



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

RENATA DOS SANTOS CARDOSO

**O CAMPO E A CIDADE EM PRESIDENTE PRUDENTE: UMA
CONTRIBUIÇÃO AOS ESTUDOS DE CLIMA URBANO**

Presidente Prudente
2012





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

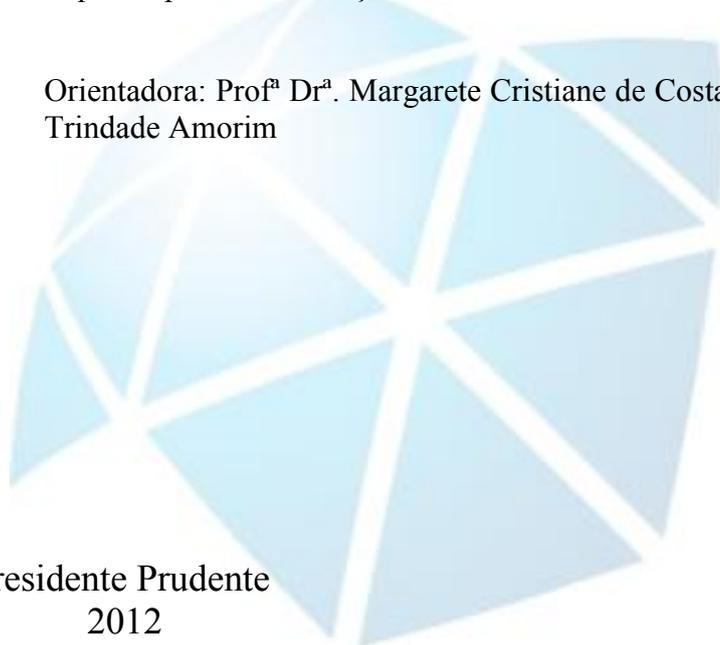
RENATA DOS SANTOS CARDOSO

**O CAMPO E A CIDADE EM PRESIDENTE PRUDENTE: UMA
CONTRIBUIÇÃO AOS ESTUDOS DE CLIMA URBANO**

Monografia apresentada ao Conselho do Curso de Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente – UNESP, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Presidente Prudente
2012



FICHA CATALOGRÁFICA

Cardoso, Renata dos Santos.
C266c O campo e a cidade em Presidente Prudente : uma contribuição aos estudos de clima urbano / Renata dos Santos Cardoso. - Presidente Prudente: [s.n], 2012
95 f. : il.

Orientador: Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim
Trabalho de conclusão (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Clima Urbano. 2. Temperatura e Umidade Relativa do Ar. 3. Temperatura da Superfície. I. Amorim, Margarete Cristiane de Costa Trindade. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

Renata dos Santos Cardoso

**O campo e a cidade em Presidente Prudente: uma contribuição aos estudos
de clima urbano**

Comissão Examinadora

Prof.^a. Dr.^a. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim
(Orientadora)

Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli
(FCT/UNESP)

Doutoranda Gislene Figueiredo Ortiz
(FCT/UNESP)

Renata dos Santos Cardoso
(Bacharelanda)

RESULTADO:

Presidente Prudente-SP, novembro de 2012

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Prof^a. Dr^a. Margarete Amorim pela oportunidade e orientação durante estes quatro anos. Seu apoio, confiança, críticas e sugestões foram essenciais no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao CNPq e à FAPESP pelo apoio financeiro durante a graduação.

A grande amiga Aline Camargo e sua avó Maria, que me receberam com carinho no início dessa nova etapa.

Aos colegas e amigos de faculdade pelo convívio, aprendizagem e conversas, em especial a Aninha, Larissa, Maryna e Suelen, com quem dividi momentos felizes e de frustrações e sem as quais o caminho até aqui não teria sido o mesmo.

A Janaina Moreira e Lara Araújo pelas risadas e descontração no dia-a-dia, pela compreensão e amizade.

A Deus pela vida e por ter ao meu lado a pessoa mais importante, minha mãe Marisa, cujo amor me conforta e me faz seguir em frente mesmo nas horas difíceis.

Aos demais amigos e familiares que sempre me incentivaram e que de alguma forma contribuíram para o resultado deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
3 O CLIMA NAS CIDADES E AS ILHAS DE CALOR.....	25
3.2. Sensoriamento remoto aplicado aos estudos de clima urbano.....	33
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	41
4.1. Formação histórica de Presidente Prudente	43
4.2. Caracterização dos pontos de medição dos dados meteorológicos.....	45
4.3. O clima em Presidente Prudente	47
5 CONDIÇÕES SINÓTICAS E SUAS REPERCUSÕES NA SUPERFÍCIE.....	51
5.1. Análise dos sistemas atmosféricos em maio de 2010	51
5.2. Análise dos sistemas atmosféricos em fevereiro de 2011.....	54
6 ANÁLISES DAS DIFERENÇAS TÉRMICAS E HIGROMÉTRICAS ENTRE O CAMPO E A CIDADE EM PRESIDENTE PRUDENTE	58
6.1. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de maio de 2010	58
6.1.1. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de maio de 2010 às 4h.....	58
6.1.2. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de maio de 2010 às 10h.....	60
6.1.3. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de maio de 2010 às 16h.....	62
6.1.4. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de maio de 2010 às 20h.....	64
6.2. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de fevereiro de 2011	67
6.2.1. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de fevereiro de 2011 às 4h.....	67
6.2.2. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de fevereiro de 2011 às 10h.....	69
6.2.3. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de fevereiro de 2011 às 16h.....	71

6.2.4. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de fevereiro de 2011 às 20h.....	73
7 CARTAS DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE EM PRESIDENTE PRUDENTE.....	76
7.1. Análise da temperatura da superfície de 23 de fevereiro de 2003	76
7.2. Análise da temperatura da superfície de 14 de maio de 2003	83
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração do satélite Landsat 7.....	36
Figura 2 - Localização de Presidente Prudente no Estado de São Paulo.....	42
Figura 3 - Imagem do Bairro Santa Helena.....	46
Figura 4 - Imagem do ambiente rural.....	47
Figura 5 - Trajetos preferenciais das massas de ar que atingem o oeste paulista.....	48
Figura 6 - Análise rítmica - Presidente Prudente-SP - maio de 2010 - 10h.....	52
Figura 7 - Análise rítmica - Presidente Prudente-SP - fevereiro de 2011 - 10h.....	56
Figura 8 - Carta da temperatura da superfície de 23 de fevereiro de 2003.....	78
Figura 9 - Entorno do Ponto 1 (2003).....	79
Figura 10 - Entorno do Ponto 2 (2003).....	79
Figura 11 - Entorno do Ponto 2 (2006).....	80
Figura 12 - Entorno do Ponto 3 (2003).....	81
Figura 13 - Entorno do Ponto 3 (2003).....	81
Figura 14 - Entorno do Ponto 4 (2006).....	81
Figura 15 - Entorno do Ponto 4 (2006).....	81
Figura 16 - Entorno do Ponto 5 (2003).....	82
Figura 17 - Entorno do Ponto 6 (2003).....	82
Figura 18 - Entorno do Ponto 7 (2003).....	83
Figura 19 - Entorno do Ponto 8 (2003).....	83
Figura 20 - Entorno do Ponto 9 (2006).....	83
Figura 21 - Entorno do Ponto 10 (2006).....	83
Figura 22 - Carta da temperatura da superfície de 14 de maio de 2003.....	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráficos 1 e 2 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 4h.....	67
Gráficos 3 e 4 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 10h.....	67
Gráficos 5 e 6 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 16h.....	67
Gráficos 7 e 8 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 20h.....	67
Gráficos 9 e 10 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 4h.....	76
Gráficos 11 e 12 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 10h.....	76
Gráficos 13 e 14 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 16h.....	76
Gráficos 15 e 16 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 20h.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Elementos da fórmula de conversão para radiância.	22
Tabela 2 – ETM + Faixa de radiância espectral [W/(m ² sr μm)].....	23
Tabela 3 – ETM + Constantes de calibração da banda termal.	24
Tabela 4 – Propriedades radiativas de materiais urbanos.	26
Tabela 5 – Propriedades radiativas de materiais rurais.	26
Tabela 6 – Emissividade de 8 – 14 μm para materiais selecionados.....	35
Tabela 7 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 4h.....	59
Tabela 8 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 10h.....	61
Tabela 9 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 16h.....	63
Tabela 10 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 20h.....	65
Tabela 11 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 4h.	68
Tabela 12 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 10h.	70
Tabela 13 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 16h.	72
Tabela 14 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e cidade de Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 20h.	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Canais de percepções, Teoria e Clima Urbano.	20
Quadro 2 – Aspectos da urbanização, que mudam o ambiente físico e levam a alterações na troca de energia e condições térmicas, em comparação à periferia.....	28

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Fórmula para conversão dos números digitais para radiância.....22

Equação 2 - Fórmula para conversão dos valores em radiância para temperatura Kelvin.....23

RESUMO

O processo de urbanização é bastante expressivo na modificação do clima na escala local, pois as formas materiais assumidas pela cidade, bem como as atividades que nela se desenvolvem, provocam anomalias nos elementos do clima como a temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento. Destes, a temperatura tem se destacado nos estudos sobre o clima urbano, pois as características da área urbana promovem seu aumento tanto no ar quanto nos alvos da superfície. Nesse sentido, este estudo objetivou detectar as anomalias térmicas intraurbanas e suas magnitudes, relacionando-as com os tipos de uso e ocupação da superfície do solo no município de Presidente Prudente-SP. Para tanto, foram realizadas análises das diferenças térmicas e higrométricas entre o urbano e o rural em dias representativos do inverno e do verão, e a verificação da temperatura da superfície através do sensoriamento remoto no infravermelho termal. Os resultados apresentaram que os tipos de tempo, assim como as características da superfície foram responsáveis pelas maiores ou menores diferenças entre a área urbana e a rural, o que demonstra a importância de se adequar o planejamento urbano às características do ambiente local.

Palavras-chave: Clima urbano, temperatura do ar, umidade relativa do ar, Landsat 7, temperatura da superfície, Presidente Prudente.

ABSTRACT

The urbanization process is very significant in climate change on a local scale, because urban materials and activities cause anomalies on climatic elements such as air temperature, relative humidity, wind speed and direction. Of these, the temperature has been highlighted in urban climate studies due to the city's surface characteristics which promote its increase both in the air and on the surface targets. Therefore, this study aimed to detect thermal intra-urban anomalies and their magnitudes, relating them to the types of land use and occupation in Presidente Prudente. Thus, analyzes of thermal and hygrometric differences between the urban and rural areas were done on typical days in winter and summer, and the surface temperature was verified by thermal infrared remote sensing. The results presented that the types of weather as well as the city's surface characteristics were responsible for the largest and smallest differences among the urban and rural areas, which demonstrate the importance of adequate urban planning for the local environment characteristics.

Keywords: Urban climate, air temperature, relative air humidity, Landsat 7, surface temperature, Presidente Prudente.

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial ocorrida nos séculos XVIII e XIX incitou o aumento da produção e conseqüentemente da população urbana, visto que o crescimento da indústria e do comércio tornou as cidades um lugar atrativo para a população rural que deixava o campo em busca de melhores condições de vida.

O processo de urbanização, característico dos países industrializados, é recente no Brasil. Trata-se de um fenômeno que cresceu significativamente a partir do século XX, com um pequeno aumento da população urbana e diminuição da rural na década de 1940, e valores mais expressivos na década de 1950.

De acordo com Santos (1981, p. 3), “no início do século XIX a população urbana brasileira era menos de 2%; na metade do século XX a população urbana havia crescido para 21% e na década de 1980 os números já chegavam à 41,5%”. De acordo com Conti (1998), em 1991 a população urbana já era de mais de 74% e, segundo os dados divulgados pelo Censo do IBGE de 2010, 84,35% da população brasileira vive nas cidades.

Em contrapartida ao crescente processo de urbanização, as cidades brasileiras não dispunham de infraestrutura que comportasse o grande contingente populacional, o que resultou na emergência de uma série de problemas socioambientais. Tais eram a falta de moradia ou condições insalubres de habitação, falta de saneamento básico, de abastecimento de água, uso inadequado da superfície do solo urbano, ocupação em áreas de risco, entre vários outros que interferiam na qualidade de vida da população.

Monteiro (1976) destaca que as cidades são o lugar de mais efetiva interação entre o homem e a natureza, e, mesmo ocupando pequenas parcelas do território, constituem a maior transformação da paisagem natural, apresentando diferentes formas de poluição do ar, água, solo e subsolo, incluindo modificações na morfologia e estrutura do ambiente urbano.

Percebe-se assim que as formas de construções nas cidades remetem ao processo de adaptação do homem ao meio natural, e ao longo do tempo foram se distanciando das características do seu entorno. Em virtude do desenvolvimento tecnológico e da descoberta de novos materiais, as tradições locais próprias de adaptação ao sítio foram descartadas, desprezando-se a experiência de adaptação natural acumulada durante séculos (DUMKE, 2007).

As novas características construtivas das cidades, resultado das transformações na paisagem decorrentes da urbanização, alteram o equilíbrio entre a superfície e a atmosfera. Essas mudanças no ambiente urbano se evidenciam através da retirada da vegetação original e impermeabilização do solo, que dificultam a infiltração das águas pluviais, favorecendo o escoamento superficial; a concentração e a disposição das edificações, que modificam a circulação dos ventos; o tipo de material construtivo, que altera o índice de albedo, entre outros.

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

Não obstante, “o campo também sofreu transformações na paisagem no decorrer do tempo, mas é nas cidades que os efeitos do ar comprometido produzem alterações nos elementos climáticos de maneira mais intensa” (AMORIM, 2000, p. 23). Isso porque as formas materiais assumidas pela cidade, assim como as atividades que nela se desenvolvem, alteram o balanço de radiação da superfície, produzindo um aquecimento diferenciado no interior da cidade e entre esta e a área rural do entorno.

Considerando o efeito que as áreas urbanas exercem sobre o clima local, Ayoade (1986, p. 286) afirma que, “com o aumento populacional e o aumento das capacidades tecnológicas/científicas da humanidade, percebeu-se que o homem pode influenciar e de fato tem influenciado o clima, apesar dessa ação ser feita principalmente numa escala local”. Segundo o autor, as áreas urbanas são as que sofrem o maior impacto do homem sobre o clima, a tal ponto que o clima urbano torna-se bastante distinto, em relação as suas características, das áreas que circundam as cidades.

Além disso, o balanço energético urbano difere de uma cidade para outra e varia de acordo com os fatores, tais como: a impermeabilização do solo, a densidade de construções, o material utilizado nas edificações, a verticalização, a presença de vegetação arbórea nas ruas e nos quintais das residências, entre outros. Alguns dos efeitos mais expressivos dessa relação entre a atmosfera local e o espaço terrestre urbanizado são citados por Ayoade (1986):

Nas áreas urbanas, altera-se a composição química da atmosfera. As propriedades térmicas e hidrológicas da superfície terrestre, assim como seus parâmetros aerodinâmicos são modificados pelos processos de urbanização e industrialização. (...) as superfícies naturais são substituídas por superfícies pavimentadas, ruas e

telhados de prédios. Como resultado, a radiação em ondas longas e a de ondas curtas são reduzidas sobre as áreas urbanas. As temperaturas elevam-se, mesmo quando diminui a duração da insolação. A umidade é reduzida, mas há um certo aumento na precipitação e também na quantidade de nebulosidade, (...) Os ventos fortes são desacelerados e os ventos fracos são acelerados à medida que se movimentam nas áreas urbanas (AYOADE, 1986, p. 300).

Como produto das modificações que as superfícies, materiais e as atividades das áreas urbanas provocam nos balanços de energia, massa e movimento, o clima é evidenciado através das anomalias em seus elementos (temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento), principalmente quando o processo de urbanização carece de planejamento adequado ao ambiente que a cidade está inserida. “A ação ecológica natural, associada aos fenômenos urbanos, constitui o conjunto complexo de interrelações que produzem o clima urbano” (LOMBARDO, 1985, p. 22-23).

A urbanização, considerada em termos de espaço físico construído, altera significativamente o clima urbano, considerando-se o aumento das superfícies de absorção térmica, impermeabilização dos solos, alterações na cobertura vegetal, concentração de edifícios que interferem nos efeitos dos ventos, contaminação da atmosfera através da emissão dos gases (LOMBARDO, 1985, p. 77).

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

Fatores como a retirada da vegetação original, a impermeabilização do solo, a canalização de córregos, as alterações do relevo, a concentração de edificações, o aumento da circulação de pessoas e veículos, além do lançamento de partículas e gases poluentes na atmosfera, provocam mudanças no comportamento da atmosfera sobre a cidade. São exemplos os problemas relacionados à:

1. produção artificial de calor pelos processos de combustão, aquecimento do espaço e metabolismo;
2. produção de calor como resultado das propriedades térmicas das cidades. Os edifícios, os pavimentos e as ruas nas cidades absorvem e armazenam radiação durante o dia e gradualmente liberam esta radiação no interior da atmosfera, no decorrer da noite;
3. modificação da composição química da atmosfera como resultado de poluentes emitidos na atmosfera, das chaminés de casas e fábricas, indústrias e dos escapamentos dos automóveis que trafegam nas ruas das cidades (...);

4. alteração das superfícies naturais cobertas de vegetação, substituindo-as por superfícies artificiais que tenham albedo diferente, grau de rugosidade e propriedades térmicas e hidrológicas diferentes (...) (AYOADE, 1986, p. 302).

Conforme visto acima, 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).

Dentre os elementos do clima que mais sofrem variações devido à influência da superfície urbana na atmosfera local, a temperatura tem se destacado nos estudos sobre o clima urbano, pois as características da cidade, como a rugosidade, o uso e a ocupação do solo, a permeabilidade, o albedo, as propriedades térmicas dos materiais construtivos, entre outros, promovem seu aumento tanto no ar quanto na estrutura urbana. Assim, a utilização do sensoriamento remoto no infravermelho termal tem auxiliado cada vez mais nas análises climáticas, visto que fornece informações da superfície terrestre que possibilitam a associação entre os diferentes tipos de uso e ocupação da superfície e as anomalias térmicas.

Nesse contexto, acredita-se que a associação entre as medições pontuais de dados climatológicos e a temperatura da superfície urbana em Presidente Prudente, pode contribuir para o conhecimento mais detalhado do ambiente urbano. Além disso, o apontamento das áreas com anomalias térmicas poderá servir de subsídio ao poder público municipal, pois saberia em quais localidades direcionar ações que visem o conforto térmico.

Portanto, este estudo teve como objetivo principal detectar as anomalias térmicas e suas magnitudes no intraurbano e entre a cidade e o campo em Presidente Prudente, relacionando os tipos de uso e ocupação da superfície com as características dos elementos

climáticos em episódios de verão e inverno. Dessa forma, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Comparar os dados meteorológicos registrados por estações meteorológicas instaladas na área urbana e na área rural em Presidente Prudente;
- Elaborar cartas de temperatura da superfície por meio de imagens do infravermelho termal do Satélite Landsat 7;
- Analisar a temperatura intraurbana e rural e os dados registrados em campo, relacionando-os com as características de uso e ocupação da superfície do solo.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram realizadas leituras e fichamentos de textos referentes à temática clima urbano e à dinâmica climática regional, assim como a busca de informações do município de Presidente Prudente no que diz respeito aos aspectos históricos de ocupação que influenciaram o atual arranjo urbano, provável responsável pelas modificações no clima local.

Utilizou-se 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.

O S.C.U proposto por Monteiro (1976) foi subdividido em três subsistemas, como demonstra o Quadro 1, sendo enfatizado nesse estudo o Subsistema Termodinâmico (Canal I), que constitui o 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).

Os dados meteorológicos utilizados no estudo foram registrados por estações meteorológicas automáticas do tipo “*Vantage PRO 2*” da marca “*Davis Instruments*”, instaladas em dois pontos, sendo um deles representativo do urbano e o outro do rural.

Os dados das estações fixas foram registrados a cada duas horas, nos meses de maio de 2010 e fevereiro de 2011¹ (representativos do inverno e do verão, respectivamente), com o propósito de verificar as características da temperatura e da umidade relativa do ar, de acordo com a atuação de diferentes sistemas atmosféricos. Para tanto, tais dados foram organizados e tabulados no aplicativo *Excel*² para a geração dos gráficos das diferenças térmicas e higrométricas entre os dois pontos. Assim, de acordo com a análise do material obtido, optou-se por destacar quatro horários do dia nos quais as diferenças se apresentaram mais significativas, sendo eles: 4h, 10h, 16h e 20h.

