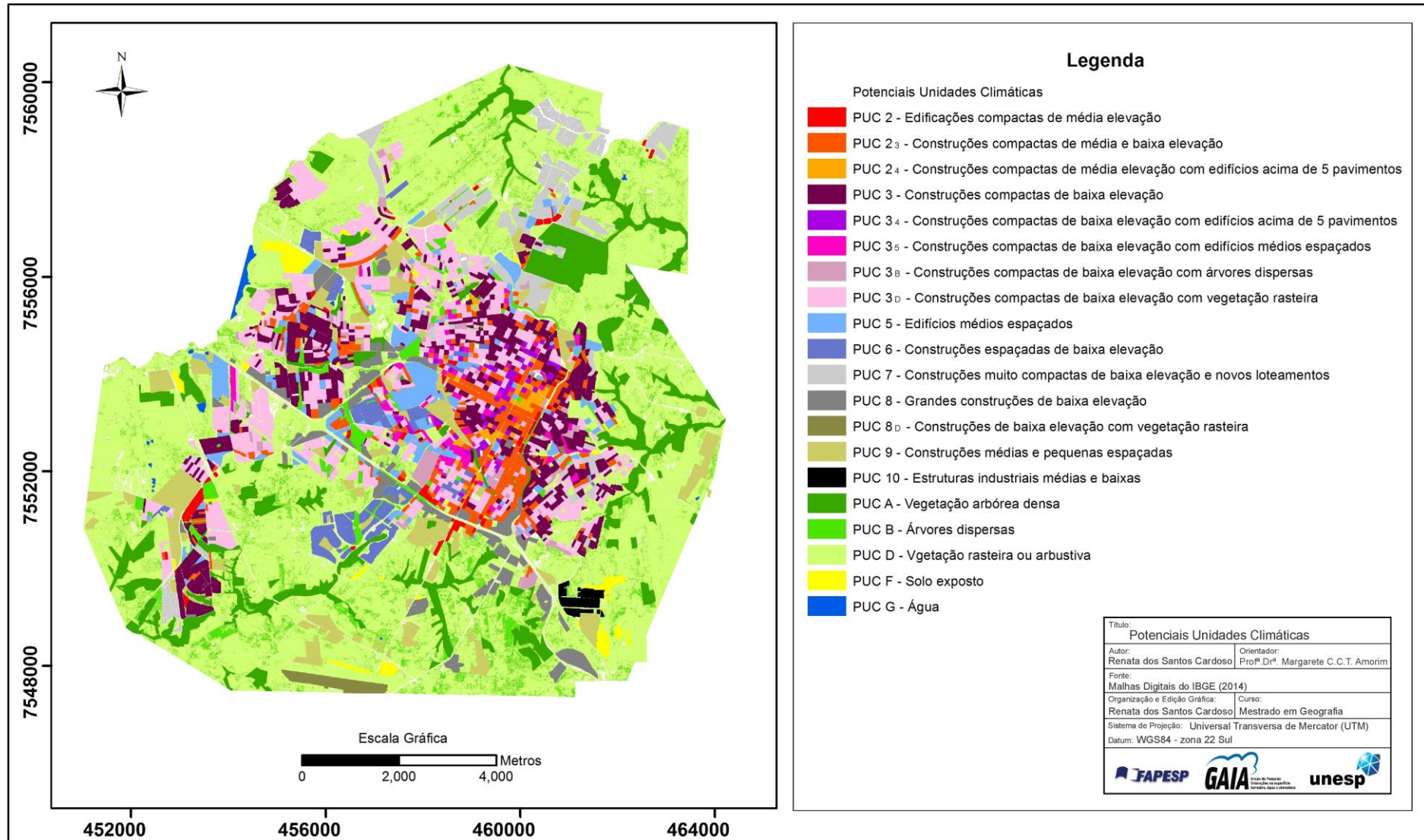
8 CLASSIFICAÇÃO DE POTENCIAIS UNIDADES CLIMÁTICAS EM PRESIDENTE PRUDENTE

Para a elaboração de um mapa com as Potencias Unidades Climáticas (PUC) em Presidente Prudente, foram utilizados os pressupostos e adaptadas as metodologias abordadas por Stewart (2011). A partir dessa base metodológica e da investigação dos arranjos da paisagem no ambiente urbano, as classes das PUCs foram identificadas na malha urbana através da interpretação visual da imagem do satélite GeoEye-1 de 5 de março de 2013.

No ArcGIS foi criada uma tabela de atributos, na qual cada polígono referente às quadras da malha urbana foi associado a uma classe das LCZs propostas por Stewart (2011), com características semelhantes às identificadas na superfície. Em seguida, foi elaborado o índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) com as bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo do satélite GeoEye-1, para delimitar as classes na área rural, visto que essa possui menos diferenciação se comparada à complexidade das construções no urbano.

Posteriormente, a classificação obtida com a interpretação visual foi sobreposta à do NDVI, e essa junção resultou nas seguintes classes: PUC 2 - edificações compactas de média elevação, PUC 2₃ - construções compactas de média e baixa elevação, PUC 2₄ - construções compactas de média elevação com edifícios acima de 5 pavimentos, PUC 3 - construções compactas de baixa elevação, PUC 3₄ - construções compactas de baixa elevação com edifícios acima de 5 pavimentos, PUC 3₅ - construções compactas de baixa elevação com edifícios médios espaçados, PUC 3_B - construções compactas de baixa elevação com árvores dispersas, PUC 3_D - construções compactas de baixa elevação com vegetação rasteira, PUC 5 - edifícios médios espaçados, PUC 6 - construções espaçadas de baixa elevação, PUC 7 - construções muito compactas de baixa elevação e novos loteamentos, PUC 8 - grandes construções de baixa elevação, PUC 8_D - construções de baixa elevação com vegetação rasteira, PUC 9 - construções médias e pequenas espaçadas, PUC 10 - estruturas industriais médias e baixas, PUC A - vegetação arbórea densa, PUC B - árvores dispersas, PUC D - vegetação rasteira ou arbustiva, PUC F - solo exposto, e PUC G - água (Fig. 68).

Figura 68 - Mapa das Potenciais Unidades Climáticas em Presidente Prudente



Fonte: Elaborado pela autora

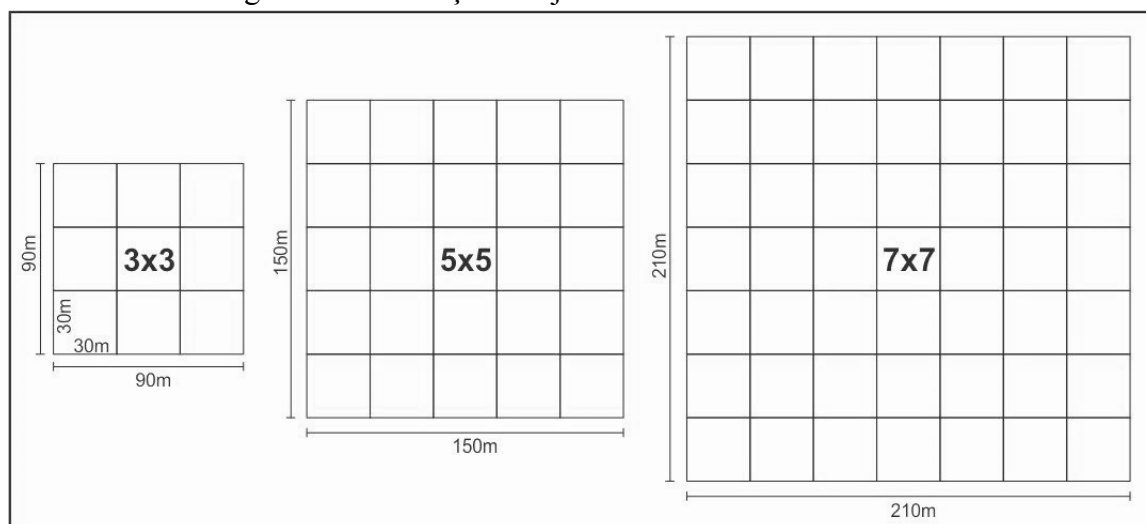
8.1 Modelagem do campo térmico

Após a identificação na superfície das LCZs propostas por Stewart (2011), a etapa seguinte consistiu na elaboração de modelagens espaciais e temporais da ilha de calor. Os modelos de regressão foram adotados a fim de relacionar a temperatura do ar em episódios de verão e inverno com as PUCs, bem como estimar esses dados para as demais áreas não abrangidas nos transectos móveis, considerando-se as características da superfície.

Modelos de regressão são modelos matemáticos que relacionam o comportamento de uma variável Y com outra X. Quando a função f que relaciona duas variáveis é do tipo $f(X) = a + bX$ temos o modelo de regressão simples. A variável X é a variável independente da equação enquanto $Y = f(X)$ é a variável dependente das variações de X. O modelo de regressão é chamado de simples quando envolve uma relação causal entre duas variáveis. O modelo de regressão é multivariado quando envolve uma relação causal com mais de duas variáveis. Isto é, quando o comportamento de Y é explicado por mais de uma variável independente $X_1, X_2, \dots, X_n$ (USP-FAU, 2015, p. 2).

A modelagem foi realizada no software IDRISI e o primeiro procedimento consistiu no cálculo da frequência (%) de cada classe das PUCs em janelas com tamanhos variados (Fig. 69), desde 3x3 pixels (90x90m) até 33x33 pixels (990x990m), considerando que resolução espacial dos produtos cartográficos utilizados é de 30 metros.

Figura 69 - Ilustração das janelas com tamanhos variados



Fonte: Elaborado pela autora

A partir das frequências calculadas foi possível extrair a porcentagem média das PUCs para cada ponto de medição dos transectos, ou seja, para as diferentes janelas (3x3, 5x5, 7x7, ..., 33x33) obteve-se a frequência média de cada classe no entorno dos pontos. Em seguida, através do cálculo de regressão simples, verificou-se a correlação da temperatura com a

porcentagem de cada PUC presente no entorno dos pontos medidos. Essa etapa possibilitou identificar em quais janelas o coeficiente de correlação entre os dados e as PUCs foram expressivos.

Posteriormente, aplicou-se o mesmo procedimento à carta de hipsometria, ao NDVI e à temperatura infravermelha medida nos transectos móveis. Assim, com os resultados das regressões simples, foi calculado um modelo de regressão multivariado, no qual as variáveis escolhidas foram usadas simultaneamente para simular o campo térmico da cidade.

Nesse caso, por exemplo, em que quatro variáveis independentes (PUCs, altitude, vegetação e temperatura infravermelha) foram utilizadas para explicar uma variável dependente (temperatura do ar), a equação da regressão múltipla pode ser descrita da seguinte forma:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 \quad (1)$$

Onde y é a variável dependente, b_0 é o intercepto (valor da variável dependente quando todas as variáveis independentes são iguais a zero), b_1 , b_2 , b_3 e b_4 são os coeficientes de inclinações (parâmetro que reflete a variação na variável dependente para uma unidade de variação na variável independente, mantendo todas as outras variáveis independentes constantes) e x_1 , x_2 , x_3 e x_4 são as variáveis independentes.

Através desses procedimentos, obtiveram-se duas cartas de modelagem: uma representativa dos transectos do verão (11/12/2013) e outra do inverno (02/07/2014). Para os dados de temperatura registrados no dia 11 de dezembro de 2013, as melhores correlações foram verificadas nas variáveis: PUC 2₃ (janela 13x13), PUC 3 (janela 29x29), PUC 3₄ (janela 33x33), PUC 3_D (janela 33x33), PUC 7 (janela 25x25), PUC A (janela 33x33), NDVI (janela 29x29), altitude e temperatura infravermelha, as quais foram selecionadas para o cálculo da regressão múltipla, que resultou na seguinte fórmula gerada pelo IDRISI:

$$T_{\text{verão}} = 38.6377 + 0.0354 * \text{PUC2}_3_{13x13} + 0.0355 * \text{PUC3}_{29x29} + 0.0739 * \text{PUC3}_4_{33x33} + 0.0256 * \text{PUC3}_D_{33x33} - 0.0451 * \text{PUC7}_{25x25} - 0.1045 * \text{PUCA}_{33x33} - 0.0937 * \text{NDVI}_{29x29} - 0.0244 * \text{Altitude} + 0.0259 * T_{\text{IRverão}}$$

Onde: (2)

$T_{\text{verão}}$	= temperatura estimada no episódio de verão
PUC2_3_{13x13}	= frequência da classe 2 ₃ na janela de 13x13 pixels
PUC3_{29x29}	= frequência da classe 3 na janela de 29x29 pixels
PUC3_4_{33x33}	= frequência da classe 3 ₄ na janela de 33x33 pixels
PUC3_D_{33x33}	= frequência da classe 3 _D na janela de 33x33 pixels
PUC7_{25x25}	= frequência da classe 7 na janela de 25x25 pixels
PUCA_{33x33}	= frequência da classe A na janela de 33x33 pixels

NDVI_29x29* = frequência da classe B na janela de 29x29 pixels
 Altitude = altitude média em torno de cada ponto
 T_IRverão = temperatura infravermelha média dos alvos em torno de cada ponto

* NDVI calculado a partir de imagens do Landsat 8 de 9 de novembro de 2013

Por meio da fórmula (2) foi gerada uma imagem com o campo térmico representativo do verão, estimado a partir das características da superfície. O coeficiente de correlação (R)⁸ resultante da fórmula foi de 0,76, o que mostra uma relação linear positiva significativa entre as variações na temperatura do ar e as características das PUCs. Já o coeficiente de determinação (R^2)⁹ foi de 0,58, o que significa que o modelo foi capaz de explicar 58% das variações da temperatura do ar.

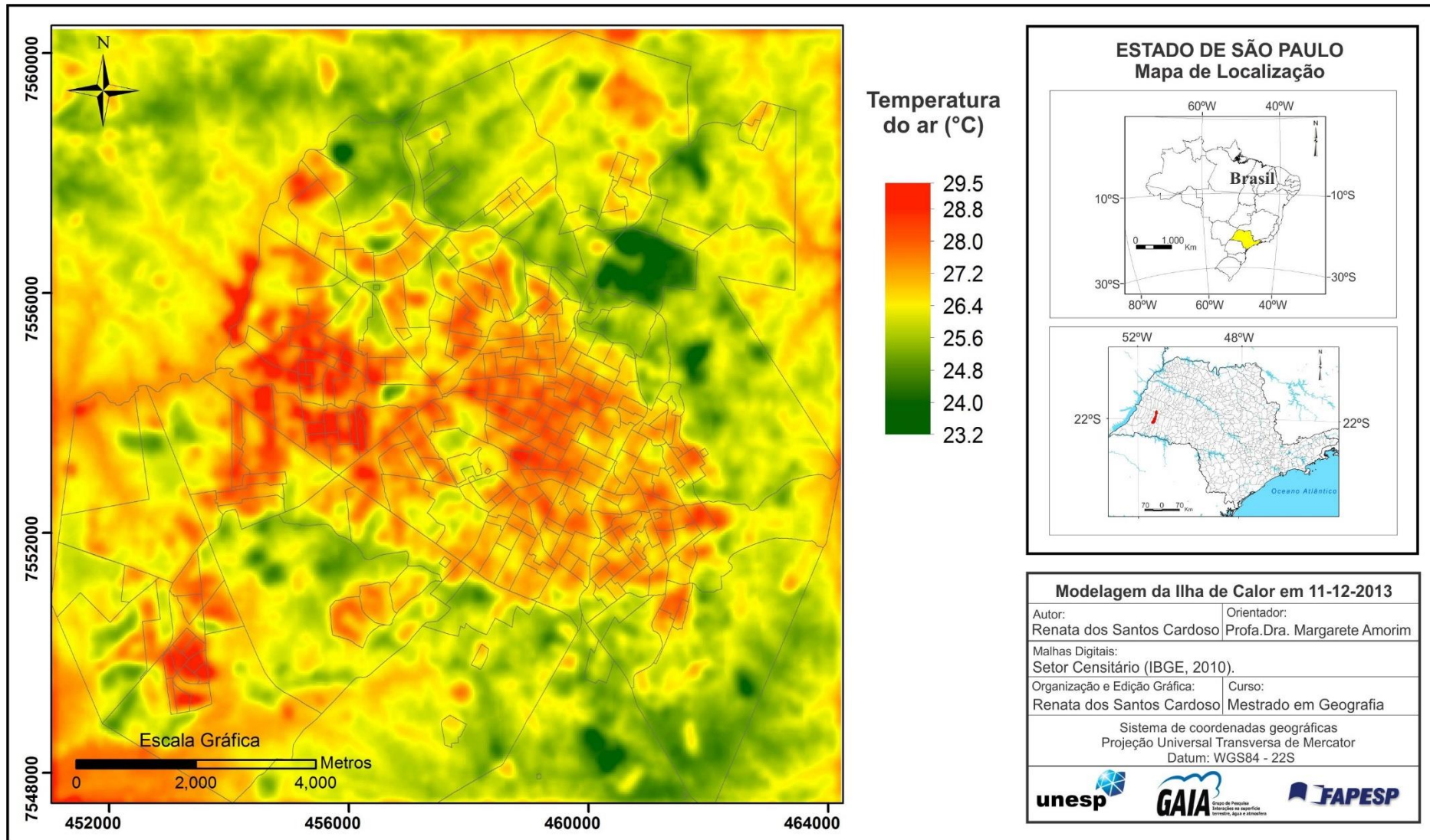
A Fig. 70 mostra os resultados da modelagem com as temperaturas estimadas para a área de estudo no episódio de verão, cuja distribuição das temperaturas no intraurbano e no entorno rural se apresentaram entre 23,1 e 29,5°C. Na área central da cidade as temperaturas estimadas variaram entre 27,2 e 28°C, mas as temperaturas elevadas também se prolongaram à oeste e sudoeste, principalmente, com até 29,5°C em bairros residenciais densamente construídos.