¹ Dados obtidos com a pesquisa “Os climas urbanos de cidades médias e pequenas do oeste do estado de São Paulo”, financiada pelo CNPq.

² *Excel* é marca registrada da Microsoft Corporation.

Sistemas	I Termodinâmico	II Físico-Químico	III Hidrometeorológico
Canais	Conforto Térmico	Qualidade do Ar	Impactos Hidrometeorológico
Fonte	Atmosfera, radiação, circulação horizontal	Atividade urbana, veículos automotores, indústrias, obras limpas	Atmosfera, estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no sistema	Intercâmbio de operador e operando	Do operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação núcleo ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica espacial (T. de campo)	Sanitária e meteorológica	Meteorológica hidrológica (T. de campo)
Correlações disciplinares e tecnológicas	Bioclimatologia, Arquitetura e Urbanismo	Engenharia Sanitária	Engenharia Sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	"Ilha de Calor", ventilação, aumento da precipitação	Poluição do Ar	Ataques a integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários, doenças respiratórias, oftalmológicas, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do uso do solo, tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial, uso do solo
Responsabilidade	Natureza e homem	Homem	Natureza

Quadro 1 – Canais de percepções, Teoria e Clima Urbano.
Fonte: Monteiro (1976).

Associado às informações dos dados das estações meteorológicas, realizou-se a análise dos sistemas atmosféricos regionais dos meses em questão através das cartas sinóticas de superfície³, de imagens do satélite GOES e dos Boletins Técnicos disponibilizados pelo

³ Disponibilizadas no site da Marinha do Brasil: <www.mar.mil.br>.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE⁴. Em seguida, esses procedimentos serviram de base para a elaboração dos gráficos de análise rítmica, que por sua vez auxiliaram na identificação dos episódios em que os sistemas atmosféricos atuaram como intensificadores ou não das diferenças térmicas e higrométricas entre o rural e o urbano.

Também se buscou, por meio de técnicas de sensoriamento remoto, obter a temperatura qualitativa da superfície de Presidente Prudente e relacioná-la com os diferentes tipos de uso e ocupação da superfície e com as características dos elementos climáticos, tais como temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação e ventos.

Para se verificar as temperaturas da superfície intraurbana em Presidente Prudente, foram utilizadas imagens do canal do infravermelho termal (banda 6) do satélite Landsat 7, com intervalo espectral de 10,4 a 12,5 μm , resolução espacial de 60 metros e cena composta por 183 x 183 quilômetros. O satélite Landsat 7 foi lançado em abril de 1999 pela “*National Aeronautics na Space Administration*” (NASA), mas o sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) funciona com problemas a partir de maio de 2003 por uma falha no equipamento.

É válido ressaltar que o Landsat 5 também possui o canal do infravermelho termal, que permite se chegar à temperatura da superfície, entretanto a sua resolução espacial é de 120 metros, sendo, portanto, mais adequado para análise da temperatura de grandes centros urbanos (AMORIM; MONTEIRO, 2011, p. 7).

As imagens do satélite Landsat 7 da cidade de Presidente Prudente foram adquiridas gratuitamente através do site da organização “*United States Geological Survey*” (USGS)⁵. As imagens utilizadas correspondem à órbita/ponto 222/075, dos dias 23 de fevereiro de 2003 às 10 horas e 10 minutos, e 14 de maio de 2003 às 10 horas e 10 minutos, horário de Brasília.

Os procedimentos para o mapeamento da temperatura da superfície foram realizados no software IDRISI Andes versão 15.0. Utilizaram-se as constantes de calibração do sensor do satélite, obtidas no site do programa Landsat da NASA⁶, para a conversão dos números digitais (DN) referentes a cada pixel em energia radiante, representados em tons de cinza. Em seguida, a partir da energia radiante foi possível obter a temperatura efetiva dos alvos, em Kelvin, que posteriormente foi convertida para graus Celsius, juntamente com a atribuição de falsa cor para a obtenção da imagem colorida (UGEDA JUNIOR, 2012).

⁴ Disponibilizados no site do CPTEC/INPE: <www.cptec.inpe.br>.

⁵ Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>

⁶ Disponível em: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook_htmls/chapter11/chapter11.htm>

Após a criação de um projeto para importar a imagem da banda termal no IDRISI, realizou-se a conversão dos números digitais para informações de radiância com a aplicação da seguinte equação:

$$L_{\lambda} = ((LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda} \quad (1)$$

O significado e os valores dos elementos que compõe esta fórmula podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Elementos da fórmula de conversão para radiância.

L_{λ}	Radiância espectral na abertura do sensor em [W/(m ² sr μm)]
QCAL	Valor de pixel quantizado calibrado em DN
$LMIN_{\lambda}$	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMIN em [W/(m ² sr μm)] = 0.000
$LMAX_{\lambda}$	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMAX em [W/(m ² sr μm)] = 17.040
QCALMIN	Valor de pixel mínimo quantizado calibrado correspondente a $LMIN_{\lambda}$ em DN = 1
QCALMAX	Valor de pixel máximo quantizado calibrado correspondente a $LMAX_{\lambda}$ em DN = 255

Fonte: <<http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov>>. Acesso em: jun. de 2012.

Os valores de LMAX e LMIN podem se alterar em função da data do imageamento e do tipo de sensor. Para as imagens do sensor ETM+ devem-se utilizar os parâmetros apresentados na Tabela 2, onde são destacados os valores incorporados nos procedimentos para a elaboração das cartas de temperatura da superfície de Presidente Prudente.

Tabela 2 – ETM + Faixa de radiância espectral [W/(m² sr μm)].

Número da banda	Processada antes de 1 de julho de 2000				Processada depois de 1 de julho de 2000			
	Baixo ganho		Alto ganho		Baixo ganho		Alto ganho	
	LMIN	LMAX	LMIN	LMAX	LMIN	LMAX	LMIN	LMAX
1	- 6.2	297.5	- 6.2	194.3	- 6.2	293.7	- 6.2	191.6
2	- 6.0	303.4	- 6.0	202.4	- 6.4	300.9	- 6.4	196.5
3	- 4.5	235.5	- 4.5	158.6	- 5.0	234.4	- 5.0	152.9
4	- 4.5	235.0	- 4.5	157.5	- 5.1	241.1	- 5.1	157.4
5	- 1.0	47.70	- 1.0	31.76	- 1.0	47.57	- 1.0	31.06
6	0.0	17.04	3.2	12.65	0.0	17.04	3.2	12.65
7	- 0.35	16.60	- 0.35	10.932	- 0.35	16.54	- 0.35	10.80
8	- 5.0	244.00	- 5.0	158.40	- 4.7	243.1	- 4.7	158.3

Fonte: <<http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov>>. Acesso em: jun. de 2012.

Após a conversão dos números digitais em radiância, aplicou-se a seguinte fórmula para converter os valores em temperatura Kelvin:

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (2)$$

Considerando que:

T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin

K2 = Constante de calibração 2, conforme valores da Tabela 3

K1 = Constante de calibração 1, conforme valores da Tabela 3

L = Radiância espectral em [W/(m² sr μm)]

A Tabela 3 apresenta os valores que foram substituídos na fórmula para conversão em temperatura Kelvin.

Tabela 3 – ETM + Constantes de calibração da banda termal.

Landsat 7	Constant 1 - K1 [W/(m ² sr μm)]	Constant 2 - K2 Kelvin
	666.09	1282.71

Fonte: <<http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov>>. Acesso em: jun. de 2012.

Após a realização desses procedimentos, aplicou-se a fórmula para converter temperatura Kelvin em graus Celsius, subtraindo 273,15 dos valores de temperatura. Por último, para a seleção das áreas que compreendem a cidade na imagem de satélite, foi importada a malha urbana georreferenciada e assim foram possíveis as análises da distribuição da temperatura da superfície em Presidente Prudente.

Por fim, em decorrência de alguns problemas no satélite Landsat 7 não foi possível trabalhar com imagens mais recentes. Assim, buscou-se como alternativa analisar os tipos de alvos na superfície em imagens do Google Earth também mais antigas (2003 e 2006), o que não prejudicou as análises das anomalias térmicas associadas às características de uso e ocupação da superfície.

3 O CLIMA NAS CIDADES E AS ILHAS DE CALOR

O crescimento acelerado das cidades sem planejamento adequado de uso da superfície do solo e sem parâmetros que controlem a verticalização e a ocupação de determinadas áreas, ocasionam transformações na paisagem que tem colocado em risco a qualidade de vida no ambiente urbano.

As mudanças decorrentes do processo de urbanização se evidenciam através da retirada da vegetação original e impermeabilização do solo, que dificultam a infiltração das águas pluviais, favorecendo o escoamento superficial; a concentração e a disposição das edificações, que modificam a circulação dos ventos; o tipo de material construtivo, que altera o índice de albedo, entre outros

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, p. 31).

As Tabelas 4 e 5 organizadas por Oke (1978)⁷ mostram as propriedades radiativas de materiais urbanos e rurais que comprovam as mudanças nos processos de absorção, difusão e reflexão da energia, sofrida pela atmosfera, ocasionando alterações na escala local.

⁷ OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978, 372p.

Tabela 4 – Propriedades radiativas de materiais urbanos.

SUPERFÍCIE	ALBEDO	EMISSIVIDADE
1. Ruas com asfalto	0.05 – 0.20	0.95
2. Paredes		
Concreto	0.10 – 0.35	0.71 – 0.90
Tijolos	0.20 - 0.40	0.90 – 0.92
Pedras	0.20 – 0.35	0.85 – 0.95
Madeiras		0.90
3. Telhados		
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 Ondulada	0.10 – 0.16	0.13 – 0.28
4. Janelas		
Vidros claros: zênite		
Ângulo menor 40°	0.8	0.87 – 0.94
Ângulo de 40 a 80°	0.09 – 0.52	0.87 – 0.92
5. Pinturas		
Brancas, 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
6. Áreas Urbanas		
Variações	0.10 – 0.27	0.85 – 0.96
Médias	0.15	0.95

Fonte: Oke (1978), apud Viana (2006).

Tabela 5 – Propriedades radiativas de materiais rurais.

SUPERFÍCIE	ALBEDO	EMISSIVIDADE
1. Solos		
Escuro, Úmido	0.05	0.90
Claro, Seco	0.04	0.90
2. Desertos	0.20 – 0.25	0.84 – 0.9
3. Grama		
Alta (1m)	0.16	0.90
Baixa (0.02m)	0.26	0.95
4. Cultivos, Tundra	0.18 – 0.25	0.90 – 0.99
5. Pomares	0.15 – 0.20	
6. Florestas Decíduas		
Solo nu	0.15	0.97
Abandonadas	0.20	0.98
7. Coníferas	0.05 – 0.15	0.97 – 0.99
8. Água		
Pequeno ângulo	0.03 – 0.10	0.92 – 0.97
Zênite		
Grande ângulo	0.10 – 1.00	0.92 – 0.97
Zênite		

Fonte: Oke (1978) apud Viana (2006).

Assis (2000, p. 5)⁸ apud DUMKE (2007, p. 111) faz referência a outros fatores da configuração urbana que comprometem o balanço da energia e contribuem na formação do clima urbano: “o uso do solo, a geometria da malha (dimensões, distribuição, volumetria e distância entre os edifícios) e a tipologia de ocupação (dos edifícios, ruas, áreas verdes etc.) [...] o tipo de fachadas e as propriedades térmicas dos materiais [...], a orientação solar do tecido urbano e sua permeabilidade aos ventos”.

Isso porque o aquecimento de uma determinada superfície durante o dia depende: “da quantidade de energia solar que a alcança; da sua exposição à radiação solar; das propriedades físicas dos materiais de absorver ou refletir a radiação solar incidente (albedo), de convertê-la em calor e de armazenar e transmitir esse calor (inércia térmica); e, do calor latente” (DUMKE, 2007, p. 115).

Conforme observado anteriormente (Tabelas 4 e 5), os valores de albedo sofrem variações também em função da textura, da cor da superfície, do tipo e da quantidade de umidade do solo, ele é, em média, menor na cidade, o que favorece a maior absorção da radiação nas superfícies urbanas.

Comparando-se os ambientes urbano e rural em relação a esses fatores, percebe-se que na cidade, de modo geral, ocorre uma redução da radiação solar direta, concomitante a um aumento da temperatura. Quanto mais altas e compactas são as edificações, maior a interferência na quantidade de radiação incidente, reduzindo o acesso solar em função do sombreamento provocado. Entretanto, os mesmos edifícios têm a capacidade de armazenar a radiação por mais tempo, dificultando o resfriamento urbano.

Assim, de acordo com Collischon (1998, p. 30)⁹ apud Dumke (2007, p. 117) “o albedo determina a quantidade de energia absorvida que é, em parte, transformada em calor: quanto maior o albedo, 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).

⁸ ASSIS, Eleonora Sad. **Impactos da forma urbana na mudança climática**: Método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

⁹ COLLISHON, Erika. **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.

Em decorrência dos padrões diferenciados de armazenamento e emissão de radiação entre os materiais urbanos e as superfícies naturais, configuram-se as ilhas de calor, caracterizadas pela maior concentração de calor na cidade e a conseqüente elevação da temperatura do ar e da superfície. Portanto, as ilhas de calor surgem através das diferenças intraurbanas existentes, além da diferença do balanço de energia existente entre o urbano e o rural.

Alguns dos aspectos da urbanização que mais interferem no ambiente físico e levam a alterações na troca de energia e condições térmicas podem ser vistas no quadro abaixo:

1. POLUIÇÃO DO AR	Aumento da radiação de ondas emitida pela atmosfera, devido a maior absorção das ondas curtas recebidas e radiação de ondas longas emitidas pelos poluentes.
2. CALOR ANTROPOGÊNICO	Calor desprendido no processo de combustão.
3. SUPERFÍCIES IMPERMEÁVEIS	Diminuição do fluxo de calor latente, aumentando o calor sensível.
4. PROPRIEDADES TÉRMICAS DAS SUPERFÍCIES	Aumento da admitância térmica das superfícies e materiais construtivos, aumentando o calor durante o dia e desprendimento do calor armazenado, à noite.
5. GEOMETRIA DAS SUPERFÍCIES	Aumento da absorção de ondas longas devido à retenção entre as edificações; diminuição da perda de calor por turbulência causada pela estagnação entre as edificações; diminuição da perda da radiação por ondas longas do espaço entre edificações pela redução da área de céu visível.

Quadro 2 – Aspectos da urbanização, que mudam o ambiente físico e levam a alterações na troca de energia e condições térmicas, em comparação à periferia.

Fonte: Adaptado de Oke (1996, p. 238 apud Barbirato, 2007).

Estudos apontam que dentre os diversos fatores que contribuem para a geração da ilha de calor, o balanço de energia parece ser o mais importante. A mudança das superfícies naturais para os materiais construtivos provocam alterações na condutividade, na capacidade calorífica e na área superficial, de modo que os materiais passam a armazenar mais energia que o solo natural, atuando como reservatórios de radiação. Dessa forma, a ilha de calor pode ser definida como um fenômeno decorrente do balanço de energia na área urbana,

caracterizado pelo acúmulo de calor nas superfícies e a conseqüente elevação da temperatura do ar (BARBIRATO, 2007; LANDSBERG, 1974)¹⁰.

Na síntese da origem de tal 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.

Parte desta radiação é refletida, conforme seu albedo, e outra é absorvida. Da radiação absorvida pela superfície, parte da energia é usada como calor latente na evaporação da água nela contida, reduzindo a elevação da sua temperatura e, outra parte, é conduzida as suas camadas mais internas. Em áreas urbanas, a presença de superfícies impermeáveis acelera o escoamento da água, que estaria disponível para evaporação, e a radiação solar absorvida é rapidamente convertida em calor, elevando sua temperatura e, conseqüentemente, a de seu entorno (BARBIRATO, 2007, p. 76).

Sabe-se, portanto, que 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. Além disso, os contrastes entre as temperaturas urbanas e rurais são mais evidente em condições de céu claro e calma, e após o pôr do sol (BARBIRATO, 2007).

Nesse sentido, Ayoade (1978) destaca a importância de considerar os tipos de uso de ocupação da superfície nos estudos de clima urbano, sobretudo a cidade deve estar inserida em seu entorno, havendo uma articulação do urbano e do rural ao invés de ser estudada por si só.

3.1. Estudos do clima urbano

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

¹⁰LANDSBERG, H. E. **Inadvertent atmospheric modification through urbanization**. In Weather and Climate Modification. W. Hess, Ed., John Wiley and Sons, New York, 1974, 723-763.

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), os trabalhos de Landsberg e Chandler são considerados clássicos, pois demonstram as modificações climáticas provocadas pela urbanização nas cidades industriais de latitudes médias. Landsberg (1981) estabeleceu uma síntese para a compreensão do clima urbano da cidade, ao analisar as alterações que se verificavam nos elementos climáticos (temperatura, umidade relativa, precipitação, nevoeiro e o vento) quando em contato com áreas urbanas. Chandler (1965)¹¹, concluiu que a cidade modifica o clima através de alterações na superfície, produzindo aumento de calor e da precipitação, assim como modificações na ventilação e umidade do ar.

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 interrelações 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:

- Termodinâmico – conforto térmico: espectro de tipos de tempo como expressão das variações temporais (sazonais) sobre espaço local, relacionando o *quantus* ao *modus*;
- Físico-Químico - qualidade do ar: espectro rítmico temporal como expressão das variações horizontais (circulação regional no tempo, vinda do ambiente e aquelas específicas locais verticalmente incidentes sobre o próprio núcleo);
- Hidrometeorológico – impacto meteórico: impacto pluvial concentrado como atributo tropical.

No cenário brasileiro também merecem referência os trabalhos de Tarifa (1977), Lombardo (1985), Mendonça (1994), Pitton (1997), Amorim (2000), Sant’Anna Neto (2002), Monteiro e Mendonça (2003), entre outros. Tarifa (1977) realizou uma análise comparativa da

¹¹ CHANDLER, T. J. **The Climate of London**. Hutchinson & Co., Londres, 1965.

temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos-SP, estabelecendo correlação entre o tamanho e a temperatura da cidade.

Lombardo (1985) realizou o estudo do clima urbano da cidade de São Paulo, publicado em seu livro “Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo”, analisando a qualidade ambiental, a urbanização e a ilha de calor e suas relações com as condições naturais e sociais. Os resultados apontaram que os maiores gradientes de temperatura foram registrados em bairros industriais, no centro da cidade e em bairros com lotes densamente ocupados. Em contrapartida, os menores gradientes térmicos concentraram-se em áreas com elevados índices de vegetação arbórea.

Mendonça (1994) estudou o clima urbano na cidade de Londrina-PR, realizando a coleta de temperatura no verão e inverno em diferentes ambientes climáticos e confrontando-os com os dados coletados em uma área rural. A partir desse estudo, também elaborou uma proposta metodológica de estudo do clima urbano em cidades de pequeno e médio porte como contribuição no planejamento urbano.

Pitton (1997) estudou o campo térmico de cidades de pequeno e médio porte, tais como Rio Claro, Araras, Santa Gertrudes e Cordeirópolis, sendo que os resultados demonstraram que os ambientes mais aquecidos coincidiram com áreas fortemente edificadas.

Amorim (2000) estudou o clima urbano de Presidente Prudente-SP, realizando uma análise espacial e temporal. Para tanto, comparou as características de alguns elementos climáticos em pontos representativos do intraurbano, para explicitar como os diferentes condicionantes geológicos e urbanos respondem a atuação dos sistemas atmosféricos. A altitude, os tipos de ocupação do solo associado à densidade de arborização, revelaram-se fatores explicativos para a compreensão das anomalias da temperatura e umidade relativa encontradas.

Sant’Anna Neto (2002) organizou uma coletânea de estudos sobre o clima de cidades brasileiras, como: São Luís (MA), Aracajú (SE), Campo Grande (MS), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP) e Presidente Prudente (SP), com o objetivo de contribuir para o entendimento do papel do clima e de seus elementos, na produção do espaço urbano e na qualidade ambiental e de vida de cidades

Monteiro e Mendonça (2003) organizaram o livro *Clima Urbano*, no qual se encontra a proposta teórico-metodológica sobre o Sistema Clima Urbano elaborada por Monteiro em 1976. Além de conter estudos de casos de cidades do Brasil que empregaram a referida

proposta, sendo: uma cidade de porte médio (Londrina), e outras três grandes cidades, capitais de estados (Salvador, Curitiba e Rio de Janeiro).