Por outro lado, os bairros mais afastados do centro como o Morada do Sol e o Conjunto Habitacional Domingos Netto, densamente construídos, mas com maior cobertura vegetal no entorno, apresentaram temperaturas mais baixas, entre 26,4 e 27,2°C. As áreas do entorno rural próximo, com predomínio de pastagens e árvores dispersas, tiveram temperaturas que variaram entre 25 e 26°C, enquanto nos fundos de vales e nas áreas com cobertura vegetal arbórea densa as temperaturas ficaram entre 23,2 e 24,5°C.

⁸ O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente varia entre os valores -1 e 1. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear, o valor 1 indica uma relação linear perfeita e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita mas inversa, ou seja quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis. Disponível em: <http://stat2.med.up.pt/cursop/glossario/correlacao_Pearson.html>.

⁹ O coeficiente de determinação, R^2 , é a porcentagem da variação da variável dependente explicada pelas variáveis independentes. Este coeficiente indica quanto o modelo foi capaz de explicar os dados coletados. O R^2 varia entre 0 e 1, indicando, em percentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Quanto maior o R^2 , mais explicativo é modelo, melhor ele se ajusta à amostra. Por exemplo, se o R^2 de um modelo é 0,8234, isto significa que 82,34% da variável dependente consegue ser explicada pelos regressores presentes no modelo. Disponível em: <<http://www.bertolo.pro.br/AdminFin/AnalInvest/NotasSobreRegressao.pdf>>.

Figura 70 - Modelagem da Ilha de Calor em Presidente Prudente no dia 11/12/2013



Fonte: Elaborado pela autora

Já na elaboração da modelagem dos dados de temperatura registrados no dia 2 de julho de 2014, as melhores correlações não foram todas iguais às selecionadas para o cálculo da regressão múltipla no episódio de verão. O resultado pode ser observado na fórmula seguinte:

$$T_{\text{inverno}} = 9.3916 + 0.1145 * \text{PUC2}_3_{33 \times 33} + 0.0921 * \text{PUC2}_4_{21 \times 21} + 0.0518 * \text{PUC3}_{33 \times 33} + 0.3717 * \text{PUC3}_4_{33 \times 33} - 0.0865 * \text{PUCA}_{33 \times 33} - 0.0096 * \text{NDVI}_{29 \times 29} + 0.0280 * \text{Altitude} + 0.0305 * T_{\text{IRinverno}}$$

Onde: (3)

T_{inverno}	= temperatura estimada em episódio de inverno
$\text{PUC2}_3_{13 \times 13}$	= frequência da classe 2 ₃ na janela de 13x13 pixels
$\text{PUC2}_4_{21 \times 21}$	= frequência da classe 2 ₄ na janela de 29x29 pixels
$\text{PUC3}_{33 \times 33}$	= frequência da classe 3 na janela de 33x33 pixels
$\text{PUC3}_4_{33 \times 33}$	= frequência da classe 3 ₄ na janela de 29x29 pixels
$\text{PUCA}_{33 \times 33}$	= frequência da classe A na janela de 33x33 pixels
$\text{NDVI}_{29 \times 29}^*$	= frequência da classe B na janela de 29x29 pixels
Altitude	= altitude média em torno de cada ponto
$T_{\text{IRinverno}}$	= temperatura infravermelha média dos alvos em torno de cada ponto

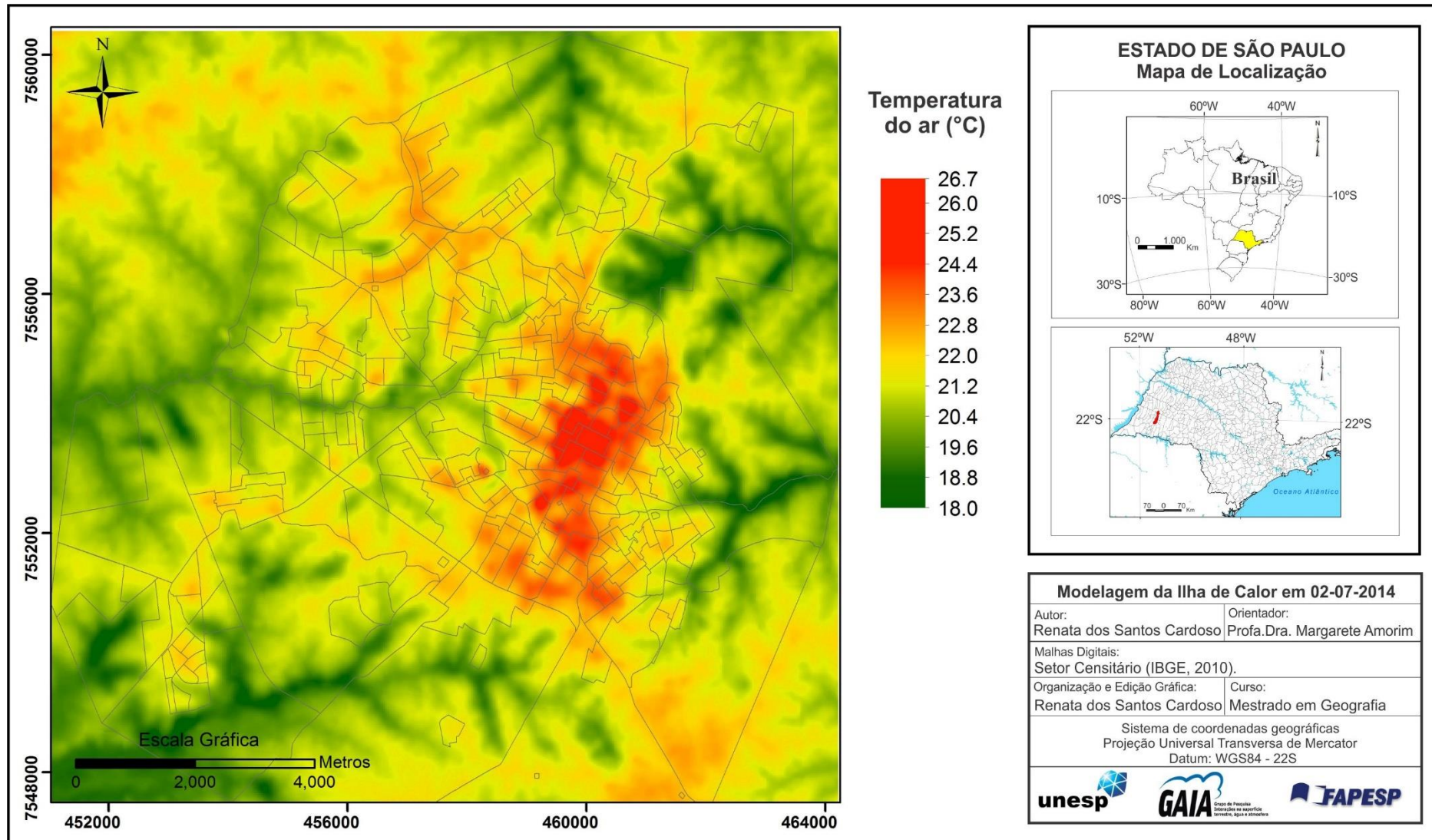
* NDVI calculado a partir de imagens do Landsat 8 de 4 de maio de 2014

O coeficiente de correlação (R) e o coeficiente de determinação (R²) resultantes da fórmula (3) foram iguais aos da modelagem anterior (0,76 e 0,58, respectivamente), o que demonstra a existência de uma relação significativa entre as variações na temperatura do ar e as características das PUCs em duas estações do ano diferentes. O resultado da modelagem no episódio de inverno pode ser observado na Fig. 71, na qual a magnitude da ilha de calor foi de 8,7°C durante a atuação de sistema polar.

As temperaturas estimadas variaram entre 18 e 26,7°C, com os valores mais elevados localizados no centro e centro-sul da cidade. Os bairros residenciais densamente construídos a oeste (COHAB) e sudoeste (Conjunto Habitacional Ana Jacinta) apresentaram temperaturas de até 22,5°C, enquanto nos condomínios fechados localizados ao sul da malha urbana foram verificados valores entre 20,5 e 21°C.

Essas diferenças podem ser explicadas pelas características construtivas e pelo tamanho dos lotes, que nos conjuntos habitacionais são menores e resultam num padrão de adensamento muito maior do que o encontrado nos condomínios de alto padrão, onde há mais espaço para cobertura vegetal. Apesar de a forma urbana ter sido relacionada com a existência de diferentes temperaturas ao ar, no inverno, principalmente, os fundos de vale vegetados foram responsáveis pelas baixas temperaturas estimadas, entre 18 e 20°C.

Figura 71 - Modelagem da Ilha de Calor em Presidente Prudente no dia 02/07/2014



Fonte: Elaborado pela autora

De maneira geral, o procedimento de modelagem da temperatura do ar relacionada com as características da superfície se mostrou eficiente, visto que comprovou estatisticamente que há influência da morfologia urbana e cobertura da terra na atmosfera local. Além disso, os modelos de regressão auxiliaram na avaliação das PUCs e identificação das classes que apresentaram maior correlação com as temperaturas do ar registradas durante os transectos móveis, o que, por conseguinte, possibilitou a seleção das unidades que melhor representam o campo térmico da cidade.

As classes selecionadas a partir das modelagens foram: **2₃** - compacta de média e baixa elevação, **2₄** - construções compactas de média e alta elevação, **3** - compacta de baixa elevação, **3₄** - compacta de baixa e alta elevação, **3_D** - compacta de baixa elevação e vegetação rasteira, **7** - compacta pouco consolidada de baixa elevação, **A** - vegetação arbórea densa e **B** - vegetação arbórea esparsa.

Após a seleção, as Potenciais Unidades Climáticas de Presidente Prudente foram organizadas e descritas de acordo com as folhas síntese elaboradas por Stewart (2011). As folhas correspondentes a cada unidade foram preenchidas com os dados obtidos nos transectos pela cidade, nos modelos de regressão, com ilustrações correspondentes às LCZs e fotografias¹⁰.

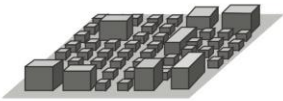
8.2 Definição das Potencias Unidades Climáticas

A PUC 2₃ (Fig. 72) é caracterizada por áreas densamente construídas, com edifícios pequenos e médios, de baixa a média elevação. Os materiais de construção predominantes incluem pedra, cimento, tijolo, com coberturas de cimento, cerâmica e telhados metálicos. A cobertura da terra é em grande parte pavimentada e pouco permeável, com a presença de poucas ou nenhuma árvore.

Consiste em bairros residenciais e comerciais, localizados principalmente na área central da cidade e distribuída ao longo de duas avenidas principais a oeste e a sul, onde o fluxo de tráfego de veículos é elevado. No episódio de verão modelizado, essa PUC apresentou temperatura média do ar de 27,5°C, enquanto no inverno a média foi de 23,1°C.

¹⁰ Vista oblíqua com altitude média (*eye altitude*) de 900 m. GOOGLE. **Google Earth**. Version 7.1.5.1557. 2015. Presidente Prudente-SP. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

Figura 72 - Potencial Unidade Climática 2₃ em Presidente Prudente

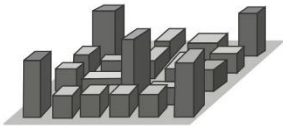
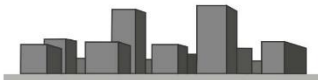
PUC COMPACTA DE BAIXA E MÉDIA ELEVÇÃO		2 ₃
DEFINIÇÃO		
Forma: Densamente construída, com edifícios pequenos e médios, de baixa a média elevação. Materiais de construção pesados (pedra, cimento, tijolo) e telhados de cimento, cerâmica e metálicos. Cobertura da terra em grande parte pavimentada, poucas ou nenhuma árvore. Alto fluxo de tráfego. Função: Residencial e comercial. Localização: Centro da cidade e distribuída ao longo de duas avenidas principais a oeste e a sul.		
ILUSTRAÇÃO		
<i>Vista oblíqua</i> 	  	
<i>Vista lateral</i> 	  	
PROPRIEDADES		
<i>Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta):</i> média		
<i>Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta):</i> alta		
<i>Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto):</i> alto		
<i>Temperatura média do ar (verão - inverno):</i> 27,5 °C - 23,1 °C		
<i>Temperatura média mínima do ar (verão - inverno):</i> 25 °C - 20,1 °C		
<i>Temperatura média máxima do ar (verão - inverno):</i> 28,9 °C - 26,5 °C		

Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011)

A Fig. 73 apresenta a ilustração da PUC 2₄, cuja morfologia das construções é descrita como densamente construída, com edifícios médios e grandes, de média a alta elevação. Os materiais de construção encontrados são o concreto, aço, tijolo e vidro, enquanto os telhados podem ser de cimento, cerâmica ou metálicos.

Com relação à cobertura da terra, essa PUC apresenta baixa permeabilidade e árvores dispersas, e compreende áreas predominantemente comerciais, com fluxo de tráfego alto no centro da cidade. A temperatura média do ar estimada para o verão nessas áreas foi de 27,2°C, e média verificada no inverno foi de 23,9°C.

Figura 73 - Potencial Unidade Climática 24 em Presidente Prudente

PUC		COMPACTA DE MÉDIA E ALTA ELEVÇÃO	24
DEFINIÇÃO			
Forma: Densamente construída, com edifícios médios e grandes, de média a alta elevação. Materiais de construção pesados (concreto, aço, tijolo e vidro) e telhados de cimento, cerâmica e metálicos. Cobertura da terra com baixa permeabilidade e com árvores dispersas. Fluxo de tráfego alto. Função: Comercial. Localização: Centro da cidade.			
ILUSTRAÇÃO			
<i>Vista oblíqua</i> 			
<i>Vista lateral</i> 			
PROPRIEDADES			
<i>Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta):</i> alta			
<i>Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta):</i> alta			
<i>Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto):</i> alto			
<i>Temperatura média do ar (verão - inverno):</i> 27,2 °C - 23,9 °C			
<i>Temperatura média mínima do ar (verão - inverno):</i> 26,3 °C - 21,5 °C			
<i>Temperatura média máxima do ar (verão - inverno):</i> 28,2 °C - 25,7 °C			

Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011)

A PUC 3 (Fig. 74), assim como as descritas anteriormente, caracteriza-se por áreas densamente construídas, mas com edifícios baixos e pequenos. Os materiais construtivos utilizados incluem cimento, tijolo e telhados de fibrocimento e cerâmica. A cobertura da terra encontra-se em grande parte pavimentada, com poucas ou nenhuma árvore dispersa.