Mais recentemente, trabalhos têm sido elaborados com o objetivo de identificar a produção do clima urbano em cidades de porte médio e pequeno localizadas na “Raia Divisória” SP/PR/MS (oeste do Estado de São Paulo, Norte do Paraná e Sudeste do Mato Grosso do Sul). Os estudos consistem na análise das formas de estruturação do espaço, das características do uso e da ocupação do solo e dos materiais construtivos na geração de ilhas de calor e suas implicações no conforto ambiental (AMORIM, 2010).

Estudo realizado por Ikefuti (2009) consistiu na análise do conforto térmico em bairros com diferentes padrões construtivos em Presidente Prudente-SP. A autora investigou a capacidade das edificações em absorver o calor, de acordo com a atuação dos sistemas atmosféricos, e constatou que os materiais construtivos possuem influência no conforto térmico das residências. As coberturas de fibrocimento, por exemplo, aumentaram em até 10°C a temperatura entre o ar e o material.

Lima (2009) analisou as diferenças de temperatura, de umidade relativa do ar e da velocidade do vento entre a cidade e o campo no município de Rosana-SP, em dias representativos do inverno, verão, outono e primavera, com o objetivo de diagnosticar a produção do clima urbano. Os resultados demonstraram a existência de um clima urbano em na cidade decorrente do tipo de uso e ocupação do solo, sendo que as maiores diferenças térmicas e higrométricas se evidenciaram entre às 19h e 23h, no período representativo de inverno.

Pinheiro (2009) comparou as características da temperatura do ar, da umidade relativa e velocidade do vento entre a cidade e o campo no município de Euclides da Cunha Paulista-SP, com o objetivo de investigar as diferenças nos elementos do clima em condições adversas de uso e ocupação do solo. Os resultados obtidos evidenciaram diferenças térmicas de até 10,7°C no período de inverno entre os pontos.

Lima e Amorim (2010) investigaram as diferenças de temperatura e umidade relativa do ar entre a zona rural e urbana do município de Teodoro Sampaio-SP, em três horários do período noturno no mês de fevereiro (19h, 21h e 23h), a fim de detectar a geração de um clima urbano. O estudo realizado pelas autoras apontou que as maiores diferenças ocorreram às 21h, com valores de 5,7°C e 39%.

Lima (2011) estudou o clima urbano de Nova Andradina-MS a fim de comparar as características da temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos

intraurbanos em episódios de inverno e verão. O diagnóstico das diferenças térmicas e higrométricas permitiu a autora comprovar a existência de um clima urbano específico, decorrente dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo.

A partir da comparação da temperatura urbana com a do campo, os resultados dessas pesquisas realizadas em cidades pequenas e médias confirmaram a existência de anomalias térmicas e ilhas de calor no ambiente urbano. A formação desse fenômeno foi associada à ausência de cobertura vegetal, à impermeabilização do solo, aos materiais construtivos, ao maior fluxo de veículos e pessoas, além de sua intensidade ter sofrido influência dos sistemas atmosféricos.

Assim, as diferenças de temperatura encontradas entre o urbano e o rural decorreram, sobretudo, das características da morfologia das cidades e das atividades antropogênicas. Fatores que reforçam a necessidade de planejamento e gestão urbana comprometidos com questões ambientais, principalmente no que diz respeito à presença de áreas verdes, já que estas proporcionam temperaturas mais amenas, e que considerem as condições climáticas locais, a fim de que a população não sofra com o desconforto térmico.

3.2. Sensoriamento remoto aplicado aos estudos de clima urbano

Conforme o discutido até agora, sobre o clima urbano ser resultado das modificações na superfície urbana, acredita-se que tão importante quanto o conhecimento dos padrões dos elementos climáticos (temperatura e umidade do ar, direção e velocidade dos ventos e precipitação), é obter informações acerca das características térmicas dos materiais construtivos.

Para tanto, o sensoriamento remoto no infravermelho termal tem auxiliado cada vez mais nas análises climáticas, visto que fornece informações da superfície terrestre que possibilitam a associação entre os diferentes tipos de uso e ocupação e as anomalias térmicas identificadas.

Cabe ressaltar ainda que de acordo com Novo (1998)¹² apud Saydelles (2005, p. 71), a temperatura radiante de cada pixel da imagem é uma temperatura estimada, pois corresponde

¹² NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2ª ed, São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1998, 308p.

à soma das componentes individuais ponderada por suas respectivas superfícies (edificações, vegetação, vias, sombras etc.), refletindo, portanto, o comportamento térmico do elemento mais representativo que o compõe.

Nesse sentido, o sensoriamento remoto constitui um conjunto de atividades cujo objetivo consiste no levantamento das características dos alvos em superfície, através da detecção, registro e análise do fluxo radiante por eles refletido e/ou emitido. Apresentando-se, assim, como uma ferramenta com várias aplicabilidades, dentre elas, a capacidade de estimar a temperatura da superfície (ROSA, 2003).

O sensoriamento remoto permite captar a temperatura radiante das superfícies urbanas, permitindo uma análise detalhada da distribuição espacial da temperatura radiante presente na superfície urbana, das imagens em infravermelho obtidas. Para transformar essas informações de interesse para os estudos de clima urbano, é preciso considerar os dados dessas temperaturas com a temperatura do ar (BARBIRATO, 2007, p. 120).

Considerando isso, os satélites se revelam como uma tecnologia bastante importante para as análises da superfície terrestre, uma vez que permitem a obtenção de dados de áreas extensas com maior rapidez e que por meios terrestres seriam de difícil acesso. Constituído, assim, um instrumento de fundamental importância nos trabalhos que envolvem etapas de percepção, avaliação e prognósticos ambientais.

Jensen (2009, p. 251) afirma que “objetos que tem temperatura acima do zero absoluto emitem energia eletromagnética. Portanto, todas as feições que encontramos cotidianamente na paisagem [...] e pessoas emitem energia eletromagnética infravermelha termal na porção de 3,0 – 14 μ m do espectro”.

Segundo o mesmo autor, a radiação eletromagnética que deixa um objeto é chamada de fluxo radiante (medido em watts), e a concentração da quantidade de fluxo radiante emitido por um objeto é a sua temperatura radiante. “Para a maioria dos objetos do mundo real (exceto para aqueles compostos por vidro e metal), geralmente há uma alta correlação positiva entre a temperatura cinética verdadeira do objeto e a quantidade de fluxo radiante radiado pelo objeto” (JENSEN, 2009, p. 255).

Em relação aos alvos detectados em superfície, esses podem ser classificados como bons absorvedores e, portanto, bons emissores, ou bons refletores e maus emissores. Como, teoricamente, o terreno não perde nenhuma energia por transmitância, todo fluxo radiante emanado do objeto tem que ser explicado pela relação entre a refletância e a emissividade.

Se a refletividade aumenta, então a emissividade deve diminuir. Por exemplo, a água absorve quase toda a energia e reflete muito pouco. Portanto, a água é um emissor muito bom e tem uma alta emissividade, perto de 1. Ao contrário, um teto metálico reflete a maior parte da energia incidente e absorve muito pouco, gerando uma emissividade muito menor que 1 (JENSEN, 2009, p. 260).

Através da Tabela abaixo é possível identificar a relação de alguns materiais e seus respectivos valores de emissividade:

Tabela 6 – Emissividade de 8 – 14 μm para materiais selecionados.

MATERIAL	EMISSIVIDADE (ϵ)
Água	0,92 – 0,98
Concreto	0,71 – 0,90
Asfalto	0,95
Gramma	0,97
Floresta decídua	0,97 – 0,98
Alumínio, folha	0,05
Metais polidos	0,16 – 0,21

Fonte: McDonnell Douglas, D. 1982; Sabins, 1997; Lillesand and Keifer, 2003; in Jensen (2009, p. 260).

Ao tratar sobre outra variável também de grande importância na relação entre radiação, atmosfera e sensor remoto, Saydelles (2005) aponta que os materiais urbanos que apresentam maiores albedos correspondem aos mais claros, como os concretos (reflectividade entre 0,10 e 0,35); edificações pintadas de branco (0,50 a 0,80) e telhados de alta reflectividade (provavelmente de folhas de amianto), entre 0,60 e 0,70.

Contudo, apesar desses tipos de materiais absorverem menos energia, esta já é suficiente para o aquecimento do corpo, pois a mesma não é utilizada ou eliminada em nenhuma atividade, devido à natureza do objeto. Ao contrário, as superfícies cobertas por vegetação, como árvores que possuem baixa reflectividade (0,15 – 0,18) e as grammas (0,25 – 0,30), absorvem muita radiação solar, porém esta energia absorvida é empregada na fotossíntese e eliminada sob forma de evapotranspiração.

Tais características refletem diretamente na temperatura radiante dos alvos detectada pelos sistemas de sensoriamento remoto no infravermelho termal, sendo que uns dos mais utilizados nos estudos de clima urbano para fins de mapeamento e análises das anomalias térmicas são o Thematic Mapper (TM) do Landsat 5 e o sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) do Landsat 7.

Conforme descreve Santos (2012)¹³, no dia 23 de julho de 1972, a NASA (National Aeronautics and Space Administration) lançou nos Estados Unidos um primeiro satélite chamado ERTS 1 (Earth Resources Technology Satellites), no quadro do Programa Espacial “Earth Resources Technology Satellite”. Este Programa Espacial, e os satélites que o compõe, foi em seguida renomeado “Landsat” para melhor sugerir o enfoque do seu esforço sobre Sensoriamento Remoto de Recursos Naturais Terrestres.

A primeira geração do programa Landsat, composta de 3 satélites, Landsat 1-2-3, tinha 2 instrumentos: a Camera RBV, Return Beam Vidicon (RBV) e o MSS (Multispectral Scanner). Em razão de problemas técnicos no RBV, e da superioridade técnica do instrumento MSS do ponto de vista espectral e radiométrico, o RBV foi muito pouco utilizado. A segunda geração do programa Landsat foi iniciada em 1982 como lançamento do satélite Landsat 4, que já possuía o instrumento Thematic Mapper (TM) além do MSS. O Landsat 5, de acordo com as previsões técnicas baseadas nas performances atuais do satélite, deverá ficar operacional por mais alguns anos. E o Landsat 6 foi perdido logo após o seu lançamento.

O satélite Landsat 7 (Figura 1) é o mais recente satélite em operação do programa Landsat. O novo satélite foi lançado em abril de 1999, com um novo sistema mais avançado de varredura: sensor a bordo denominado ETM+.

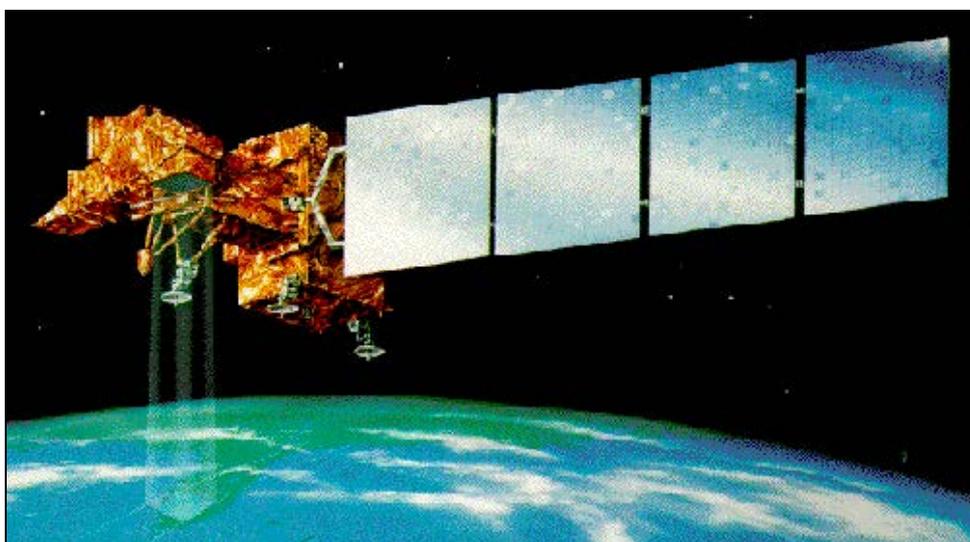


Figura 1 – Ilustração do satélite Landsat 7.

Fonte: <<http://www.ltid.inpe.br/selper/image/caderno2/cad12.htm>>.

¹³ SANTOS, A. R. **Noções Teóricas e Práticas de Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <http://www.mundogeomatica.com.br/Fotogrametria/Livro_Fotogrametria/Capitulo4_Nocoas_Teoricas_Praticas_Sensoriamento_Remoto.pdf>. Acesso em: 10 de abr. de 2012.

A operação do satélite em órbita é administrada pela NASA (National Space and Space Administration) e a produção e comercialização de imagens ficam sob os cuidados da USGS (United States Geological Survey). A órbita do Landsat 7 é realizada em aproximadamente 99 minutos, permitindo ao satélite dar 14 voltas na Terra por dia, e a cobertura total do planeta sendo completada em 16 dias. A órbita é descendente, ou seja, de norte para sul, com o satélite cruzando a linha do Equador entre 10h e 10h15 (hora local) em cada passagem.

Uma imagem do Landsat 7 ETM+ é composta por 8 bandas espectrais, sendo que a banda 6 com baixo ganho (canal 6L) e alto ganho (canal 6H) registra a radiação eletromagnética no infravermelho termal (radiação que é emitida da superfície da terra na forma de calor), permitindo, por exemplo, a medição da temperatura qualitativa da superfície terrestre.

Dentre os estudos mais recentes que adotaram técnicas de sensoriamento remoto na detecção e análise da temperatura da superfície urbana, podem ser citados Quattrochi e Ridd (1994) e Lo et al. (1997), Coltri (2006 e 2007), Andrade (2007), Barbosa e Vecchia (2009), Cunha; Rufino e Ideião (2009), Callejas et al. (2011), Lemos (2011), Lima e Amorim (2011), Ortiz e Amorim (2011), Amorim e Monteiro (2011) e Teixeira (2011).

Quattrochi e Ridd (1994)¹⁴ e Lo et al. (1997)¹⁵ apud Jensen (2009) avaliaram diversas cidades através de sistemas de sensoriamento remoto infravermelhos termais para documentar o efeito da ilha de calor urbana. De maneira geral, observaram que durante o dia as áreas comerciais apresentaram as temperaturas mais altas, seguidas pelas áreas de serviços, transporte e de usos industriais. Ao mesmo tempo, as menores temperaturas diurnas foram encontradas em corpos d'água, vegetação e terras de uso agrícola, respectivamente, enquanto as áreas residenciais compostas por uma heterogeneidade de casas, grama e coberturas arbóreas exibiram uma temperatura intermediária.

Coltri (2006) estudou a influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba-SP. Através de técnicas do sensoriamento remoto, identificou e analisou as ilhas de calor na cidade de acordo com sua sazonalidade, intensidade e morfologia. Os resultados obtidos revelaram que as ilhas de calor mais intensas durante o verão foram identificadas em locais

¹⁴ Quattrochi, D. A., & Ridd, M. K. (1994). Measurement and analysis of thermal energy responses from discrete urban surfaces using remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 15, 1991 – 2022.

¹⁵ Lo, C.P., Quattrochi, D.A. and Luvall, J.C. 1997: Application of high resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect. *International Journal of Remote Sensing*, 18, 287-304.

com excesso de material de construção civil, com pouca ou nenhuma área verde. Além do registro de diferenças térmicas entre as áreas urbana e rural ultrapassarem 16°C no verão.

No estudo sobre as ilhas de calor na cidade de São José dos Campos-SP, Andrade (2007) utilizou imagens do Landsat 5 (120m) e imagens do sensor HSS – Hyperspectral Scanner System (2,7m e 8,3m) para comparar o comportamento do fenômeno no período diurno e noturno. De acordo com os dados medidos pelo Landsat 5, a amplitude térmica identificada entre a área urbana e a área rural foi de 6°C a 8°C às 10h local, sendo que a autora destacou a possibilidade dessa diferença se ampliar no horário de maior emissão pela superfície (14h a 15h local).

Em 2007, Coltri et al. comparou as ilhas de calor das estações de outono e inverno na área urbana do município de Piracicaba, por meio de imagens do satélite Landsat 7 ETM+. Verificou-se que a média das ilhas de calor no inverno foi de 24,71°C e a média das ilhas de calor no outono foi de 21,40°C. A autora explicou que a intensidade do fenômeno no inverno esteve associada, principalmente, às condições do entorno da cidade (cultura de cana-de-açúcar):

No caso de Piracicaba a sazonalidade da cultura da cana-de-açúcar influencia diretamente na intensidade das ilhas de calor e, conseqüentemente, no microclima urbano. O fato de o solo rural estar exposto no inverno intensifica o calor da área rural, que é transportado para a cidade, intensificado as ilhas de calor. Já no outono, o solo rural está coberto pela cultura da cana de açúcar (safra), diminuindo a magnitude do fenômeno IC (COLTRI et al., 2007, p. 5154).

Barbosa e Vecchia (2009) analisaram a ilha de calor urbana em São Carlos-SP através de imagens do Landsat 7 ETM+. Os autores objetivaram acrescentar novos subsídios ao desenvolvimento de estratégias para o planejamento das cidades, utilizando Sistemas de Informação Geográfica e o sensoriamento remoto termal no estudo da formação de ilhas de calor no ambiente urbano. As análises realizadas através de imagens da banda termal de alto ganho demonstraram que as áreas de comércio e serviço e residencial apresentaram magnitudes térmicas na classe de 45°C a 48°C. Ao passo que os valores na faixa de 29°C a 33°C foram identificados com maior extensão nas áreas verdes.

Cunha, Rufino e Ideião (2009) analisaram a relação entre o aumento de temperatura da superfície e o crescimento da cidade de Campina Grande-PB, com base nos produtos e técnicas do sensoriamento disponíveis e na investigação de possíveis alterações no clima da região. Através de imagens do sensor TM do Landsat 5, comparou-se a temperatura obtida

para 1984 com a de 1989, e as imagens mais recentes (2007), verificando diferenças térmicas de 8°C a 10°C na área urbana, entre os anos de 1984 e 2007, acompanhadas da diminuição das áreas verdes ao longo do processo de ocupação.

Callejas et al. (2011) utilizou imagens multiespectrais do Landsat 5 para avaliar a ilha de calor urbana e a relação espaço-temporal entre o uso da terra e a temperatura da superfície na cidade de Várzea Grande-MT. A partir da elaboração de mapas de uso e ocupação do solo e de temperaturas superficiais (Ts), detectou-se a presença de ilha de calor na região central da cidade.

Os resultados obtidos demonstram que os maiores valores médios de Ts foram encontrados em solos expostos (2,0°C) e em áreas construídas (2,13°C). No entanto, não se pode afirmar que o ICUS seja um fenômeno consolidado na região. Com intuito de reduzir as Ts nas áreas urbanas da cidade, recomenda-se revisão nos índices urbanísticos e a promoção de ações que visem preservar a vegetação remanescente e implantar novas áreas verdes em posições estratégicas na cidade, bem como utilizar materiais alternativos que reduzam o armazenamento de energia (CALLEJAS et al., 2011, p. 207).

Lemos (2011) estudou a espacialidade, realizou cálculos de área e avaliou a intensidade da ilha de calor do Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC) em agosto de 2006. Com a utilização de imagens do Landsat 5, a autora identificou três zonas termiais, classificadas com base na variação de temperatura da região, sendo que a zona de temperatura alta (ZTA), denominada como a ilha de calor do AU-RMC, apresentou diferenças de temperatura entre 17°C e 26°C. Sua área foi calculada em aproximadamente 469,56km², correspondendo a 62,5% do AU-RMC.

Lima e Amorim (2011) utilizaram informações de temperatura da superfície, do NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada) e de temperatura do ar na análise de qualidade ambiental na cidade de Nova Andradina-MS. A partir dos resultados, percebeu-se a influência e a importância da vegetação na temperatura da superfície e do ar, especialmente analisando o mapeamento e a distribuição espacial das temperaturas na carta de isotermas. Em relação às temperaturas de superfície da cidade na imagem do Landsat 7 ETM+, verificou-se que os locais com temperaturas entre 25°C e 26°C apresentaram baixa densidade vegetal, enquanto o Parque Florestal configurou-se como a área com menor temperatura (entre 15°C a 17°C).

Em estudo realizado por Ortiz e Amorim (2011), analisaram-se as diferenças nas temperaturas da superfície intraurbana na cidade de Cândido Mota-SP, comparando-as com a

temperatura da superfície da área rural no entorno. Com base na imagem do satélite Landsat 7 de 4 de março de 2003, foram identificadas diferenças de temperatura da superfície de aproximadamente 11,5 °C, sendo a mínima de 23°C e a máxima de 35°C. As temperaturas mais elevadas associaram-se às áreas densamente construídas, enquanto as áreas com cobertura vegetal arbórea apresentaram as menores temperaturas.

Amorim e Monteiro (2011) analisaram as diferenças de temperaturas intraurbanas por meio de imagens térmicas do satélite Landsat 7 em duas cidades de porte médio com latitudes diferentes: Porto (Portugal) e Presidente Prudente (Brasil) em episódios de verão. Em Presidente Prudente, as temperaturas detectadas na superfície foram mais elevadas nas habitações populares com coberturas de fibrocimento e pequena quantidade de vegetação arbórea nas calçadas e nos quintais, atingindo 27°C. No Porto, os bairros mais quentes foram o centro, a zona industrial e áreas densamente construídas e com vias de circulação rápida e intensa, que apresentaram temperaturas acima de 38°C. Em contrapartida, verificaram-se em ambas as cidades que as áreas verdes foram responsáveis pelas menores temperaturas (em torno de 21°C).

Teixeira (2011) utilizou-se da técnica de sensoriamento remoto a partir da imagem do Landsat 7 na análise da temperatura da superfície da cidade de Piracicaba e da área rural, a fim de relacionar as temperaturas com as formas de ocupação do solo. Foram detectadas diferenças na temperatura da superfície de aproximadamente 11°C (mínima de 21,8°C e máxima de 33,3°C), com as áreas de fragmentos florestais correspondendo aos registros das menores temperaturas.

De acordo com os resultados obtidos nos estudos citados acima, percebeu-se que as características de uso e ocupação da superfície urbana são determinantes na configuração das anomalias térmicas. As áreas com maior densidade de construção, menores índices de vegetação arbórea e/ ou a ausência de áreas verdes, constituíram-se os locais com os valores mais elevados de temperatura superficial. O que ressaltou a importância da vegetação no balanço energético, propiciando temperaturas amenas.

Nesse contexto, a elaboração de cartas temais por meio do sensoriamento remoto constitui um procedimento essencial na identificação das características térmicas dos alvos em superfície, possibilitando uma melhor descrição e interpretação da variável temperatura no clima urbano.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Presidente Prudente está situada no extremo oeste do Estado de São Paulo (Figura 2), entre os paralelos de 22° 07' de latitude sul e 51° 23' de longitude oeste, com área urbana de aproximadamente 60 km² e população de 207.625 habitantes (Censo do IBGE, 2010). Localizada no planalto ocidental, constituiu-se essencialmente por rochas do grupo Bauru e dista cerca de 560 km da capital paulista. Com altitude média de 472m acima do nível do mar, seu relevo é formado basicamente por colinas médias, amplas, morrotes alongados e espigões.

As colinas amplas estão presentes na porção norte do município, já nas margens do rio do Peixe, e “as colinas médias são observadas na extremidade sul onde se encontra o córrego do Cedro e os morrotes e espigões, predominantes no município abrangendo cerca de 80% de seu território” (AMORIM, 2000, p. 45).

A área urbana de Presidente Prudente está situada sobre um espigão divisor de águas das bacias do rio do Peixe, ao norte, e Paranapanema, ao sul, tendo a bacia do rio Santo Anastácio, que deságua no Paraná, ao sul-sudeste. O sistema hidrográfico é constituído por pequenos cursos d'água formadores dos córregos do Cedro e Limoeiro, ambos afluentes do Santo Anastácio, e os córregos do Gramado e Cascata, que são formadores do rio Mandaguari, o qual, por sua vez, é afluente do rio do Peixe, localizado no setor leste-nordeste da cidade (SUDO; LEAL apud AMORIM, 2000, p. 46).

Quanto ao perfil da área urbana de Presidente Prudente, este apresenta grande diversidade de ocupação do solo, pois os bairros mais antigos são densamente construídos e com significativa cobertura vegetal arbórea nas calçadas e nos quintais.

Por outro lado, as áreas residenciais que surgiram nas últimas três décadas, que são a grande maioria, apresentam-se com edificações esparsas, com gramado e vegetação arbórea. Na mesma época foram construídos conjuntos habitacionais para atender às classes populares. Os lotes destinados à população de baixa renda eram menores e com materiais construtivos menos adequados ao clima tropical e ao conforto térmico e ambiental (paredes finas e telhados de fibrocimento ou asbestos), que armazenam muito calor e produzem inércia térmica (AMORIM, 2005).

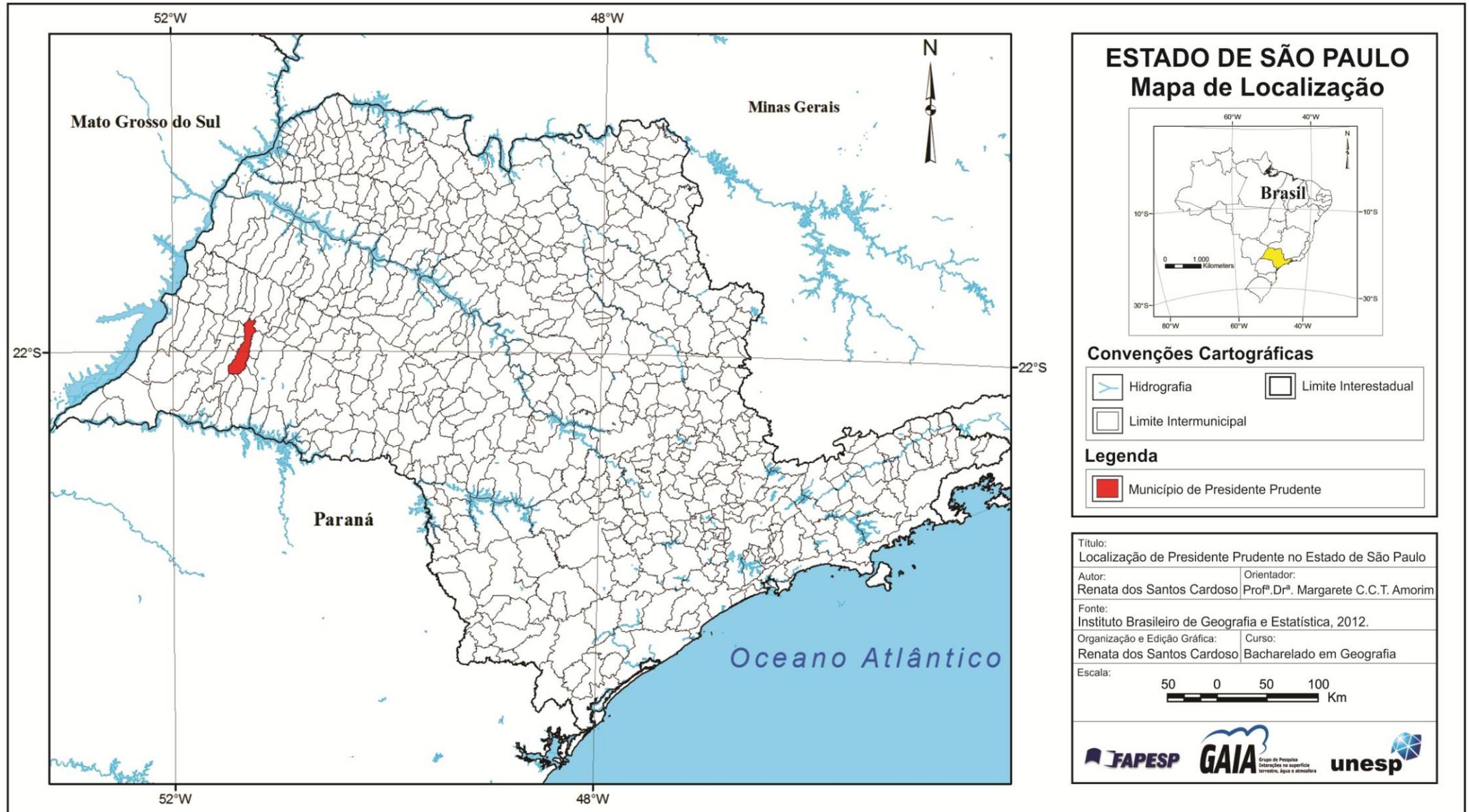


Figura 2 – Localização de Presidente Prudente no Estado de São Paulo.
Fonte: IBGE. Org.: Cardoso (2012).

4.1. Formação histórica de Presidente Prudente

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, 2011).

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 (AMORIM, 2000).

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 conduziu a vários problemas aos moradores, tanto social como ambientais. Somado a isso, a especulação imobiliária ocorrida entre as décadas de 1970 e 1980 proporcionou 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 edificados, ou lotes grandes, com várias residências), ausência de cobertura vegetal arbórea ou de lazer e a ocupação de áreas de risco (próximas a fundos de vale)” (CAMARGO, 2007, p. 62).

No que se refere aos eixos de expansão da malha urbana, destaca-se que a cidade se expandiu a partir de um ponto de circulação, no caso a estação ferroviária, que somada aos interesses econômicos, o tempo e as condições do relevo, direcionaram o seu maior crescimento para a porção oeste (SILVA, 2007).

Este direcionamento se deu, dentre outros fatores, em virtude da topografia favorável do terreno, que facilitou a implantação de loteamentos. Todavia, a cidade também se expandiu para as direções sudoeste e noroeste. Em contrapartida, a região leste da cidade, com topografia bastante irregular, não despertou o interesse da especulação imobiliária.

Outro fator que colaborou para a concentração do adensamento urbano da cidade a oeste em detrimento da porção leste é definido por Jacobs (2000)¹⁶ apud Camargo (2007) como as zonas de fronteiras, que compreendem o perímetro de um uso territorial único de grande proporção. Sobre o assunto, Camargo e Menotti (2002) acrescentam que:

[...] estas áreas geralmente criam bairros decadentes e, por conseqüência, uma fronteira social. No caso da zona leste da cidade de Presidente Prudente, os bairros situados do outro lado da linha ficaram marginalizados, social e economicamente. Isso ocorre por um problema básico: as fronteiras costumam configurar a cidade de maneira a gerar becos sem saída para a maioria das pessoas que utilizam as ruas, formando “hiatos” de usos em suas redondezas. Desta forma, quanto mais estéril essa área simplificada se torna para empreendimentos econômicos, menor será a quantidade de usuários, e mais improdutivo será o próprio lugar, gerando um processo de desconstrução ou deterioração da área (CAMARGO; MENOTTI, 2002, p.25).

Diante do exposto, percebe-se que em Presidente Prudente não houve um crescimento ordenado, pautado por um planejamento adequado para direcionar a ocupação da cidade, o que tem provocado disparidades sócio-ambientais cada vez mais visíveis na paisagem, assim como problemas ambientais de diversas ordens e alterações no seu clima urbano (AMORIM, 2000).

4.2. Caracterização dos pontos de medição dos dados meteorológicos

Para a seleção dos pontos de medição dos dados foram considerados diferentes tipos de uso e ocupação do solo, a fim de comparar as diferenças de temperatura e umidade relativa do ar existentes entre cidade e o campo de Presidente Prudente. Mediante essas considerações foram selecionados os dois pontos descritos abaixo:

1 – Urbano: o primeiro ponto selecionado foi denominado urbano (Figura 3) e está localizado a 22°07'03,60" S e 51°23'55,10" O, com altitude de aproximadamente 416 metros em relação a nível do mar. Encontra-se na área próxima ao centro da cidade, em um bairro residencial, com média cobertura vegetal arbórea nas calçadas e quintais, característico dos bairros mais antigos de Presidente Prudente. Trata-se de uma área densamente construída, com alta pavimentação do solo, sendo que as construções predominantes no entorno de onde

¹⁶ JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

foi instalada a estação meteorológica caracterizam-se por serem de alvenaria com telhados de cerâmica.



Figura 3 – Imagem do Bairro Santa Helena. O destaque em vermelho refere-se ao ponto onde foi instalada a estação meteorológica automática.

Fonte: Google Earth TM mapping service/NASA/TerraMetrics copyright. Acesso em: fev. de 2011.

2 – Rural: o segundo ponto selecionado foi denominado rural (Figura 4) por se localizar fora da malha urbana, mais especificamente no Parque Ecológico Cidade da Criança, situado às coordenadas $22^{\circ} 11'58,54''$ S e $51^{\circ} 23'48,68''$ O (cerca de 9 km distante do ponto na cidade) . A Cidade da Criança está a aproximadamente 398m de altitude em relação ao nível do mar, no Km 561 da Rodovia Raposo Tavares em Presidente Prudente, e o local onde foi instalada a estação meteorológica automática possui no seu entorno cobertura vegetal rasteira e arbórea.

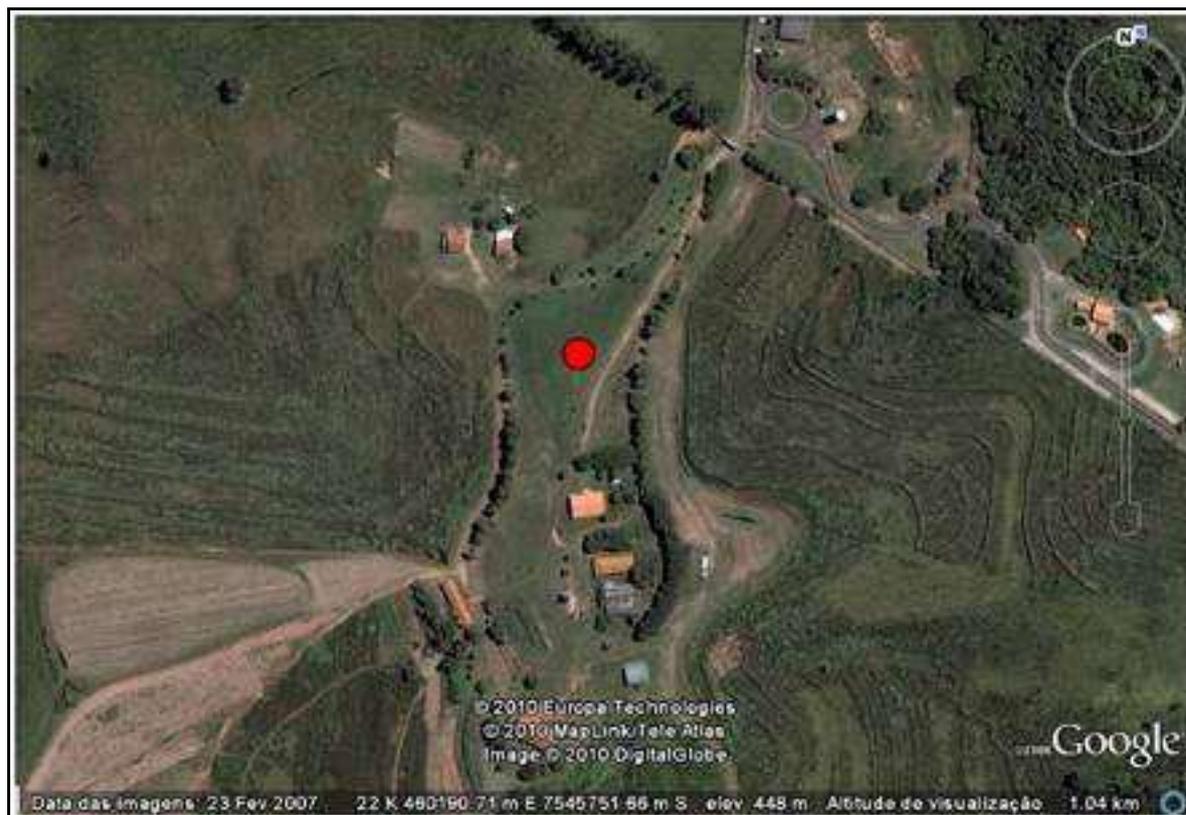


Figura 4 – Imagem do ambiente rural. O destaque em vermelho refere-se ao ponto onde foi instalada a estação meteorológica automática.

Fonte: Google Earth TM mapping service/NASA/TerraMetrics copyright. Acesso em: fev. de 2011.

4.3. O clima em Presidente Prudente

Com base na assertiva de Sant’Anna Neto e Tommaselli (2009, p. 9), de que “conhecer as características do clima local e as combinações dos tipos de tempo que atuam na cidade é fundamental para o planejamento urbano e para a utilização dos recursos provenientes da atmosfera em proveito das ações pela sociedade”, é essencial a descrição do contexto climático em que Presidente Prudente se insere para o estudo do seu clima urbano.

A cidade de Presidente Prudente localiza-se sob um regime de clima tropical, numa área de transição climática, sofrendo a atuação da maioria dos sistemas atmosféricos presentes na América do Sul. Enquanto os sistemas tropicais lhe conferem elevadas temperaturas de primavera e verão, os sistemas extratropicais ocasionam episódios de invasão das frentes frias e do ar polar no outono e inverno, provocando baixas temperaturas (SANT’ANNA NETO; TOMMASELLI, 2009).

A sazonalidade climática da cidade pode ser resumida a um período quente e chuvoso entre outubro e março e, outro mais ameno e seco, entre abril e setembro, quando as

temperaturas caem com a entrada das massas polares (BARRIOS; SANT'ANNA NETO, 1996).

Presidente Prudente apresenta um clima tropical, com duas estações definidas, um período de verão/outono, mais quente (temperaturas médias das máximas entre os 27 °C e 29°C) e muito chuvoso (entre 150 e 200 mm mensais) e invernos amenos (com temperaturas médias das mínimas entre os 16°C e 18°C) e menos úmidos (chuvas mensais entre os 20 e 50 mm) (AMORIM; MONTEIRO, 2011, p. 5).

Dada a importância da atuação dos sistemas atmosféricos na gênese climática regional, convém ressaltar os principais aspectos correspondentes a cada um que atua na área de estudo, conforme a figura abaixo revela (Figura 5).

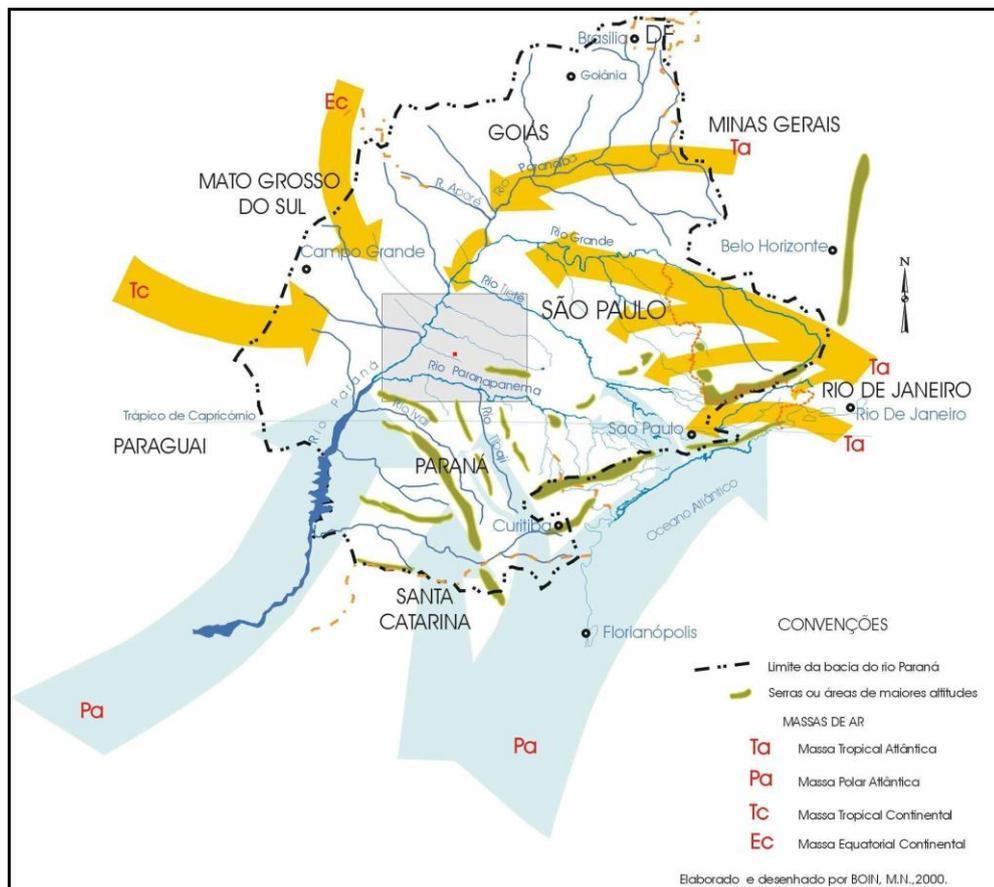


Figura 5 – Trajetos preferenciais das massas de ar que a tingem o oeste paulista.
Fonte: Boin (2000).