As áreas compreendidas nessa PUC são bairros predominantemente residenciais, mas com algum comércio local. Estão localizados por toda a cidade, com concentração nas porções oeste, sudoeste e leste (COHAB, Conjunto Habitacional Ana Jacinta, Jardim Brasília e Vila Líder, por exemplo). Com relação ao seu campo térmico para o verão, a temperatura média do ar estimada foi 27,7°C, enquanto a média estimada para o inverno foi 22,2°C.

Figura 74 - Potencial Unidade Climática 3 em Presidente Prudente

PUC		COMPACTA DE BAIXA ELEVÇÃO	3
DEFINIÇÃO			
Forma: Densamente construída, com edifícios baixos e pequenos. Materiais de construção pesados (pedra, cimento, tijolo) e telhados de fibrocimento e cerâmica. Cobertura da terra na maior parte pavimentada, poucas ou nenhuma árvore. Função: Residencial e comercial. Localização: Distribuída por toda a cidade, com concentração nas porções leste, oeste e sudoeste.			
ILUSTRAÇÃO			
<i>Vista oblíqua</i> 			
<i>Vista lateral</i> 			
PROPRIEDADES			
<i>Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta):</i> baixa <i>Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta):</i> alta <i>Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto):</i> baixo a médio <i>Temperatura média do ar (verão - inverno):</i> 27,7 °C - 22,2 °C <i>Temperatura média mínima do ar (verão - inverno):</i> 25,2 °C - 20 °C <i>Temperatura média máxima do ar (verão - inverno):</i> 29 °C - 25,1 °C			

Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011)

Com características similares à PUC 3, a PUC 34 (Fig. 75) é descrita com forma densamente construída, porém com alguns edifícios maiores e elevados distribuídos entre a aglomeração de construções pequenas e baixas. Apresenta materiais de construção que incluem concreto, aço, tijolo, vidro e telhados de cerâmica e cimento.

Possui cobertura da terra em grande parte impermeável, com poucas ou nenhuma árvore nas calçadas e quintais das residências e comércios, e a localização na área central da cidade implica no alto fluxo de tráfego identificado na PUC 34. A temperatura média do ar estimada nessas áreas para o inverno foi mais elevada do que as anteriores (24,2°C), sendo que a do verão foi 27,6°C.

Figura 75 - Potencial Unidade Climática 3₄ em Presidente Prudente

Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011)

Na Fig. 76 está descrita a PUC 3_D que, assim como as demais mencionadas anteriormente, possui morfologia densamente construída. Entretanto, além dos edifícios baixos e pequenos, com materiais construtivos pesados (pedra, cimento, tijolo) e telhados de fibrocimento e cerâmica, apresenta algumas áreas permeáveis de vegetação rasteira no entorno das pavimentações.

Corresponde às áreas residenciais com algum tipo de comércio, localizadas por toda a malha da cidade, porém com maior concentração nas porções oeste, sudoeste e noroeste. Por sua vez, o fluxo de tráfego identificado durante os transectos em algumas áreas dessa PUC foi de baixo a moderado. A temperatura média do ar estimada no episódio de inverno foi mais baixa do que as encontradas nas PUCs anteriores (21,9°C), enquanto a do verão foi 27,4°C.

Figura 76 - Potencial Unidade Climática 3D em Presidente Prudente

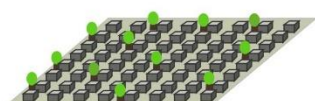
PUC COMPACTA DE BAIXA ELEVACÃO E VEGETAÇÃO RASTEIRA 3D

DEFINIÇÃO

Forma: Densamente construída, com edifícios baixos e pequenos. Materiais de construção pesados (pedra, cimento, tijolo) e telhados de fibrocimento e cerâmica. Cobertura da terra na maior parte pavimentada, poucas ou nenhuma árvore, com algumas áreas permeáveis de vegetação rasteira. Fluxo de tráfego baixo e moderado. **Função:** Residencial e comercial. **Localização:** Manchas espalhadas por toda a cidade, com maior concentração nas porções oeste, sudoeste e noroeste.

ILUSTRAÇÃO

Vista oblíqua



Vista lateral



PROPRIEDADES

Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta): baixa

Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta): alta

Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto): baixo a médio

Temperatura média do ar (verão - inverno): 27,4 °C - 21,9 °C

Temperatura média mínima do ar (verão - inverno): 25,3 °C - 19,9 °C

Temperatura média máxima do ar (verão - inverno): 29,1 °C - 25,8 °C

Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011)

A PUC 7, descrita na Fig. 77, apresenta forma densamente construída, com edifícios baixos e pequenos semelhantes aos da PUC 3, porém com materiais de construção leves e pesados (madeira, pedra, cimento e tijolo), telhados de fibrocimento e de cerâmica, e infraestrutura pouco consolidada quando comparadas às demais PUCs caracterizadas.

A cobertura da terra é pouco permeável, com a coexistência de superfícies pavimentadas e vias ainda com solo exposto, poucas ou nenhuma árvore entre as edificações e entorno próximo vegetado (cobertura arbórea e rasteira). Consiste em bairros residenciais com comércio local, localizados nas porções periféricas norte e nordeste, onde o fluxo de tráfego é baixo. Apresentou temperatura média do ar no verão de 26,3°C e 21,6°C de temperatura média estimada no inverno.

Figura 77 - Potencial Unidade Climática 7 em Presidente Prudente



Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011)

Na Fig. 78 há a síntese da PUC A, cuja forma consiste em paisagens densamente arborizadas e árvores dispersas em terrenos permeáveis com vegetação rasteira. Em seu entorno podem ser verificadas poucas ou nenhuma estrada ou edifício, onde o fluxo de tráfego é nulo ou baixo.

Compreende áreas com floresta remanescente natural de função recreativa urbana, como alguns parques arborizados. Sua localização se estende desde pequenos fragmentos no intraurbano até o entorno rural próximo à cidade e fundos de vale vegetados. A PUC A foi a que apresentou a menor temperatura média mínima do ar no episódio de inverno (18,2°C), sendo que até mesmo a temperatura média do verão (25,5°C) foi a menor estimada entre as demais PUCs.

Figura 78 - Potencial Unidade Climática A em Presidente Prudente

PUC		VEGETAÇÃO ARBÓREA DENSE		A
DEFINIÇÃO				
Forma: Paisagem densamente arborizada. Árvores espaçadas em terreno permeável (vegetação rasteira). Poucas ou nenhuma estrada ou edifício. Baixo ou nenhum fluxo de tráfego. Função: Floresta remanescente natural. Recreação urbana (parque arborizado). Localização: Pequenos fragmentos no intraurbano e entorno rural próximo à cidade.				
ILUSTRAÇÃO				
<i>Vista oblíqua</i> 				
<i>Vista lateral</i> 				
PROPRIEDADES				
<i>Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta):</i> média				
<i>Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta):</i> baixa				
<i>Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto):</i> nulo a baixo				
<i>Temperatura média do ar (verão - inverno):</i> 25,5 °C - 19,8 °C				
<i>Temperatura média mínima do ar (verão - inverno):</i> 23,2 °C - 18,2 °C				
<i>Temperatura média máxima do ar (verão - inverno):</i> 28,4 °C - 24,7 °C				

Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011)

Já a PUC B (Fig. 79) apresenta paisagens levemente arborizadas, com a presença de árvores dispersas em áreas permeáveis cobertas por vegetação rasteira. É possível verificar a presença de vias e edifícios próximas a essa PUC, que lhe conferem fluxo de tráfego moderado a alto. Consiste em áreas com vegetação arbórea remanescente natural ou replantio, utilizadas para a recreação urbana (parques e áreas verdes).

Pode ser encontrada no intraurbano, como o Parque do Povo, mas a maior concentração está no entorno rural próximo. As temperaturas médias do ar estimadas foram mais elevadas em comparação à PUC A, visto que no episódio de verão foi de 27,1°C, enquanto a média verificada no inverno foi 21,6°C.

Figura 79 - Potencial Unidade Climática B em Presidente Prudente

PUC	VEGETAÇÃO ARBÓREA ESPARSA	B	
DEFINIÇÃO			
Forma: Paisagem levemente arborizada. Árvores dispersas em terreno permeável (vegetação rasteira). Presença de vias e edifícios. Fluxo de tráfego moderado a alto. Função: Vegetação arbórea remanescente natural ou replantio. Recreação urbana (parques, áreas verdes). Localização: Cidade e maior concentração no entorno rural próximo.			
ILUSTRAÇÃO			
<i>Vista oblíqua</i> 			
<i>Vista lateral</i> 			
PROPRIEDADES			
<i>Altura da rugosidade superficial (baixa - média - alta):</i> baixa			
<i>Fração de superfície impermeável (baixa - média - alta):</i> baixa			
<i>Fluxo de tráfego (nulo - baixo - médio - alto):</i> nulo a baixo			
<i>Temperatura média do ar (verão - inverno):</i> 27,1 °C - 21,6 °C			
<i>Temperatura média mínima do ar (verão - inverno):</i> 24,4 °C - 19,8 °C			
<i>Temperatura média máxima do ar (verão - inverno):</i> 28,5 °C - 23,2 °C			

Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011)

Essa descrição das PUCs 2₃, 2₄, 3, 3₄, 3_D, 7, A e B possibilitou identificar os elementos que as distinguem entre si e conhecer os fatores que mais interferem na temperatura do ar próximo à superfície de cada uma. É interessante como unidades com características de forma e geometria semelhantes também apresentaram diferenças no campo térmico, mais relacionadas à cobertura vegetal, relevo e fluxo de tráfego de veículos.

Por outro lado, a adoção do esquema de folhas síntese permitiu comparar como as diferenças de temperatura aumentam gradativamente à medida em que as propriedades das PUCs são mais distintas umas das outras. Enquanto as diferenças da temperatura média do ar estimada entre as PUCs 2₃ (compacta de baixa e média elevação) e 2₄ (compacta de média e alta elevação) foram de 0,3°C no verão e 0,8°C no inverno, as diferenças na temperatura média

entre as PUCs 2₃ e 7 (compacta pouco consolidada de baixa elevação) foram de 1,2°C e 1,5°C, respectivamente.

Apesar dos padrões dos materiais construtivos das PUCs 2₃ e 7 serem distintos, essas unidades apresentam morfologia semelhantes, mas com coberturas da terra distintas. Nesse caso, a diferença de até 1,5°C na temperatura média possui relação direta com a presença de cobertura vegetal na unidade 7, o que ressalta o papel da vegetação como uma estratégia viável e eficaz para amenizar o aquecimento urbano.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maior parte dos estudos do clima urbano está relacionada às análises da ilha de calor, que segundo Landsberg (1981), é o reflexo da totalidade das mudanças microclimáticas produzidas pela interação do espaço urbano em decorrência da ação antrópica. Dependendo da escala temporal e do procedimento realizado para investigar esse fenômeno, os resultados certamente serão diferentes.

Apesar da existência de diversos procedimentos de investigação do clima urbano e da ilha de calor, muitas análises e conclusões são feitas com base em apenas uma metodologia específica, o que pode levar à generalização das causas e dos efeitos do clima na sociedade. Dessa forma, toda a complexidade do sistema climático pode ser reduzida, deixando de fora a análise de uma série de aspectos que seriam fundamentais para a sua compreensão e divulgação ampla dos resultados.

Nesse sentido, esse estudo buscou aplicar metodologias de pesquisa que associam as medições de dados meteorológicos, os produtos cartográficos com informações da superfície urbana e o mapeamento de padrões paisagísticos que podem influenciar as condições locais do clima de forma diferente. Sendo que na parte inicial da pesquisa, o levantamento e a organização de dados meteorológicos e da superfície urbana de Presidente Prudente foram fundamentais para o diagnóstico das ilhas de calor.

A forma de espacialização dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar no aplicativo Surfer contribuiu na visualização da ilha de calor como um fenômeno móvel, cujos bolsões de ar mais aquecido se deslocam com a ação do vento. E, apesar das críticas existentes a esse procedimento devido à extrapolação dos dados para áreas sem medições, ele se mostrou válido para o propósito da pesquisa, visto que as análises dos seus produtos consideraram os pontos medidos e o visual auxiliou na interpretação das ilhas de calor.

Além disso, os produtos cartográficos gerados no Surfer foram complementados com os mapas elaborados no ArcGIS, no qual somente os pontos com dados meteorológicos medidos estão plotados na malha. Por sua vez, as variações pontuais de temperatura do ar ao longo dos transectos permitiram uma avaliação mais apropriada dos fatores que poderiam estar associados às diferenças de temperatura de uma quadra para outra (relevo, vegetação, tráfego de veículos, características construtivas etc.).

Em sequência, optou-se pela junção dos produtos interpolados (Surfer) e plotados (ArcGIS) com os gráficos das variações de temperatura do ar e umidade específica nos percursos ilustrados dos transectos móveis. Assim, a organização das representações dos dados

meteorológicos em uma só imagem facilitou a interpretação mais detalhada das diferenças que ocorrem no entorno rural próximo e, principalmente, no intraurbano.

Por último, as modelagens espaciais e temporais da ilha de calor foram essenciais para os resultados. Apesar do produto cartográfico final, muitas vezes, atribuir um novo valor para um ponto que a princípio foi medido, o procedimento de estimar a temperatura do ar relacionada com as características da superfície se mostrou eficiente, visto que comprovou estatisticamente que há influência da morfologia urbana e cobertura da terra na atmosfera local. Além disso, os modelos de regressão auxiliaram na avaliação das PUCs e identificação das classes que apresentaram maior correlação com as temperaturas do ar registradas durante os transectos móveis, o que, por conseguinte, possibilitou a seleção das unidades que melhor representam o campo térmico da cidade.

Portanto, a partir dessa opção metodológica, obteve-se um conjunto de dados que foi organizado de modo padronizado, a fim de identificar os fatores responsáveis pela dinâmica das potenciais unidades climáticas e pensar em medidas que visem a mitigação dos efeitos da ilha de calor urbana.

As PUCs se apresentam como uma nova forma de definir a magnitude das ilhas de calor, ou seja, através de diferenças de temperatura entre as unidades. Ao contrário das definições mais tradicionais baseadas na diferença entre o urbano e o rural, esta abordagem relaciona a temperatura do ar à morfologia da superfície (altura e densidade de construções) e à cobertura da terra (impermeável, vegetação rasteira e vegetação arbórea).

Nesse sistema, a ilha de calor não é descrita como um único fenômeno tendo apenas uma magnitude, mas como uma composição de partes locais e de microescala que apresentam tantas magnitudes quantas combinações entre unidades forem identificadas. Além disso, o sistema de classificação proposto por Stewart (2011) e aplicado nessa pesquisa tem potencial como uma ferramenta de planejamento.

Através do mapeamento do terreno e do clima, cidades e regiões podem ser classificadas em unidades de escala local para produzir mapas padronizados. Estes mapas podem então ser manipulados de formas variadas, tais como a delimitação espacial de áreas onde a magnitude da ilha de calor pode ser antecipada e a avaliação de intervenções locais que minimizem as altas temperaturas (plantio de árvores, manutenção de áreas verdes urbanas, substituição de materiais construtivos inadequados para o contexto climático do local) etc.

Assim, as PUCs podem ser utilizadas tanto como subsídio às intervenções quanto material de apoio ao planejamento urbano. A síntese de informações tem potencial para ser utilizada como um banco de dados, ao mesmo tempo em que ilustra os tipos de padrões

paisagísticos cujas características implicam em perda da qualidade ambiental e de vida da população.

9.1 Apontamentos e sugestões para trabalhos futuros

O sistema de classificação da paisagem para as observações de ilha de calor aplicado nesse estudo consiste em uma generalização e não abrange todas as particularidades de cada local. Por isso, a uniformidade retratada nas LCZs muitas vezes pode não ser encontrada na realidade paisagística das cidades, com exceção dos ambientes planejados, como parques e conjuntos habitacionais, facilmente identificados em Presidente Prudente. Contudo, o sistema foi construído com componentes que podem ser combinados em subclasses e adaptável às características locais da maioria das cidades.