Destaca-se, portanto, que essa região é influenciada pela ação de sistemas atmosféricos tropicais como a massa Tropical Atlântica (mTa), que se origina no Anticiclone do Atlântico. Atua durante o ano todo sobre o oeste paulista, trazendo estabilidade do tempo

no outono/inverno, em decorrência da subsidência do ar superior e, instabilidade na parte inferior na primavera/verão. Apresenta também uma variante, a massa Tropical Atlântica Continentalizada (T_{ac}), que se caracteriza “por ser uma fácies da T_a devido às modificações que esta sofre ao avançar pelo continente. Como resultado tem-se temperatura mais elevada, umidade relativa baixa e pressões em ligeiro declínio” (BARRIOS; SANT’ANNA NETO, 1996).

Periodicamente, atua a massa Tropical Continental (mT_c), originada, por sua vez, numa área de baixas pressões denominada de Depressão do Chaco. Sua influência é bem definida na primavera e no verão, trazendo para a região um aquecimento bastante acentuado, resultando nos dias mais quentes e abafados e baixa umidade relativa do ar, podendo agir significativamente em dias pré-frontais (BEREZUCK, 2007).

A massa Polar Atlântica (mP_a) se origina no Anticiclone migratório Polar, e corresponde a um dos ramos que se divide no sul do continente. Trata-se de um sistema estável, que apresenta temperaturas baixas, pouca umidade e elevada pressão atmosférica. Atua principalmente no outono e inverno e dá origem a tipos de tempo frios e com o céu claro. Após alguns dias de domínio do ar polar é comum ocorrer uma diminuição gradativa da pressão e aumento da temperatura e, quando isto ocorre, a massa Polar Atlântica passa a denominar-se Polar Tropicalizada (PT). “Esta massa se caracteriza por localizar-se entre dois sistemas perturbados: uma frente fria em dissipação ao norte, caracterizando uma frontólise, e uma nova frente fria vindo do sul, caracterizando um processo de frontogênese” (SANT’ANNA NETO; TOMMASELLI, 2009, p. 16).

A área de estudo também é invadida especialmente no verão pela massa Equatorial Continental (mE_c), atraída pelos sistemas de baixa pressão do interior do continente. É formada na planície amazônica e caracteriza-se por alta umidade, temperatura elevada e ventos de quadrante oeste.

Os sistemas frontais que atingem a área são provocados pelo encontro dos sistemas tropicais e polares, que geram instabilidade atmosférica em área de descontinuidade das massas de ar. A Frente Polar Atlântica (FPA) apresenta-se mais vigorosa no inverno, mas também pode passar pelo território paulista durante o ano todo. Com a sua passagem na região, há elevada nebulosidade, precipitação e diminuição da temperatura (LIMA, 2009).

Além dos sistemas atmosféricos já descritos, podem também ser considerados como sistemas participantes nos aspectos climáticos regionais as Linhas de Instabilidade (LI), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e o Complexo Convectivo de Mesoescala

(CCM). As Linhas de Instabilidade (LI) ocorrem quando há movimento convectivo bastante intenso, principalmente associado às correntes de ar que se deslocam do litoral para o interior dos continentes. São comuns no verão e estão associadas à nebulosidade e precipitações.

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) se caracteriza por ser uma região de convergência de umidade em baixos e médios níveis que ocorrem em uma faixa orientada de noroeste para sudeste atravessando o Brasil. Geralmente esta região está associada com abundante nebulosidade e precipitação que persiste no mínimo 3 dias e ocorre entre os meses de outubro a abril.

O Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) é originado na Depressão Barométrica do Chaco. Devido às altas temperaturas que a região apresenta nos meses de primavera e verão, aliadas à presença de altas porcentagens de umidade relativa, favorece-se a ocorrência de fortes processos convectivos que originam aglomerados de nuvens com alto desenvolvimento vertical, associados à presença de frentes frias (BEREZUK, 2007).

Mais recentemente tem-se considerado também a atuação de ZCOU (Zona de Convergência de Umidade), cristas e cavados. A ZCOU apresenta características muito semelhantes à ZCAS, pois se caracteriza por ser uma região de convergência de umidade em baixos e médios níveis que ocorrem em uma faixa orientada de noroeste para sudeste atravessando o Brasil. Assim como a ZCAS, geralmente ocorre entre os meses de outubro e abril, apresentando alta nebulosidade e precipitação, mas com atuação de no máximo 2 dias¹⁷.

A crista é uma área alongada de pressão atmosférica elevada que está associada com uma área de máxima circulação ciclônica (movimentos subsidentes). Por isso, comumente é associada à melhoria nas condições de tempo com poucas nuvens e temperaturas relativamente mais elevadas. Enquanto o cavado corresponde a uma área alongada de baixa pressão atmosférica que está associada a uma área de circulação ciclônica mínima (movimentos ascendentes), provocando mudanças no tempo com formação de nebulosidade e precipitação.

Ugeda Junior (2012, p. 91) ainda destaca que é preciso levar em consideração “a atuação do El Niño e La Niña, que provocam alterações na circulação atmosférica em baixos e altos níveis que modificam os padrões de transporte de umidade e influenciam a distribuição das chuvas”.

¹⁷ Informações disponibilizadas no site do CPTEC/INPE: < <http://www.cptec.inpe.br/>>.

5 CONDIÇÕES SINÓTICAS E SUAS REPERCUSÕES NA SUPERFÍCIE

5.1. Análise dos sistemas atmosféricos em maio de 2010

Para a compreensão dos sistemas atmosféricos atuantes em Presidente Prudente durante os meses de maio de 2010 e fevereiro de 2011 foram utilizadas as imagens do satélite GOES, as cartas sinóticas da Marinha do Brasil e os dados registrados às 10h de cada mês pela estação meteorológica automática “*Vantage PRO 2*”¹⁸. Para a análise das condições sinóticas foram elaborados gráficos de análise rítmica, por meio dos quais os dados puderam ser correlacionados, permitindo a comparação dos elementos climáticos.

No mês de maio de 2010 houve atuação de sistemas polares e frontais (Figura 6). O predomínio da massa Polar Atlântica refletiu em baixas temperaturas mínimas durante a maioria dos dias e a passagem de Frentes Polares resultou num total pluviométrico mensal de 22,35mm. A velocidade do vento registrada em todo mês de maio de 2010 foi abaixo de 3,0 m/s, exceto nos dias 10, 17, 27 e 28 que foram registradas velocidades entre 3,1 m/s e 5,9 m/s.

Durante os dias 1, 2 e 3 atuou na região a massa Polar Tropicalizada. A pressão atmosférica variou entre 1015 e 1013hPa e houve alta nebulosidade nesses dias. Ocorreu a diminuição da umidade relativa do ar, que chegou próxima aos 55% e as temperaturas ficaram praticamente estáveis.

O dia 4 foi caracterizado pela rápida passagem de uma Frente Polar Atlântica, com a queda da temperatura máxima para 26,9°C. O céu manteve-se nublado, a pressão atmosférica teve um pequeno declínio (1012hPa) e a umidade relativa do ar subiu para 65%. Já no dia 5 a temperatura máxima elevou-se para 28,1°C sob a atuação da massa Polar Atlântica. A pressão atmosférica manteve-se estável e a umidade relativa do ar sofreu uma pequena queda.

Com a atuação da massa Tropical Atlântica nos dias 6 e 7, houve aumento da temperatura, atingindo a máxima de 31,7°C, e a umidade relativa do ar ficou em cerca de 70%, sem alterações significativas na pressão atmosférica.

No dia seguinte chegou à região uma Frente Polar Atlântica e sob a instabilidade atmosférica provocada por esse sistema houve alta nebulosidade, precipitação de cerca de 6mm e o registro de temperatura mínima de 18,9°C. A pressão atmosférica chegou aos 1012,6hPa, enquanto a umidade relativa do ar passou dos 80%.

¹⁸ Os dados de pressão atmosférica estão corrigidos ao nível do mar.

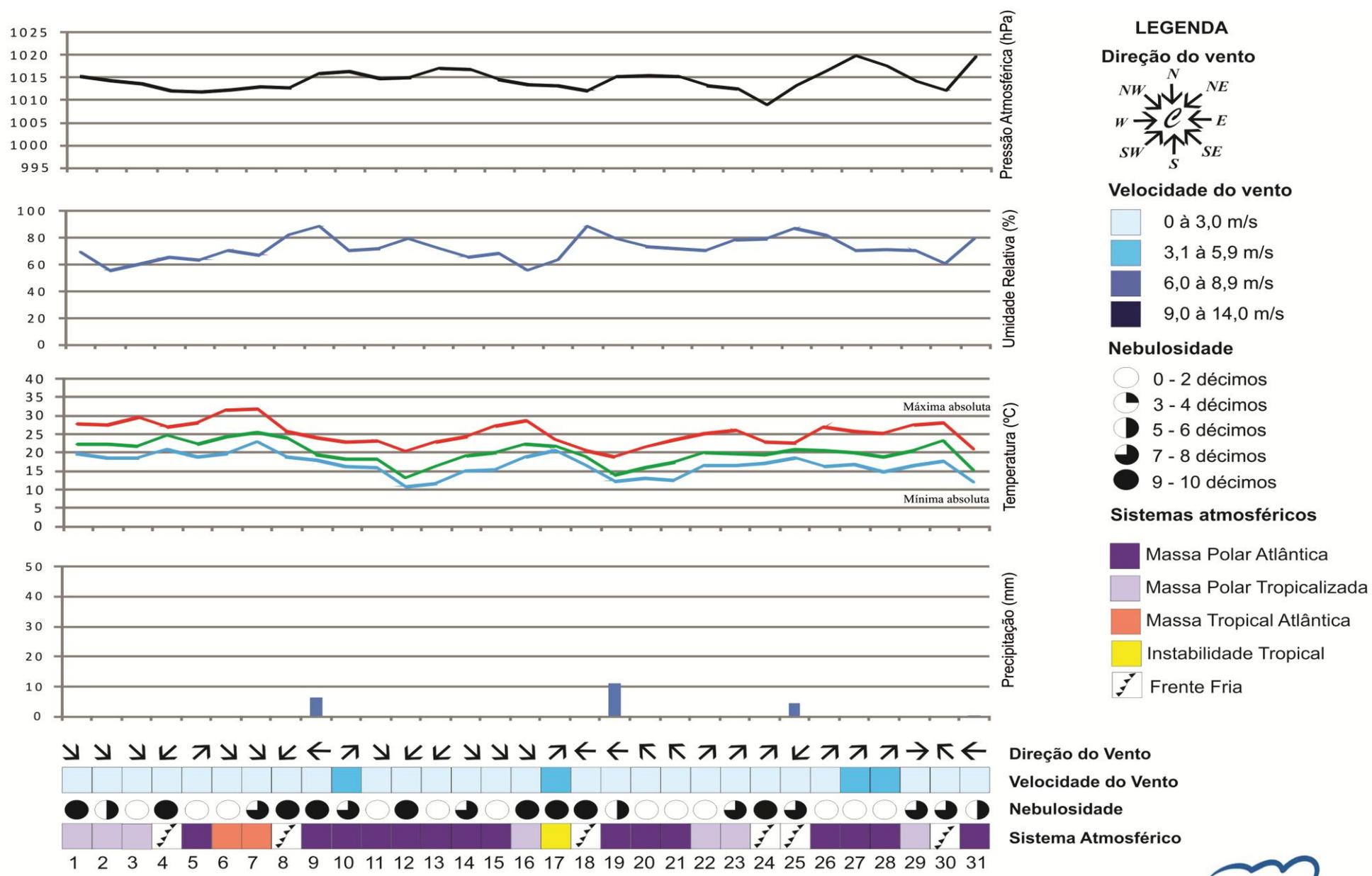


Gráfico de análise rítmica - Presidente Prudente/SP - Maio de 2010 - 10h
 Fonte: Estação Meteorológica Automática Vantage Pro2



Figura 6 – Análise rítmica - Presidente Prudente-SP - maio de 2010 - 10h. Fonte de dados: Estação Meteorológica Vantage Pro2.

Durante o período entre os dias 9 e 15 atuou uma massa Polar Atlântica que fez com que houvesse uma queda nas temperaturas mínimas (próximas aos 16°C), chegando a atingir cerca de 11°C nos dias 12 e 13. A umidade relativa do ar registrada no período foi de aproximadamente 70%, com velocidade do vento variando entre 2m/s e 4m/s e pressão atmosférica entre 1014 e 1017hPa.

Com a tropicalização da massa de ar Polar no dia 16, a temperatura mínima aumentou para 18,7°C e a máxima atingiu 28,6°C. Também ocorreu a diminuição da umidade relativa do ar para 55%, com o registro de velocidade do vento abaixo de 2m/s e pressão atmosférica de cerca de 1013hPa.

Nos dias 17 e 18 a região se encontrou novamente sob instabilidade atmosférica (formação de linhas de instabilidade e chegada de uma frente fria), o que provocou alta nebulosidade e precipitação de 11mm. Consequentemente, as temperaturas voltaram a diminuir, registrando mínima de 16,4°C e máxima de 20,6°C, enquanto a umidade relativa do ar aumentou para cerca de 80%.

Entre os dias 19 e 21 houve influência da massa Polar Atlântica, que repercutiu na queda das temperaturas mínimas e umidade de aproximadamente 70%. Apesar de se verificar o aumento das temperaturas máximas registradas, variando de 18,7°C no dia 19 até próximo aos 23°C no dia 20, as mínimas continuaram com valores baixos (cerca de 13°C).

A massa de ar Polar tropicalizada nos dias 22 e 23 proporcionou o aumento das temperaturas, atingindo a máxima de 26°C e a umidade relativa do ar permaneceu próxima aos 70%. Houve pouca nebulosidade e a pressão atmosférica sofreu um declínio para 1012hPa durante esses dias.

Um novo sistema frontal avançou sobre a região durante os dias 24 e 25 ocasionando precipitação de aproximadamente 5mm. A condição de instabilidade gerada propiciou a diminuição das temperaturas máximas, com o registro de cerca de 22°C, umidade relativa do ar acima dos 80% e velocidade do vento de até 2m/s.

No período entre os dias 26 e 28 houve a atuação da massa Polar Atlântica. Sob influência desse sistema, as temperaturas mínimas registradas ficaram próximas aos 16°C, com a velocidade do vento variando de 2m/s a 4,5m/s. Esta situação começou a se alterar no dia seguinte, quando houve o aumento da temperatura máxima para 27,6°C e diminuição da pressão atmosférica de cerca de 1019 para 1014hPa.

No dia 30 houve a incursão de novo um sistema frontal, mas fraco, e o registro de apenas 0,25mm de precipitação. Situação logo precedida pelo avanço de outra massa Polar no

dia 31, responsável pela diminuição das temperaturas máxima e mínima para 20,7°C e 12°C, respectivamente. Ainda se verificou a elevação da umidade relativa do ar para cerca de 80%, assim como da pressão atmosférica para 1019hPa.

Em síntese, pode-se dizer que no mês de maio de 2010 houve atuação predominante de sistemas polares e frontais e que, de acordo com o Boletim de Informações Climáticas do CPTEC/INPE (Infoclima), a incursão de massas de ar frio no decorrer desse mês antecipou as condições típicas de inverno na maior parte do centro-sul do Brasil. De forma mais específica, o predomínio da massa Polar Atlântica em Presidente Prudente refletiu em baixas temperaturas mínimas durante a maioria dos dias, mas principalmente durante a segunda semana de maio. Assim como a passagem de Frentes Polares resultou num total pluviométrico mensal de 22,35mm registrados pela estação meteorológica automática instalada na área urbana.

5.2. Análise dos sistemas atmosféricos em fevereiro de 2011

De acordo com o Boletim Técnico do CPTEC, no mês de fevereiro as chuvas ocorreram abaixo da média histórica na maior parte da Região Sudeste, déficit associado principalmente ao deslocamento de um episódio de ZCAS para o sul. A exceção ocorreu em áreas isoladas e no oeste paulista, influenciados pelo mesmo sistema e também favorecidos pela formação de áreas de instabilidade associadas a efeitos termodinâmicos. Em Presidente Prudente, por exemplo, o total pluviométrico em fevereiro foi de 230,56mm.

Os quatro primeiros dias do mês foram marcados por instabilidade atmosférica, o que ocasionou a precipitação de 70,59mm e o registro de umidade relativa do ar acima dos 70% (Figura 7). Nesse período, as temperaturas máximas variaram entre 29°C e 32°C, enquanto as mínimas permaneceram próximas aos 22°C, sem mudanças significativas na pressão atmosférica (cerca de 1010hPa).

Durante os dias 5 e 6 houve atuação da massa Equatorial continental e o aumento de aproximadamente 3°C nas temperaturas máximas e mínimas em relação ao registrado no dia 4, que foi de 29,3° e 20,9°C, respectivamente. A umidade relativa diminuiu para cerca de 60% e a velocidade do vento foi de 2,2m/s.

Sob influência de um cavado, o dia 7 apresentou alta nebulosidade, precipitação diária de 2,3mm e temperatura máxima de 33,2°C. Porém, a atuação de um sistema frontal nos dias

8 e 9 também contribuiu para a instabilidade do tempo e diminuição de aproximadamente 2°C nas temperaturas máximas, aumento da umidade do ar e ventos de até 2,7m/s.

A partir do dia 10, como prolongamento da onda frontal, estendeu-se a ZCAS que atuou pelo interior do continente até o dia 16. Durante a atuação desse sistema, as temperaturas máximas variaram entre 28°C e 31°C, as mínimas registradas ficaram entre 21°C e 24°C, aproximadamente, com percentuais elevados de umidade relativa. O total pluviométrico verificado desse período foi de 62,21mm, sendo que no dia 12 um cavado se acoplou ao posicionamento da ZCAS e reforçou este sistema, ocasionando um acumulado de 30,22mm no dia 13.

No dia 17, observou-se uma Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), que embora enfraquecida em relação aos dias anteriores, ainda apresentou uma banda de nebulosidade que se estendeu da Amazônia ao Sudeste. Sob influência desse sistema, registrou-se temperatura máxima de 30,9°C, precipitação de 4,07mm e umidade do ar em 80%.

No dia seguinte atuou sobre a região a massa Equatorial continental, durante a qual não houve registro de precipitação e verificou-se aumento principalmente na temperatura máxima (32,4°C) e às 10h (29,5°C). A umidade do ar apresentou diminuição em relação aos dias anteriores, cerca de 60%, e a velocidade do vento foi de 2,2m/s.

O avanço de um cavado no dia 19 ocasionou precipitação de 2,29mm e diminuição das temperaturas máxima e a referente ao horário de análise para 27,6°C e 23,7°, respectivamente. Inversamente proporcional à temperatura, a umidade do ar aumentou para cerca de 80% e o vento apresentou velocidade de apenas 0,4m/s.

No dia 20, sob influência da massa Equatorial continental, verificou-se o aumento significativo da temperatura máxima para 33,1°C e a das 10h para 29,9°C, e a diminuição da umidade relativa para 57%. A velocidade do vento atingiu 4m/s, enquanto a pressão registrada foi de 1010,4hPa.

Durante os dias 21 e 22 houve influência da massa Tropical continental, que conferiu céu claro e tempo estável à região. Verificou-se, portanto, o aumento das temperaturas (máxima de 34,1°C e 31,9°C às 10h), diminuição da umidade relativa para 54% e velocidade do vento de 1,3m/s no dia 22.

Entre os dias 23 e 25 formaram-se linhas de instabilidade que proporcionaram um pouco de nebulosidade e precipitação acumulada de 5,33mm no dia 22. A umidade relativa do ar nesse mesmo dia foi de 64%, com temperatura mínima de 22,6°C e pressão atmosférica de 1007,3hPa.

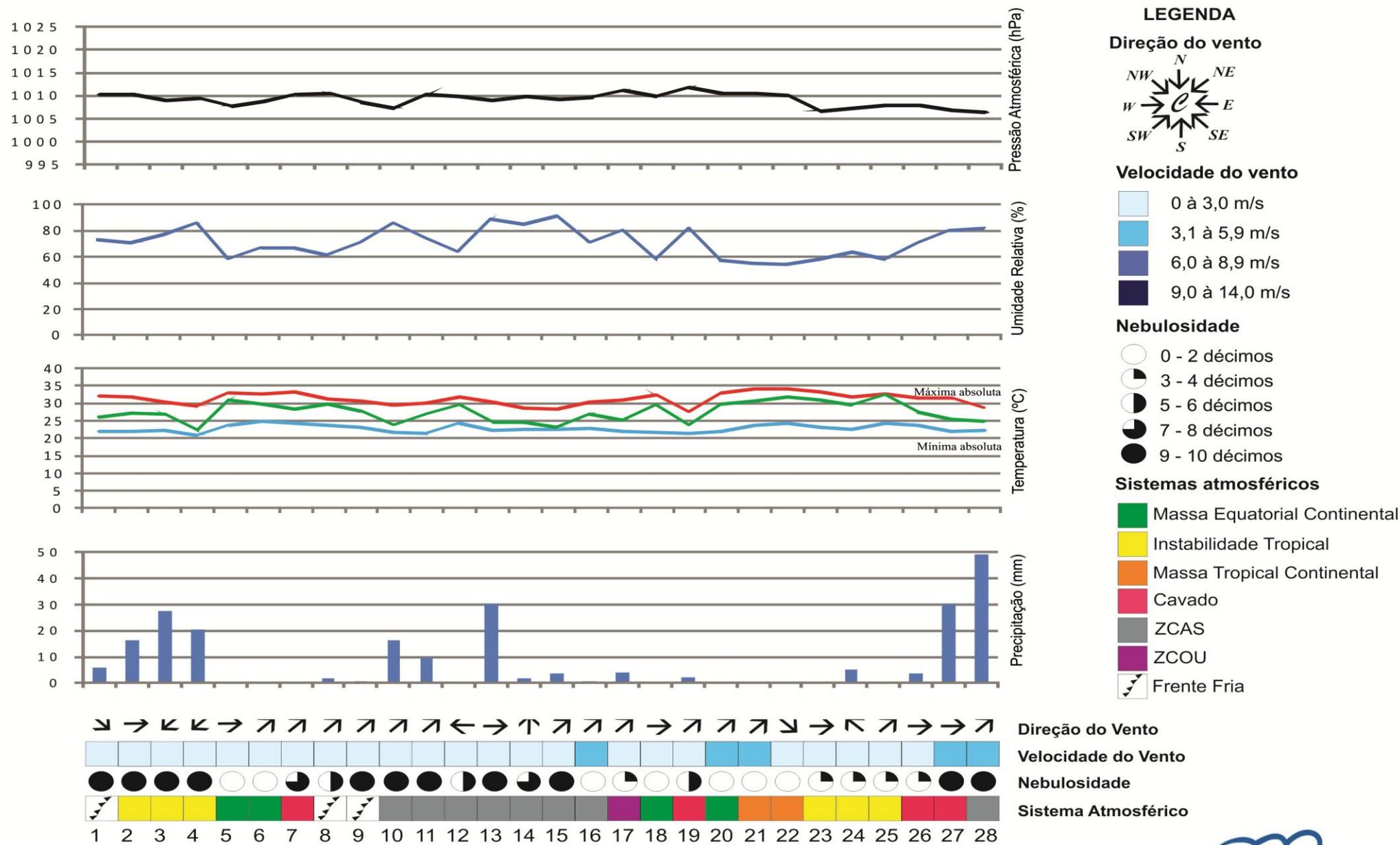


Gráfico de análise rítmica - Presidente Prudente/SP - Fevereiro de 2011 - 10h
 Fonte de dados: Estação Meteorológica Automática Vantage Pro2



Figura 7 - Análise rítmica - Presidente Prudente-SP - fevereiro de 2011 - 10h. Fonte de dados: Estação Meteorológica Vantage Pro2.

Já nos dias 26 e 27, o avanço de um cavado ocasionou instabilidade atmosférica, aumento da nebulosidade e precipitação acumulada de 34,2mm. Houve diminuição das temperaturas, sendo a máxima de 34,6°C e mínima de 22,1°C no dia 27, com umidade relativa de 80% e ventos de 3,1m/s.

No último dia do mês um canal de umidade configurou outro evento de ZCAS entre o sul da região amazônica e o Atlântico, associado a uma onda frontal neste oceano. A presença desse sistema na região provocou precipitação acumulada de 49,26mm, ventos de até 4,9m/s, diminuição das temperaturas (máxima de 28,7°C) e aumento da umidade para 82%.

De forma geral, verificou-se que fevereiro apresentou três momentos bem marcados por condições atmosféricas instáveis, sendo estes na primeira quinzena e na última semana do mês. Como pode ser visto, as linhas de instabilidade, mas principalmente a configuração e permanência prolongada da ZCAS, foram responsáveis pelos totais pluviométricos mais elevados durante o mês (acima de 30mm), altos percentuais de umidade relativa do ar e diminuição das temperaturas do horário de análise (10h).

6 ANÁLISES DAS DIFERENÇAS TÉRMICAS E HIGROMÉTRICAS ENTRE O CAMPO E A CIDADE EM PRESIDENTE PRUDENTE

6.1. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de maio de 2010

A análise das tabelas e dos gráficos das diferenças termo-higrométricas entre o campo e a cidade no mês de maio permitiu identificar que, de maneira geral, as maiores diferenças ocorreram durante a primeira quinzena do mês, quando as condições atmosféricas se encontravam mais estáveis devido à atuação predominante de sistemas polares.

Quanto aos horários selecionados, as diferenças térmicas se tornaram mais evidentes às 4h e 20h, pois correspondem a um período no qual o campo, em virtude das características da superfície natural, apresenta temperaturas mais amenas proporcionadas pelo rápido resfriamento. Enquanto a cidade ainda exibia temperaturas mais elevadas em decorrência dos materiais urbanos demorarem mais tempo para devolver à atmosfera o calor absorvido durante o dia na forma de radiação de ondas longas.

6.1.1. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de maio de 2010 às 4h

Ao analisar os dados das 4h (Tabela 7 e Gráficos 1 e 2), nota-se que as diferenças ao longo do mês de maio variaram de 1,8°C a 2,6°C. Este horário foi favorável a tais diferenças, pois o tipo de cobertura do solo existente no ambiente rural possibilita um resfriamento mais acelerado em relação à cidade, onde as temperaturas apresentaram-se mais elevadas devido à impermeabilização do solo e aos tipos de materiais usados nas edificações, que armazenam o calor por mais tempo.

Os valores máximos registrados foram de 3,5°C, 3,2°C, 3,1°C e 3,4°C, nos dias 4, 5, 11 e 12, respectivamente, sob a rápida passagem de uma frente fria no dia 4, sem o registro de precipitação, e a subsequente atuação da massa Polar Atlântica.

No que diz respeito à umidade relativa do ar no campo e na cidade, os valores registrados se apresentaram inversamente proporcionais aos da temperatura nos dois pontos, com diferenças higrométricas de aproximadamente 8% entre os dois pontos, em sua maioria associadas à atuação da massa Polar.

No dia 30 a diferença atingiu os 15% sob atuação de uma Frente Polar, pois o total precipitado (0,25mm) não foi suficiente para equalizar os valores de umidade entre o ponto rural e o urbano. Já as menores diferenças foram registradas nos dias 18 e 25, associadas à ocorrência de precipitação nos dois pontos de coleta de dados.

Tabela 7 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 4h.

Dias	Diferenças Térmicas (°C)	Diferenças Higrométricas (%)	Velocidade do Vento Urbana (m/s)	Velocidade do Vento Rural (m/s)
1	2,2	9	1,3	0,4
2	1,6	3	0,9	3,1
3	2,8	8	1,3	1,3
4	3,5	14	0	0,9
5	3,2	8	0	0,4
6	1,8	4	0,4	0,4
7	1,8	7	0,9	1,8
8	2,8	8	0,9	0,9
9	1	-4	0,9	1,8
10	1,3	2	2,2	1,8
11	3,1	14	0,9	0,4
12	3,4	9	0,4	0,4
13	2,6	6	0	0,4
14	1,6	5	0,9	0,9
15	1,8	8	1,3	1,8
16	1,2	3	0,9	0,9
17	1,8	4	1,3	1,8
18	1	1	4,5	7,6
19	1,9	4	0,4	3,1
20	2,5	8	0,4	0,4
21	1,7	7	0	0
22	1	6	0,9	0,9
23	1,6	4	1,8	2,7
24	2	5	2,2	2,7
25	0,6	-1	0	2,2
26	0,4	-3	0	0,4
27	1,1	2	2,7	4,5
28	1,8	6	4,5	5,8
29	1,7	4	1,8	2,2
30	-2,6	-15	0	3,1
31	2,4	4	0,9	4

Fonte: Estações Meteorológicas Automáticas Vantage Pro 2 – Davis Instruments.

6.1.2. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de maio de 2010 às 10h

A partir desse horário, a influência do aquecimento matutino já começou a ser perceptível nas diferenças termo-higrométricas entre o campo e a cidade (Gráficos 3 e 4). Estas foram menores em relação às observadas no horário anterior e como pode ser observado na Tabela 8, às 10h, em geral as diferenças térmicas apresentaram valores inferiores a 1°C, sendo possível verificar valores negativos, correspondentes aos dias em que o campo registrou temperaturas superiores às da cidade.

Sob influência de um fraco sistema frontal e da massa de ar Polar, os dias 4 e 12 apresentaram diferença térmica de 1,4°C, enquanto no dia 8, com a passagem de uma Frente Polar (com registro de 19,31mm de precipitação no campo e 5,58mm na cidade), a diferença foi de 1,6°C. Nos dias 3 e 6 observou-se diferenças de 1,1°C e 1,3°C, respectivamente, com o campo mais quente em relação à cidade.

Quanto à umidade relativa do ar, esta também apresentou diferenças negativas referentes aos percentuais de umidade relativa superiores na cidade. Todavia, a maior diferença verificada foi no dia 12, quando o ponto rural registrou 10% a mais de umidade do que o ponto urbano.

Tabela 8 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 10h.

Dias	Diferenças Térmicas (°C)	Diferenças Higrométricas (%)	Velocidade do Vento Urbana (m/s)	Velocidade do Vento Rural (m/s)
1	-0,6	-3	1,8	2,7
2	-0,6	-2	2,2	6,3
3	-1,1	-2	2,2	3,1
4	1,4	4	0,9	1,3
5	0	-1	0,9	2,7
6	-1,3	-4	1,8	4,5
7	-0,4	-2	1,3	4,5
8	1,6	5	0,4	1,8
9	0,3	1	0,9	1,8
10	-0,6	-2	4	2,7
11	-0,5	-4	1,8	4,5
12	1,4	10	2,2	4,9
13	-0,1	2	1,3	2,2
14	-0,3	-1	2,7	5,4
15	-0,8	-3	2,2	3,1
16	-0,9	-2	1,8	2,2
17	0,7	2	3,1	2,2
18	0,9	-4	0,9	5,8
19	0,4	0	1,3	4
20	-0,3	0	1,3	4
21	-0,7	3	0,4	0,9
22	-0,7	-3	2,7	4,5
23	-0,3	-1	2,7	4
24	0,7	1	2,2	3,1
25	0	-4	0,4	2,2
26	0,7	9	1,8	2,7
27	-0,3	-1	4,5	4,5
28	-0,2	0	3,1	5,4
29	0	1	2,7	5,4
30	0	0	0,4	6,3
31	0,2	0	1,3	6,7

Fonte: Estações Meteorológicas Automáticas Vantage Pro 2 – Davis Instruments.

6.1.3. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de maio de 2010 às 16h

Durante o mês de maio, às 10h e 16h foram verificadas as menores diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade, coincidindo com os horários de maior insolação e maior aquecimento diurno em ambas as áreas, sendo que durante o período de estiagem o campo também apresentou temperaturas elevadas.

Assim, às 16h somente seis dias apresentaram diferenças térmicas iguais ou superiores a 1°C (6, 8, 15, 17, 24 e 30). Como pode ser visto na Tabela 9 e no Gráfico 5, o maior valor registrado foi de 1,7°C no dia 15, com 26,9°C de temperatura na cidade e 28,6°C no campo, quando atuava uma massa de ar polar.

As diferenças higrométricas também foram pequenas entre os pontos, sendo que os maiores valores registrados ocorreram na primeira quinzena do mês. Os dias 8 e 9 apresentaram diferenças de 8% e 6%, respectivamente, enquanto nos demais dias predominaram diferenças entre 1% e 2% (Gráfico 6 e Tabela 9).

Tabela 9 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 16h.

Dias	Diferenças Térmicas (°C)	Diferenças Higrométricas (%)	Velocidade do Vento Urbana (m/s)	Velocidade do Vento Rural (m/s)
1	0,4	1	1,3	2,7
2	-0,2	2	2,7	3,1
3	-0,3	2	0,4	4,9
4	0,9	1	0,9	4,5
5	-0,4	-3	0,4	5,4
6	-1,3	0	0,4	3,1
7	0,4	2	2,2	7,2
8	1	8	1,8	3,1
9	0,9	6	1,8	2,7
10	0,8	4	1,8	4,9
11	0,2	-1	1,8	7,6
12	0,4	2	2,7	6,7
13	-0,6	-1	0,9	2,7
14	0,5	0	1,8	4,5
15	-1,7	-3	0,9	2,7
16	0	-2	0,4	1,3
17	1,1	3	2,2	4
18	0,9	0	0,4	4,5
19	0,3	-1	1,8	5,8
20	-0,4	-1	1,8	4,5
21	-0,5	1	1,8	3,1
22	-0,2	2	2,7	2,7
23	0,2	1	1,3	1,8
24	1,7	4	0,9	4,5
25	0,6	1	1,3	3,1
26	-0,9	-4	1,8	2,2
27	0,3	1	2,2	3,1
28	-0,1	0	1,8	4
29	-0,3	-1	0,9	5,4
30	1,2	1	2,2	9,8
31	0,9	2	1,8	5,4

Fonte: Estações Meteorológicas Automáticas Vantage Pro 2 – Davis Instruments.

6.1.4. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de maio de 2010 às 20h

Às 20h, os materiais urbanos ainda estão liberando a energia absorvida durante o dia na forma de calor, aquecendo a atmosfera urbana enquanto o campo se resfriou mais rapidamente. Sendo assim, observou-se o aumento das diferenças térmicas, com o registro de valores superiores a 2°C durante vinte e dois dias (Tabela 10).

Os dias 1, 2, 6, 7, 9 e 22, por exemplo, registraram diferenças iguais ou superiores a 3°C. Dentre esses, o dia 2 esteve sob a influência da massa Polar tropicalizada e apresentou 3,9°C, a maior diferença de temperatura observada em todo o mês.

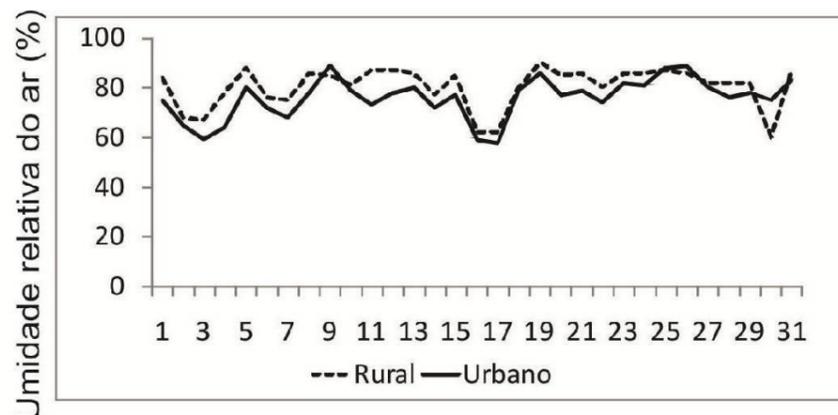
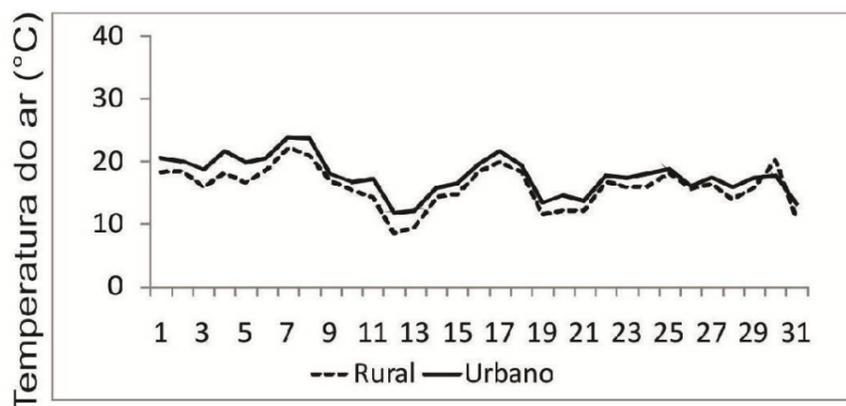
As diferenças higrométricas entre o campo e a cidade também se elevaram, apresentando valores entre 10% e 13% durante onze dias de maio, concentrados principalmente na primeira quinzena do mês (Gráfico 8).

Em contrapartida, como pode ser verificado na Tabela 10, o dia 30 não apresentou diferença higrométrica entre os pontos, já que ambos registraram 84% de umidade relativa do ar após a passagem de um sistema frontal.

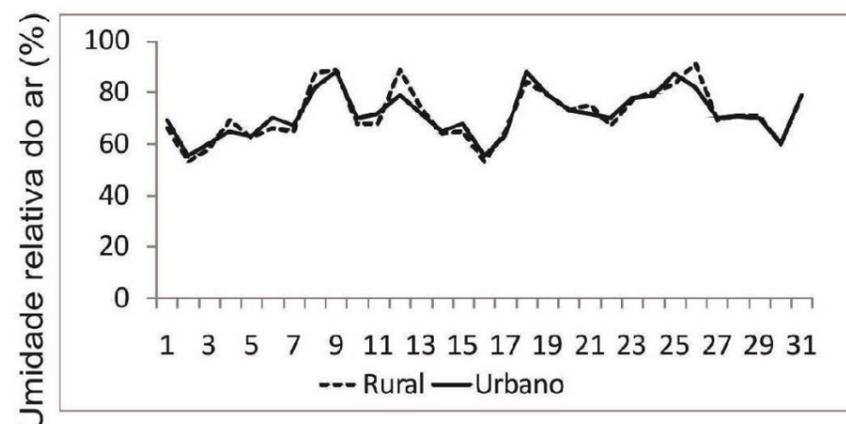
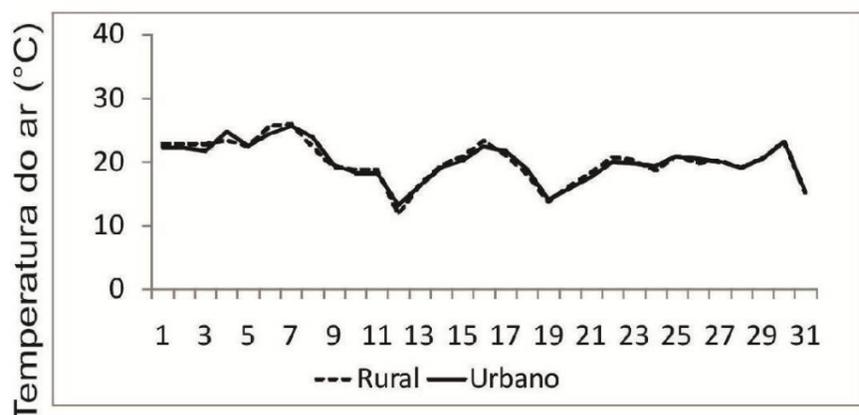
Tabela 10 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 20h.