Com relação ao campo térmico das PUCs mapeadas, é importante realçar que há variações em microescala, visto que as superfícies e os materiais urbanos possuem propriedades térmicas que diferem da média. Portanto, quando se fala da uniformidade térmica das potenciais unidades climáticas, a referência diz respeito à condição média local dessas características.

Assim como o fez Stewart (2011), ao analisar as temperaturas observadas nas classes das PUCs de Presidente Prudente, deve-se considerar os desafios das medições móveis. O levantamento com automóveis está sujeito a algumas limitações, uma vez que as medições são feitas acima de estradas pavimentadas e em locais acessíveis aos carros. As medições de temperatura nas PUCs de árvores densas e esparsas, por exemplo, foram feitas acima de vias asfaltadas e abaixo das copas das árvores, condições que não são rigorosamente representantes daquelas unidades.

Uma abordagem alternativa para os transectos móveis envolveria medições com sensores de temperatura em pontos fixos. A partir da escolha de locais relativamente homogêneos, que apresentem melhor correspondência com as LCZs, seria possível delimitar sua área de influência aproximada e definir a localização dos pontos de medição representativos de cada unidade climática.

Já os modelos utilizados para estimar a temperatura do ar e estabelecer correlações entre os dados meteorológicos e as PUCs também estão sujeitos a erro. Desse modo, os resultados devem ser analisados com cautela a fim de evitar a simplificação excessiva das interações entre a superfície e a atmosfera.

Por outro lado, destaca-se que os resultados observacionais e da modelagem dão suporte à estrutura do sistema de classificação, tendo em vista que as diferenças de temperatura foram

em grande parte impulsionadas pela morfologia das construções e pela cobertura da terra. Além disso, para a investigação das diferenças térmicas entre as unidades, sugere-se a escolha de medições durante noites de céu claro e calmaria, condições que ressaltaram os contrastes entre as PUCs em Presidente Prudente.

Conforme foi identificado na análise do campo térmico da cidade, o fluxo antropogênico desempenha um papel importante no aumento da temperatura do ar, o que ressalta a importância e necessidade de mensurar e inserir esse dado na modelagem. Assim, será possível avaliar a relação dessa variável com os dados de temperatura e avançar na caracterização mais detalhada das potências unidades climáticas.

Notou-se também que a correspondência entre os locais na paisagem e as classes das PUCs podem mudar ao longo do tempo, em decorrência de alterações na forma construída e na cobertura da terra. Essas mudanças foram observadas, principalmente, nos locais com novos loteamentos e conjuntos habitacionais, que chamaram a atenção para a necessidade de atualização das unidades classificadas.

Outro aspecto importante, também abordado por Stewart (2011), diz respeito à necessidade de realizar mais pesquisas com esse sistema de classificação em outras cidades, regiões e climas, sobretudo em cidades tropicais, onde dados dos estudos de caso podem contribuir para melhorar o design e as características geográficas do sistema.

Nesse estudo, em particular, optou-se em manter a nomenclatura PUC para as unidades classificadas em Presidente Prudente porque outros elementos importantes do clima não foram trabalhados com a mesma ênfase que se deu à temperatura do ar. Dessa forma, além do campo térmico, sugere-se avançar na investigação das diferenças dos fluxos de vento, umidade, precipitação, balanços de energia e radiação para justificar a designação “climática” das unidades e possibilitar uma interpretação mais fidedigna do clima urbano.

NOTA

Uma versão do Capítulo 3 foi publicada: CARDOSO, R. S.; AMORIM, M. C. C. T. Análise do clima urbano a partir da segregação socioespacial e socioambiental em Presidente Prudente-SP, Brasil. **GEOSABERES**: Revista de Estudos Geoeducacionais, v. 6, p. 122-136, 2015.

Uma versão do Capítulo 6 está em preparação para publicação: CARDOSO, R. S.; AMORIM, M. C. C. T. 2016.

Uma versão dos Capítulos 7 e 8 foi submetida para publicação: CARDOSO, R. S.; AMORIM, M. C. C. T. Classificação de paisagens urbanas e rurais através de *Local Climate Zones* (LCZ) e modelos de regressão. 2016.

REFERÊNCIAS

- ABREU, D. S. **Formação histórica de uma cidade pioneira paulista**: Presidente Prudente. Presidente Prudente: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, 1972. 339p.
- ALEXANDER, P. J.; MILLS, G. Local Climate Classification and Dublin's Urban Heat Island. *Atmosphere*, 2014, 5, 755-774; doi:10.3390/atmos5040755.
- AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. São Paulo, 2000. 378p. Tese (Doutorado em Geografia) - FFLCH - USP.
- AMORIM, M. C. C. T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP. *Geosul*, v. 20, n. 39: 65-82, UFSC – Florianópolis/Brasil, 2005.
- AUER, A. H. Correlation of Land Use and Cover with Meteorological Anomalies. *J. Appl. Meteor.*, 17, 636–643, 1978.
- BARBIRATO, G. M. **Clima e cidade**: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos. Maceió: EDUFAL, 2007.
- BARRIOS, N. A. Z.; SANT'ANNA NETO, J. L. A circulação atmosférica no extremo oeste paulista. *Boletim climatológico*, Presidente Prudente, v.1, n.1, p.8-9, março 1996.
- BECHTEL, B.; LANGKAMP, T.; BÖHNER, J.; DANEKE, C.; OßENBRÜGGE, J.; SCHEMPP, S. Classification and modelling of urban micro-climates using multisensoral and multitemporal remote sensing data. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B8, 2012 XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia. Disponível em: < <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXIX-B8/463/2012/isprsarchives-XXXIX-B8-463-2012.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.
- BORNSTEIN, R. D. Observations of urban heat island effect in New York City. *Journal of Applied Meteorology*. 7: 575-582, 1968.
- CAMACHO, V. A. L. **Problematizando mudanças espaciais e temporais entre os censos dos anos 2000 e 2010**: Os mapas da exclusão/inclusão social de Presidente Prudente/SP. Presidente Prudente-SP. 2013, 91f. Monografia (Bacharel em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- 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.
- CHANDLER, T. J. **The climate of London**. Hutchinson: London, 1965. Disponível em: <http://urban-climate.org/documents/TonyChandler_TheClimateOfLondon.pdf>. Acesso em: 23 out. 2013.
- COLLISHON, E. **O campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre**: análise a partir da interação entre as variáveis ambientais na definição do clima urbano. Dissertação

(Mestrado). Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

COLLISCHONN, E.; MATTOS, G. P. Classificação de ambientes termicamente homogêneos para estudos de clima na camada do dossel urbano - metodologia e aplicação à cidade de Pelotas/RS. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 9, p. 56-67, 2011.

COLLISCHONN, E.; MATTOS, G. P. Aplicação de metodologia de classificação de ambientes termicamente homogêneos para estudos de clima urbano em sistema de informações geográficas. **GEONORTE**, v. 1, p. 1322-1334, 2012.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. 3 ed. Atual, São Paulo. 1998.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS - CPTEC/INPE. **El Niño e La Niña**. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 21 set. 2015.

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.

ELIASSON, I. Intra-urban nocturnal temperature differences: multivariate approach. **Climate Research** 7: 21-30, 1996.

ELLEFSEN, R. Mapping and measuring buildings in the urban canopy boundary layer in ten US cities. **Energy and Buildings**, 1990/91, 15-16: 1025-49.

EVELYN, J. **Fumifugium**. London, England: His Majesties Command, 1661. Disponível em: <http://www.iaqm.co.uk/text/resources/reports/fumifugium_mmxi.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2015.

FERNANDES, S. A. S. **Territorialização das políticas habitacionais em Bauru e Presidente Prudente. A atuação da CDHU, COHAB-CRHS e COHAB-Bauru**. 1998. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

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.