Dias	Diferenças Térmicas (°C)	Diferenças Higrométricas (%)	Velocidade do Vento Urbana (m/s)	Velocidade do Vento Rural (m/s)
1	3,5	11	1,3	0,4
2	3,9	12	1,3	0,4
3	-0,4	-6	0	1,3
4	2,5	7	0	0,4
5	2,3	10	0	0,9
6	3,2	11	0,9	0,4
7	3	12	1,8	6,7
8	1,9	4	2,7	6,7
9	3,5	13	0,4	0,4
10	2,7	10	1,3	1,3
11	2,6	7	1,8	4
12	2,6	6	0,4	1,3
13	2,3	8	0,9	0,9
14	2,6	11	0,4	0,4
15	1,2	12	0	1,3
16	2,6	8	1,8	0,4
17	1,4	2	3,1	2,2
18	1	-2	0,4	4,5
19	2,1	8	0	0,4
20	2,3	8	0,4	0,9
21	2,6	7	1,3	2,2
22	3,2	11	0,9	1,8
23	2,9	10	0,9	0,9
24	1,5	-1	1,3	1,8
25	1,4	3	0	0,4
26	2,4	8	0,9	2,2
27	2,3	6	2,2	1,8
28	1,9	6	0	0,9
29	-0,5	-6	0	0,4
30	1,9	0	1,8	6,7
31	2,4	7	0,9	1,3

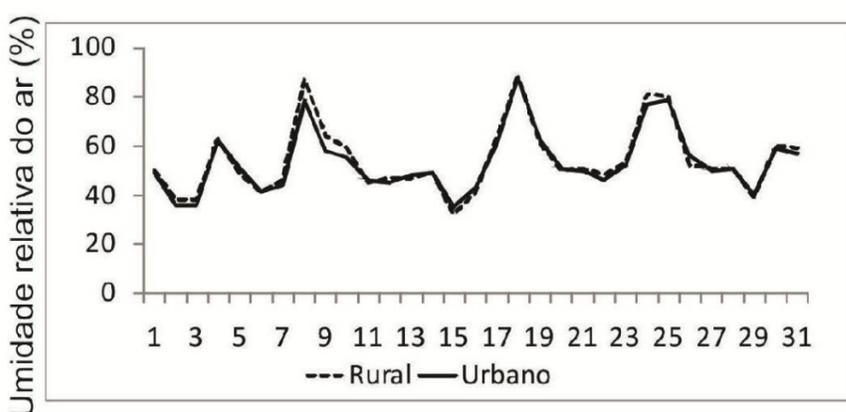
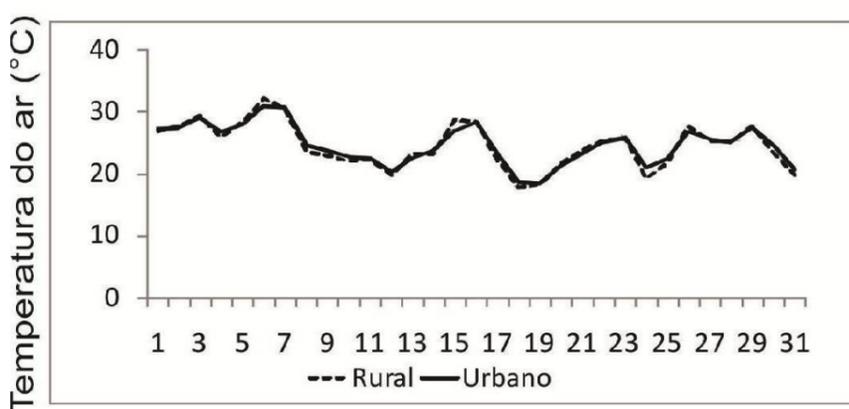
Fonte: Estações Meteorológicas Automáticas Vantage Pro 2 – Davis Instruments.



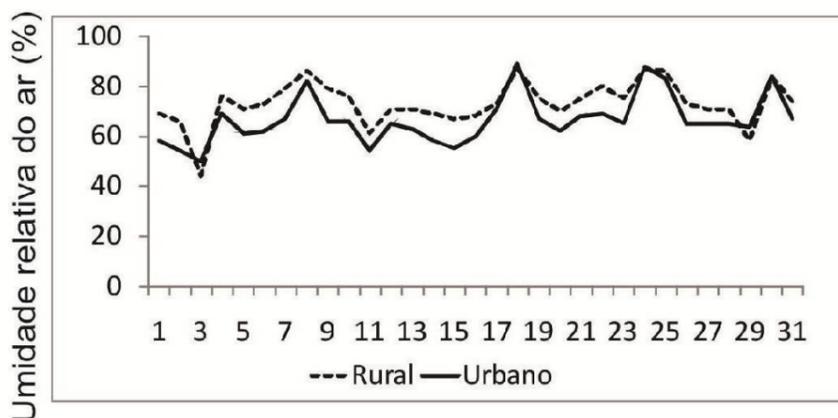
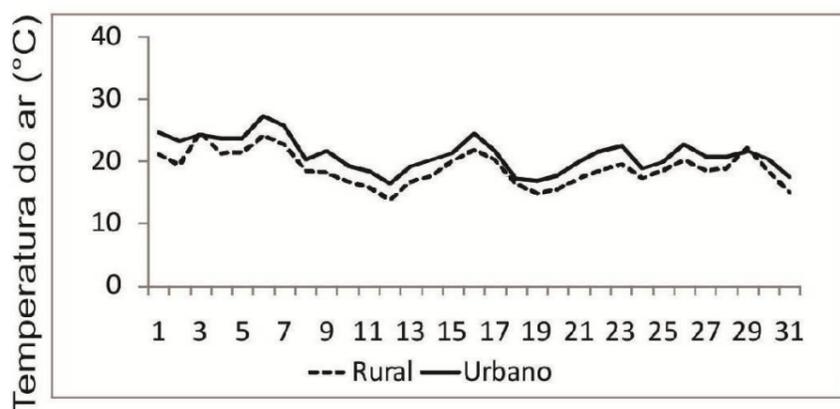
Gráficos 1 e 2 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 4h.



Gráficos 3 e 4 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 10h.



Gráficos 5 e 6 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 16h.



Gráficos 7 e 8 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de maio de 2010, às 20h.

6.2. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de fevereiro de 2011

Através da análise das tabelas e dos gráficos das diferenças termo-higrométricas entre o campo e a cidade no mês de fevereiro, verificou-se que os sistemas atmosféricos estáveis proporcionaram diferenças significativas entre os pontos de medição de dados. Contudo, em algumas condições de tempo instáveis foram observadas diferenças elevadas, que coincidiram com o registro de totais pluviométricos e velocidades do vento superiores no campo.

Assim, chamou a atenção o horário das 16h, pois ao contrário do que ocorreu em maio, em fevereiro as diferenças térmicas apresentaram valores elevados, chegando a atingir 4,4°C, provavelmente por ter sido um mês bastante chuvoso e com diferenças nos totais pluviométricos e na velocidade do vento entre o campo e a cidade. Entretanto, no período noturno houve um número maior de dias com diferenças acima de 2,5°C, sendo que até às 10h houve diferenças acima de 2°C.

6.2.1. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de fevereiro de 2011 às 4h

Durante esse horário foram identificadas diferenças térmicas abaixo dos 2°C, sobretudo na primeira quinzena do mês, com exceção dos dias 6 e 7, que exibiram 2,7°C e 2,5°C de diferença entre o campo e a cidade (Tabela 11). Já a última semana de fevereiro também mostrou diferenças térmicas acima de 2°C, com os dias 21 e 22 registrando 2,9°C sob atuação da massa de ar Tropical continental.

No dia 6 atuou na região a massa de ar Equatorial continental, conferindo estabilidade ao tempo e proporcionando a maior diferença térmica do horário, enquanto o dia 7 sob influência de um cavado registrou precipitação de 0,51mm no rural e 2,03mm no urbano.

No que diz respeito às diferenças higrométricas, estas se apresentaram menores ou iguais a 8% durante até o 20º dia do mês, exceto o dia 7 que registrou 10% (Gráfico 10). Na última semana, os dias 21, 22 e 25 apresentaram 10%, 12% e 10%, nesta sequência, de diferença de umidade relativa do ar entre o campo e a cidade.

O dia 25, por exemplo, sob influência de linhas de instabilidade, registrou 10% de diferença higrométrica, o que pode ser explicado pelo fato de ter chovido mais no campo do

que na cidade (20,57mm no ponto rural e 3,81mm no urbano), além de ter sido registrada velocidade do vento de 1,3m/s no rural enquanto no urbano a situação foi de calma.

Tabela 11 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 4h.

Dias	Diferenças Térmicas (°C)	Diferenças Higrométricas (%)	Velocidade do Vento Urbana (m/s)	Velocidade do Vento Rural (m/s)
1	1,4	-4	0,4	8
2	1	-1	0,4	6,3
3	1,2	-6	0,4	3,1
4	1,3	-5	0,9	5,4
5	1,8	8	0	1,3
6	2,7	6	0,9	0,4
7	2,5	10	1,8	0,4
8	1,8	4	0	1,3
9	1,9	3	1,3	8
10	1,4	-4	0	0
11	1	-6	0,9	0,4
12	1,2	4	0	4,9
13	1,5	-4	0,9	6,3
14	1,2	-4	0,4	1,8
15	1,6	4	0,4	2,7
16	1,3	7	2,2	2,7
17	0,9	0	3,1	6,7
18	1,9	7	2,7	1,8
19	2,1	1	0	1,3
20	2,5	8	1,8	0,4
21	2,9	10	2,7	1,8
22	2,9	12	0,4	0,4
23	2,6	9	1,3	0,4
24	1,4	0	1,3	0,4
25	2,8	10	0	1,3
26	2,1	4	1,3	0,4
27	0,6	-7	1,8	4
28	0,8	-5	2,7	1,3

Fonte: Estações Meteorológicas Automáticas Vantage Pro 2 – Davis Instruments.

6.2.2. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de fevereiro de 2011 às 10h

Nesse horário, as diferenças térmicas durante a primeira quinzena exibiram valores mais elevados em relação ao horário analisado anteriormente (Tabela 12). Os dias 5, 6, 8, 11 e 12 registraram diferenças acima de 2°C, sendo que no dia 12, sob atuação da ZCAS registrou-se 2,7°C, numa situação em que houve 6,86mm de precipitação no rural e 2,79mm no urbano.

Entretanto, durante o período entre os dias 13 e 21 as diferenças de temperatura ficaram abaixo de 1,6°C, sendo que a partir do dia 22 até o dia 25 estas aumentaram novamente, chegando a registrar 2,8°C no dia 22 sob influência da massa Tropical continental (Gráfico 11).

Quanto às maiores diferenças higrométricas, estas se apresentaram semelhantes às diferenças térmicas no que diz respeito à concentração dos valores mais elevados (entre 10% e 12%) durante a primeira quinzena de fevereiro e na última semana do mês (10% a 11%). No dia 5, por exemplo, sob atuação da massa Equatorial continental, a diferença de umidade relativa do ar foi de 12% entre o campo e a cidade.

Tabela 12 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 10h.

Dias	Diferenças Térmicas (°C)	Diferenças Higrométricas (%)	Velocidade do Vento Urbana (m/s)	Velocidade do Vento Rural (m/s)
1	0,6	2	0,4	4,5
2	1,1	4	1,3	2,2
3	1,5	2	1,8	4
4	-0,1	1	0,9	3,1
5	2,2	12	2,2	2,7
6	2,2	8	2,2	4
7	1,3	5	2,2	2,2
8	2,1	10	2,7	3,1
9	1,8	9	1,8	2,2
10	0,1	1	0,9	1,8
11	2,1	10	2,2	4,5
12	2,7	10	0,9	4
13	1,2	1	0,9	1,8
14	-0,1	-2	0,4	4,5
15	1,1	-4	1,8	3,6
16	0,9	9	3,1	3,6
17	-0,2	0	2,7	4,5
18	1,4	7	2,7	4,5
19	1,6	7	0,4	2,7
20	1,1	10	4	1,8
21	1,5	6	3,1	3,1
22	2,8	9	1,3	3,1
23	2,6	10	0,9	4,5
24	2,3	11	0,9	4,9
25	2,6	9	2,2	2,7
26	0,4	4	2,7	2,7
27	-0,4	1	3,1	2,2
28	-0,2	2	4,9	6,3

Fonte: Estações Meteorológicas Automáticas Vantage Pro 2 – Davis Instruments.

6.2.3. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de fevereiro de 2011 às 16h

Às 16h, as diferenças térmicas estiveram abaixo de 2°C na maioria dos dias, com exceção dos dias 6, 7, 8, 13, 20, 21, 22 e 25 que apresentaram valores entre 2°C e 4,4°C. Os dias 8, 12, 22 e 25 registraram 3,6°C, 3,6°C, 3,4°C e 3,8°C, respectivamente (Tabela 13).

No dia 7 registrou-se 4,4°C, sob atuação de um cavado, com 12,45mm de precipitação no rural e 2,03mm no urbano. No dia 8 houve o registro de precipitação nos dois pontos de medição de dados, no entanto os totais pluviométricos também foram diferentes: 10,67mm de chuva no rural e 0,51mm no urbano.

A mesma situação ocorreu nos dias 12 e 25, nos quais provavelmente tenha sido a diferença nos totais pluviométricos entre o campo e a cidade um dos fatores que proporcionaram as diferenças de temperatura, visto que as maiores velocidades do vento também foram verificadas no ponto rural (6,7m/s no dia 12 e 9,8m/s no dia 25), enquanto o ponto urbano exibiu valores inferiores a 0,5m/s.

Em relação às diferenças higrométricas, estas também apresentaram valores elevados que variaram entre 11% e 25% durante a primeira e a última semana do mês, com o registro de percentuais abaixo de 10% entre os dias 9 e 19 (Gráfico 14). No dia 8, com as características de temperatura e precipitação descritas acima, a diferença chegou a 22%, enquanto no dia 25, quando houve totais pluviométricos mais elevados no campo do que na cidade, o percentual atingiu 25%.

Tabela 13 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade de Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 16h.

Dias	Diferenças Térmicas (°C)	Diferenças Higrométricas (%)	Velocidade do Vento Urbana (m/s)	Velocidade do Vento Rural (m/s)
1	1,5	7	0,9	4,5
2	1	3	0,4	4
3	3	15	0,4	4,5
4	1,7	8	0,9	5,8
5	2	8	0,9	5,8
6	2,1	7	1,3	6,3
7	4,4	12	1,3	4,9
8	3,6	22	1,3	7,2
9	1,1	-1	0,4	7,6
10	0,2	1	0,4	6,3
11	0,1	2	1,3	5,4
12	0,1	0	0,4	6,7
13	3,6	8	1,3	10,7
14	1	4	0,4	2,7
15	0,5	2	4,5	4,5
16	0,9	6	2,7	4,5
17	0,5	6	0,9	3,1
18	0,1	-3	1,3	4
19	-0,2	3	2,2	1,8
20	2,4	14	1,3	3,1
21	2,1	11	1,8	2,7
22	3,4	18	0,9	4,5
23	0,5	-1	1,8	6,3
24	0,2	0	0,4	4,5
25	3,8	25	0,9	9,8
26	0,3	0	1,8	3,1
27	-0,4	0	1,3	2,7
28	0,6	6	4	4,5

Fonte: Estações Meteorológicas Automáticas Vantage Pro 2 – Davis Instruments.

6.2.4. Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e a cidade no mês de fevereiro de 2011 às 20h

Às 20h, as diferenças de temperatura entre os dois pontos não chegaram a atingir o máximo registrado no horário anterior (4,4°C), todavia, em decorrência da perda de radiação ser mais rápida no campo do que na cidade, houve um aumento significativo do número de dias com diferenças térmicas acima de 2,5°C, totalizando 14 dias ao longo do mês (Tabela 14).

O dia 12 foi o que registrou a maior diferença do horário, 4,2°C, sob atuação da ZCAS, com precipitação de 2,79mm no urbano e 6,86mm no rural e velocidade do vento de 0,4m/s e 10,7m/s, respectivamente.

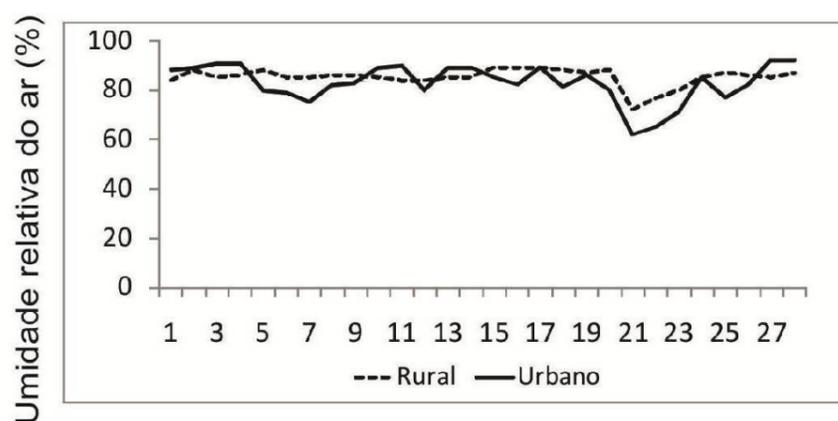
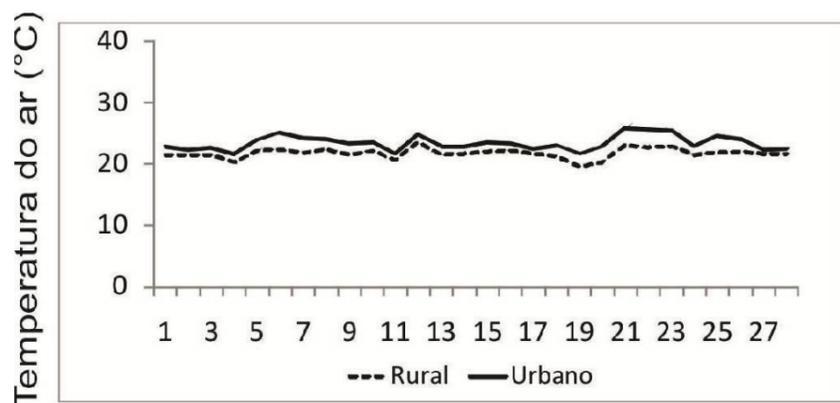
Quanto às diferenças higrométricas, estas também apresentaram valores elevados no decorrer de fevereiro e, assim como as diferenças térmicas, mesmo sem atingir os percentuais máximos registrados às 16h (25%), verificaram-se valores acima de 10% durante 13 dias (Gráfico 16).

Os dias 4 e 12 foram os que exibiram as maiores diferenças, 18% e 20%, respectivamente, sob condições atmosféricas instáveis que provocaram diferenças nos totais pluviométricos entre a cidade e o campo, assim como velocidades do vento maiores no ponto rural, sobretudo no dia 12 (0,4m/s no ponto urbano e 10,7m/s no rural).

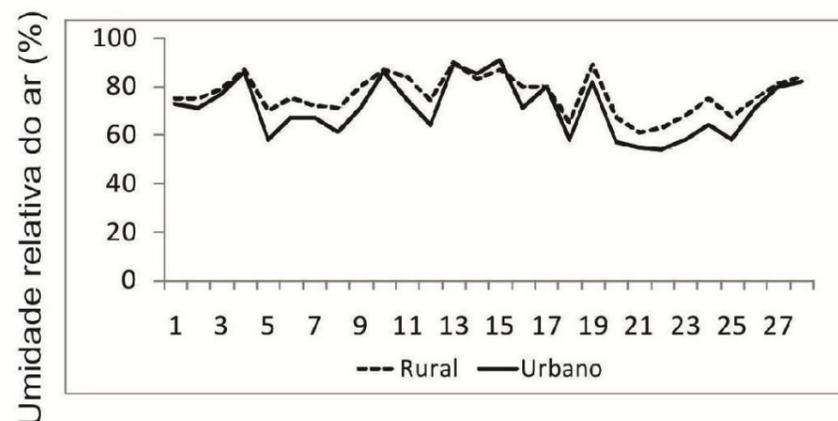
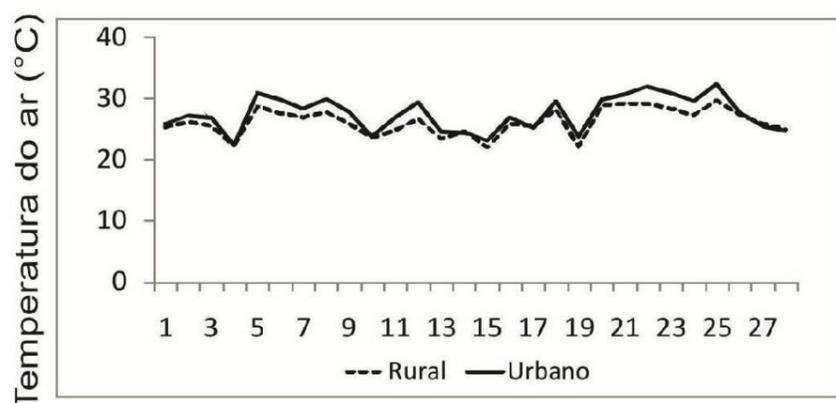
Tabela 14 – Diferenças térmicas e higrométricas entre o campo e cidade de Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 20h.