FIALHO, E. S. Unidades climáticas urbanas: o caso da Ilha do Governador-RJ. **Revista de C. Humanas**, Vol. 10, Nº 1, p. 26-46, jan./jun. 2010. Disponível em: <<http://www.cch.ufv.br/revista/pdfs/artigo2vol10-1.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2014.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Editorial síntesis, S.A., 1995. 285p.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org) **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

HOWARD, L. **The Climate of London**: Deduced from Meteorological Observations, Made at Different Places in the Neighbourhood of the Metropolis. 1 ed. Londres: W. Phillips, George Yard, Lombard Street, 1818, v.1. Disponível em: < http://www.urban-climate.org/documents/LukeHoward_Climate-of-London-V1.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **População estimada 2014**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/232SS>>. Acesso em: 9 abr. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geológico do Estado de São Paulo: 1:500.000**. São Paulo: IPT, vol. I, 1981, p. 46-8; 69 (Publicação IPT 1184).

JARDIM, C. H. **Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas**. 338f. Dissertação (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências da Unicamp, Campinas, 2007.

KRAYENHOFF, S., STEWART, I. D.; OKE, T. R. Estimating thermal responsiveness of local-scale climate ‘zones’ with a numerical modeling approach. Preprints, **T. R. Oke Symposium & Eighth Symposium on Urban Environment**, January 11–15, Phoenix, AZ, 2009.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. Academic Press: New York, 1981.

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

LOWRY, W. P. Empirical estimation of the urban effects on climate: A problem analysis. **J. Appl. Meteorol.**, 16, 129–135, 1977.

MARACCI, M. T. **O movimento por moradia e políticas de Estado no contexto da produção do espaço-território urbano em Pres. Prudente**. 1999. Dissertação (mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

MENDONÇA, F. Clima e Planejamento urbano em Londrina – proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo térmico. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org) **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MIDDEL, A.; HÄB, K.; BRAZEL, A. J. MARTIN, C. A.; GUHATHAKURTA, S. Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. **Landscape and Urban Planning**, 122, 16–28, 2014, doi:10.1016/j.landurbplan.2013.11.004.

MIÑO, O. A. S. **Os Espaços de Sociabilidade Segmentada**: a produção do espaço público de Presidente Prudente. Presidente Prudente, 2004. 224 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

MIYAZAKI, V. K. **Um estudo sobre o processo de aglomeração urbana**: Álvares Machado, Presidente Prudente e Regente Feijó. Presidente Prudente: [s.n.], 2008.171 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **Geosul**, Florianópolis: Edufsc, n. 9, ano V, p. 7-19, 1990a.

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

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

MONTEIRO, A. Desenvolvimento, sustentabilidade ou a busca por um melhor índice de felicidade bruta – a contribuição da climatologia urbana. In: LEMOS, A. I. G.; GALVANI, E. (Org.). **Geografia, tradições e perspectivas: Interdisciplinaridade, meio ambiente e representações**. 1 ed. Buenos Aires: CLACSO; São Paulo: Expressão Popular, 2009. v. 1. 284p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias aplicadas**. 4. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2011.

MYRUP, L. O. A Numerical Model of the Urban Heat Island. **J. Appl. Meteor.**, 8, 908–918. 1969.doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450\(1969\)008<0908:ANMOTU>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(1969)008<0908:ANMOTU>2.0.CO;2).

NDUKA, I. C.; ABDULHAMED A. I. Classifying Urban Climate Field Sites by “Thermal Climate Zones” the Case of Onitsha Metropolis. **Research Journal of Environmental and Earth Sciences**, 3(2): 75-80, 2011.

NUNES, J. O. R. Caracterização dos aspectos ambientais da Região Administrativa de Presidente Prudente. In: WHITACKER, A. M.; MELAZZO, E. S. (coord.) **Conjuntura Prudente 2011**. Presidente Prudente, FCT/UNESP, 2011.

NUNES, J. O. R.; FREIRE, R.; PEREZ, Y. U. A Geomorfologia de Presidente Prudente – SP. In: WHITACKER, A. M.; MELAZZO, E. S. (coord.) **Conjuntura Prudente 2011**. Presidente Prudente, FCT/UNESP, 2011.

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& Ltd A. Halsted Press Book, 1978.372 p.

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

OKE, Timothy R. **Review of urban climatology**: 1973-1976. Geneva: World Meteorological Organization, 1979 (WMO Technical Note, n. 169).

OKE, T. R. **The energetic basis of the urban heat island**. Quarterly Journal Royal Meteorological Society, 108, 1982, p. 1-24.

OKE, T. R. Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites. **IOM Report 81**, WMO/TD. No. 1250. World Meteorological Organization, Geneva, 2006. Disponível em < <http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-81/-UrbanMetObs.pdf> > Acesso em: ago. 2012.

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

PULIAFITO, S. E.; BOCHACA, F. R.; ALLENDE, D. G.; FERNANDEZ, R. Green Areas and Microscale Thermal Comfort in Arid Environments: A Case Study in Mendoza, Argentina, **Atmospheric and Climate Sciences**, Vol. 3 No. 3, 2013, pp. 372-384. doi: 10.4236/acs.2013.33039.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.10, p.41-56, 1996.

SANT'ANNA NETO, J. L. (org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente, 2002, 227p.

SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J. T. G. **O tempo e o clima de Presidente Prudente**. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2009.

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.

SANT'ANNA NETO, J. L. Desafios da climatologia geográfica no Brasil: da competência técnica ao compromisso social. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S. (Org.). **Concepções e Ensaio da Climatologia Geográfica**. 1ed. Dourados: Editora da UFGD, 2012, v. 1, p. 13-38.

SANTOS, M. **Manual de geografia urbana**. Hucitec. São Paulo, 1981.

SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. São Paulo. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura. FAUUSP, São Paulo.

SILVA, R. B. A segregação sócio espacial urbana em Presidente Prudente-SP. **Revista da Católica**, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 81-104, 2009.

SPOSITO, E. S. **Produção e apropriação da renda fundiária urbana em Presidente Prudente**. 1990. Tese (Doutorado em Geografia) – USP, São Paulo.

SPOSITO, E. S. Presidente Prudente: crítica da formação histórica. In: WHITACKER, A. M.; MELAZZO, E. S. (coord.) **Conjuntura Prudente 2011**. Presidente Prudente, FCT/UNESP, 2011.

SPOSITO, M. E. B. **O chão em Presidente Prudente**: a lógica da expansão territorial urbana. 1983. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UNESP, Rio Claro.

SPOSITO, M. E. B. Presidente Prudente: que cidade é esta? In: WHITACKER, A. M.; MELAZZO, E. S. (coord.) **Conjuntura Prudente 2011**. Presidente Prudente, FCT/UNESP, 2011.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Newly developed “thermal climate zones” for defining and measuring urban heat island magnitude in the canopy layer. Preprints, **T. R. Oke Symposium & Eighth Symposium on Urban Environment**, January 11–15, Phoenix, AZ, 2009a.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Classifying climate field sites by “local climate zones”: the case of Nagano, Japan. **The Seventh International Conference on Urban Climate**, 29 June - 3 July 2009b, Yokohama, Japan. Disponível em: <http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended_abstracts/pdf/385055-1090515165722002.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2013.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Thermal differentiation of local climate zones using temperature observations from urban and rural field sites. **Preprint, Ninth Symposium on Urban Environment**, Keystone, CO, August 2-6, 2010.

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.

TARIFA, J. R. Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos (SP). **Geografia**, v.2, n.4, p.59-80, outubro 1977.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. As Unidades Climáticas Urbanas da Cidade de São paulo: os climas e a (re) produção do espaço nas metrópoles. In: 8º Encuentro de geógrafos de América Latina, 2001, Santiago. Anais do 8º Encuentro. Santiago: USC, 2001.

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

UNITED NATION. Department of Economic and Social Affairs: Population Division. World Urbanization Prospects, the 2014 revision. **Urban and Rural Areas 2014** (Wall Charts). 2014. Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wup/wallcharts/>>. Acesso em: 7 abr. 2015.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO ESTATÍSTICA APLICADA. **Análise de Regressão**: Notas de aula. Disponível em: <http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0516/Apostila_Regressao_Linear.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2015.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. **Landsat 8**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 2013.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Radiometric Temperatures of Urban Canyon Walls obtained from Vehicle Traverses. **Theor. Appl. Climatol.** 60, 199-217 (1998).

APÊNCIDE A - Mapa de bairros de Presidente Prudente-SP