Dias	Diferenças Térmicas (°C)	Diferenças Higrométricas (%)	Velocidade do Vento Urbana (m/s)	Velocidade do Vento Rural (m/s)
1	1,9	-1	1,8	10,3
2	2,9	16	2,2	0,4
3	2,4	5	0	0,9
4	3,1	18	0	1,8
5	3,5	15	0,4	2,2
6	2,9	16	0,4	4,9
7	2,7	11	5,4	2,7
8	1,2	8	1,3	1,3
9	1	-1	0	0,4
10	1,9	1	1,8	13
11	1,9	6	0,4	3,1
12	4,2	20	0,4	10,7
13	1,8	-1	0,9	1,3
14	2,1	9	1,3	1,8
15	2,7	14	1,3	0,4
16	2,3	14	0,4	0,4
17	2,4	9	2,2	1,8
18	2,5	8	5,4	13
19	2,7	11	2,7	0,4
20	2,6	9	0,4	0,9
21	2,2	8	0	0,4
22	3,6	10	0	0,4
23	2,6	5	0,9	8
24	2,8	10	0,4	3,1
25	2,1	5	0,4	4,9
26	1,9	8	0	2,7
27	3,1	16	0	2,7
28	1,9	12	3,1	0,4

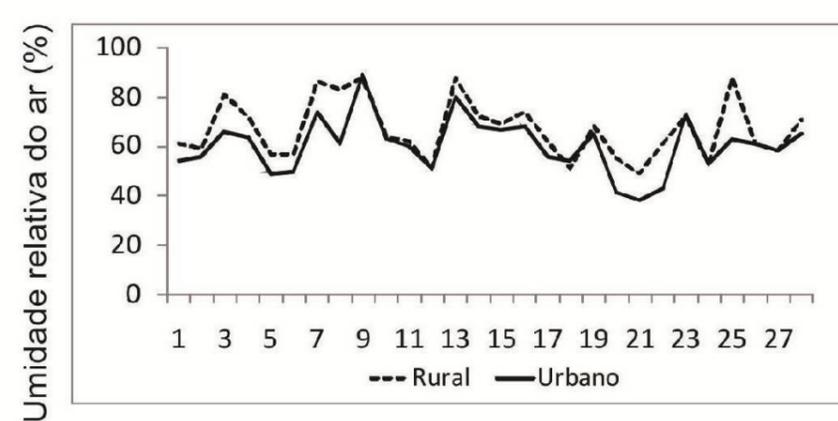
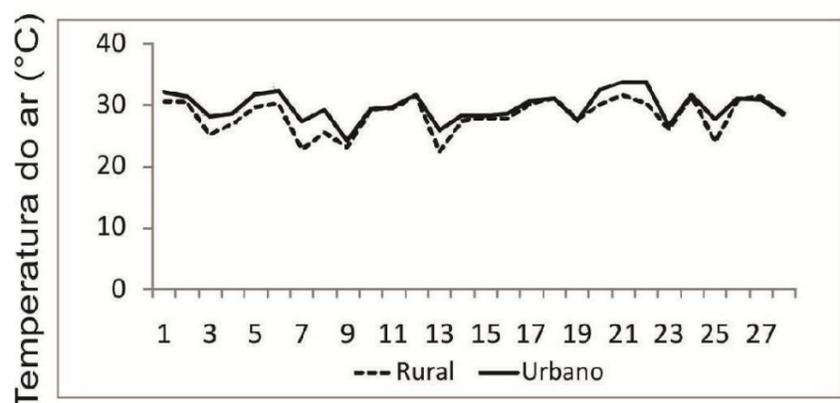
Fonte: Estações Meteorológicas Automáticas Vantage Pro 2 – Davis Instruments.



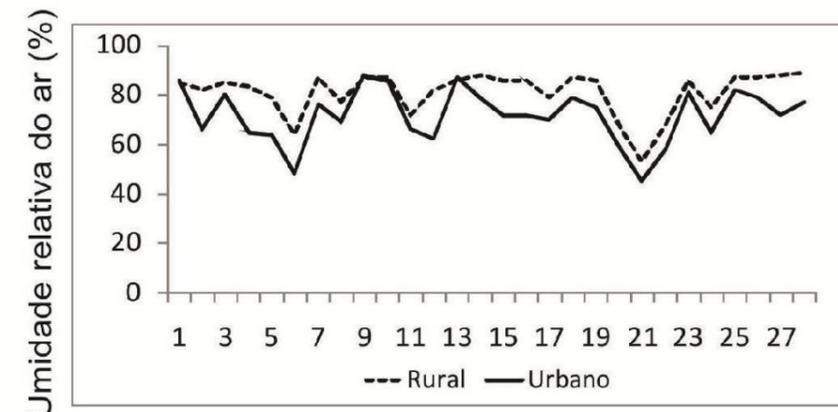
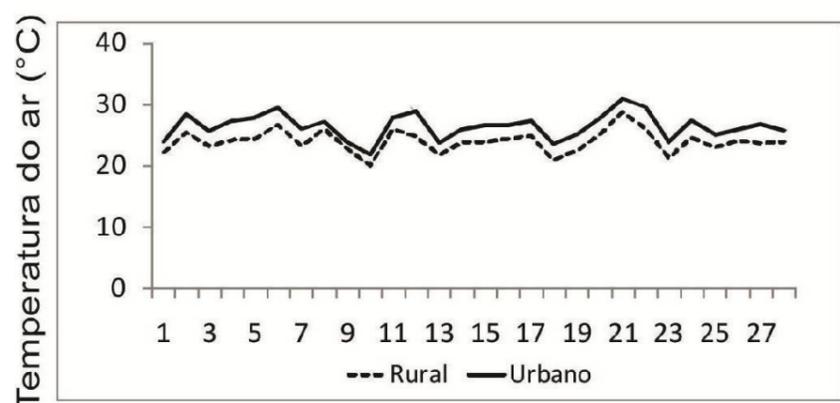
Gráficos 9 e 10 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 4h.



Gráficos 11 e 12 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 10h.



Gráficos 13 e 14 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 16h.



Gráficos 15 e 16 - Temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade em Presidente Prudente no mês de fevereiro de 2011, às 20h.

7 CARTAS DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE EM PRESIDENTE PRUDENTE

Através do mapeamento da temperatura da superfície em Presidente Prudente apresentado nas figuras abaixo, foram selecionados 10 pontos através dos quais se analisaram as anomalias térmicas intraurbanas e suas magnitudes, relacionando-as com os diferentes tipos de usos e ocupação da superfície do solo. A primeira carta (23 de fevereiro de 2003), representativa do verão, corresponde a um período de instabilidade atmosférica com totais pluviométricos elevados, enquanto a segunda carta (14 de maio de 2003), caracterizada pelo inverno, se refere a um período de estiagem.

7.1. Análise da temperatura da superfície de 23 de fevereiro de 2003

A carta da temperatura da superfície de 23 de fevereiro de 2003 (Figura 8) apresenta o mapeamento da temperatura da superfície em um mês de verão tipicamente chuvoso, através do qual é possível observar as áreas urbanas mais aquecidas do que as rurais. Além da importância da umidade da superfície para essa configuração, tal padrão decorre da substituição das superfícies naturais por materiais construtivos, que possuem a característica de armazenarem por mais tempo a radiação absorvida durante o dia, demorando mais tempo inclusive para se resfriarem.

Por outro lado, o campo se aquece com maior rapidez, mas também perde calor absorvido com maior velocidade, apresentando temperaturas mais amenas em comparação a área urbanizada. Essa característica pode ser explicada pelo fato de que o solo, quando coberto por vegetação, perde energia através dos processos de fotossíntese, evaporação e evapotranspiração, sendo que nos dois últimos há a transformação do calor sensível em calor latente, diminuindo a temperatura.

Entretanto, em caso de ausência de vegetação, diminuição da umidade do solo e presença de solo exposto, a temperatura da superfície no campo tende a apresentar valores mais elevados do que os verificados na cidade, pois o solo quando seco e/ou exposto tem seu albedo reduzido, retendo mais calor.

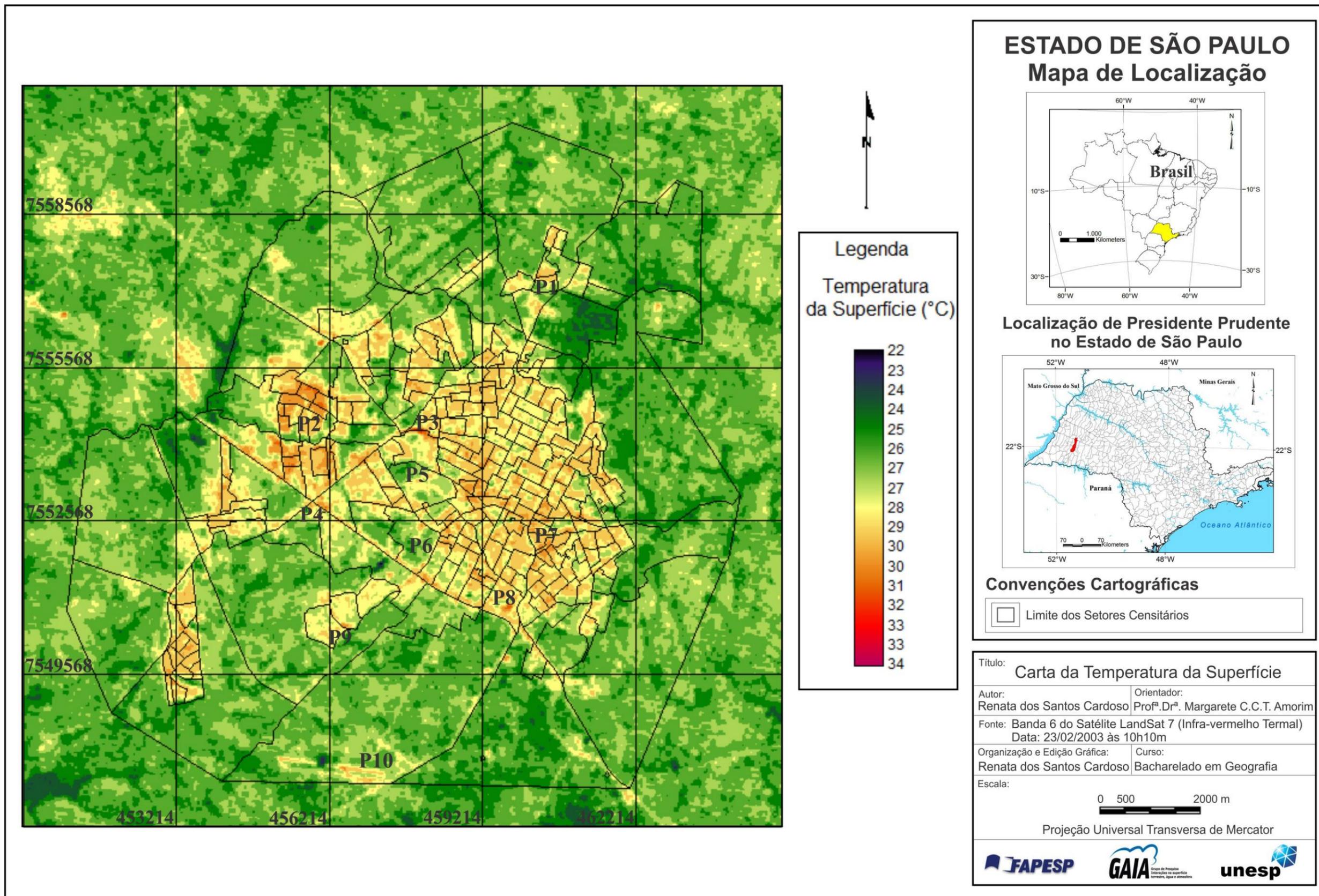


Figura 8 - Presidente Prudente/SP: Carta de temperatura da superfície elaborada a partir da imagem do infravermelho termal (banda 6) do sensor ETM+ do Landsat 7 de 23 fevereiro de 2003. Fonte: United States Geological Survey (USGS). Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Org.: Cardoso (2012).

A partir dessa primeira caracterização, pode-se analisar com mais detalhes a carta de temperatura de 23 de fevereiro de 2003 captada às 10 horas e 10 minutos, considerando algumas características dos elementos do clima no dia do imageamento pelo satélite¹⁹. No que se refere à variável temperatura, esta apresentou máxima de 32,6°C e mínima de 22,1°C, e umidade relativa do ar de 68%. Quanto à precipitação, houve o registro diário de 0,4mm de chuva precedido de um total pluviométrico de 211,1mm, concentrado nas três primeiras semanas do mês (totalizando 14 dias com chuva).

Tendo em vista tais informações e considerando a área urbana mais aquecida do que a rural (diferença térmica de 12°C), foram selecionados 10 pontos distribuídos na carta de temperatura que mais se destacaram por apresentarem temperaturas mais elevadas ou mais baixas, e através dos quais foi realizada a análise das características do entorno e sua relação com a temperatura.

O Ponto 1 corresponde aos bairros populares localizados à nordeste da cidade, mais especificamente ao Bairro Brasil Novo (Figura 9) e seus arredores. Esse bairro descontínuo da malha urbana apresenta área densamente construída com vegetação arbórea bastante esparsa e até mesmo o quarteirão sem vegetação nas calçadas e nos quintais, exibindo temperatura elevada entre 29°C e 30°C.

Já a Figura 10 se refere à área da Mata do Furquim com vegetação arbórea mais densa encontrada próxima aos bairros na porção nordeste, que apresentou temperatura de 23°C, enquanto as redondezas marcadas por vegetação rasteira apresentaram temperaturas inferiores às das áreas construídas, variando de 25°C a 27°C.



Figura 9 – Entorno do Ponto 1 (2003).

Fonte: Google Earth TM mapping service/NASA/TerraMetrics copyright. Acesso em: ago. de 2012.



Figura 10 – Entorno do Ponto 1 (2003).

¹⁹ Dados registrados na Estação Meteorológica de Presidente Prudente, localizada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista.

Na Figura 11, há o destaque para a área urbana localizada na porção oeste da cidade (Ponto 2), mais especificamente no bairro residencial popular COHAB, caracterizado por ser uma área densamente construída com pouca vegetação arbórea nas calçadas e ausência dessas nos quintais, visto que esses não apresentam espaços permeáveis sem construções. Além disso, é perceptível o predomínio de residências com telhados de fibrocimento, que somado às características citadas acima proporcionaram temperaturas da superfície de 30°C a 31°C.



Figura 11 – Entorno do Ponto 2 (2006).

Fonte: Google Earth TM mapping service/NASA/TerraMetriccopyright. Acesso em: ago. de 2012.

Outro ponto de destaque é o 3, cujas características do seu entorno podem ser observadas nas Figuras 12 e 13. Com temperaturas acima de 30°C, chegando a atingir a máxima de 34°C, o shopping constituiu a área mais aquecida. Isso devido ao estacionamento de concreto e a cobertura metálica, pois essas superfícies expostas à radiação solar direta possuem albedo baixo e emissividade maior, resultando na maior absorção de calor e sua permanência no ambiente do entorno.

Na Figura 13, o bairro residencial Jardim Paulista corresponde a uma área densamente construída, porém com a presença de vegetação arbórea esparsa nas calçadas e em alguns quintais. Além de haver o predomínio de edificações com telhados de cerâmica, proporcionando temperaturas mais baixas em relação à COHAB (em torno de 27°C e 28°C).



Figura 12 – Entorno do Ponto 3 (2003).



Figura 13 – Entorno do Ponto 3 (2003).

Fonte: Google Earth TM mapping service/NASA/TerraMetrics copyright. Acesso em: ago. de 2012.

O Ponto 4 e seu entorno, localizados na porção sudoeste da cidade, apresentaram temperatura de 29°C a 31°C nas áreas construídas e vias pavimentadas de grande circulação. Na Figura 14 é possível identificar quarteirões densamente construídos com pouca ou nenhuma vegetação arbórea nas calçadas e nos quintais, enquanto na Figura 15 há construções esparsas e edifícios comerciais com coberturas metálicas próximas a rodovia.

É importante destacar que a imagem de 27 de fevereiro 2003, utilizada para identificar os tipos de uso e ocupação da superfície, não cobre toda a cidade. Portanto, recorreu-se em alguns casos à imagem de 3 de setembro de 2006 para completar as análises, sendo que nesta há uma parcela significativa de solo exposto. Porém, essa característica não foi detectada na carta de temperatura como a mais aquecida, pois provavelmente na época do imageamento (23 de fevereiro de 2003), esta parcela da superfície estivesse com cobertura vegetal, justificando assim a temperatura de 27°C.



Figura 14 – Entorno do Ponto 4 (2006).



Figura 15 – Entorno do Ponto 4 (2006).

Fonte: Google Earth TM mapping service/NASA/TerraMetrics copyright. Acesso em: ago. de 2012.

A Figura 16 corresponde ao entorno do Ponto 5, onde se localiza a FCT-UNESP. Apesar de rodeada por bairros residenciais densamente construídos, estes apresentam vegetação arbórea esparsa, sendo que a cobertura vegetal de maior porte no campus da faculdade propiciou temperaturas entre 25°C e 26°C.

O entorno do Ponto 6 se refere ao cemitério da cidade, onde foram identificadas temperaturas semelhantes as do Ponto 5. Como pode ser observado na Figura 17, há significativa concentração de vegetação arbórea de grande porte nessa área, enquanto no bairro ao lado (Cidade Universitária) tem-se construções com telhados de cerâmica, mas com pouca vegetação nas calçadas, apresentando 28°C de temperatura da superfície.



Figura 16 – Entorno do Ponto 5 (2003).



Figura 17 – Entorno do Ponto 6 (2003).

Fonte: Google Earth TM mapping service/NASA/TerraMetrics copyright. Acesso em: ago. de 2012.

O Ponto 7 foi selecionado na porção leste da cidade e corresponde ao bairro residencial popular Vila Brasil (Figura 18). A área em questão é densamente construída e as casas possuem telhados predominantemente de cerâmica, porém, quanto à cobertura vegetal, há apenas algumas árvores bastante esparsas nas calçadas. A temperatura da superfície variou de 28°C a 29°C neste ponto, chegando aos 30°C nos quarteirões sem vegetação.

Na Figura 19 é possível observar as características do Ponto 8, onde a temperatura detectada foi de 29°C a 31°C. Essa área, onde está localizado o Rodoserv Prudente, apresenta um grande estacionamento com cobertura de concreto e edificações com coberturas metálicas, inclusive nos seus arredores, e canteiros com gramíneas e pouca vegetação arbórea.



Figura 18 – Entorno do Ponto 7 (2003).



Figura 19 – Entorno do Ponto 8 (2003).

Fonte: Google Earth TM mapping service/NASA/TerraMetrics copyright. Acesso em: ago. de 2012.

O entorno do Ponto 9 (Figura 20) compreende o Residencial Damha e áreas de pastagem. Em 2006 os terrenos ainda não estavam totalmente construídos, apresentando solo exposto e praticamente nenhuma vegetação arbórea nos lotes, características que podem explicar a detecção de temperaturas da superfície elevadas (entre 28°C e 29°C).

Como pode ser visto na Figura 21, o Ponto 10 abrange o aeroporto de Presidente Prudente, também rodeado por áreas de pastagem com pouca cobertura vegetal arbórea. Devido à pista de concreto e a presença de vias secundárias e porções de solo exposto, foram verificadas temperaturas da superfície de 30°C a 31°C.



Figura 20 – Entorno do Ponto 9 (2006).



Figura 21 – Entorno do Ponto 10 (2006).

Fonte: Google Earth TM mapping service/NASA/TerraMetrics copyright. Acesso em: ago. de 2012.

De maneira geral, observou-se que no intraurbano as superfícies densamente construídas apresentaram as maiores temperaturas, principalmente em bairros onde as habitações possuem telhados de fibrocimento, com pouca ou nenhuma vegetação arbórea nas

calçadas e quintais, e em alvos com coberturas metálicas e de concreto. No entanto, o rural e pontos da cidade com presença de áreas verdes exibiram temperaturas superficiais mais amenas, em torno de 25°C e 26°C, enquanto nos corpos d'água a temperatura mínima detectada foi de 22°C.

7.2. Análise da temperatura da superfície de 14 de maio de 2003

Conforme visto anteriormente, a cobertura vegetal e a umidade das superfícies são características importantes que proporcionam aos alvos temperaturas mais amenas do que as verificadas nos materiais construtivos urbanos. Todavia, em períodos de estiagem o campo normalmente se apresenta tão aquecido quanto a cidade, pois ocorre a diminuição da perda de calor através dos processos de evaporação e evapotranspiração.

Os solos secos e sem vegetação ainda apresentam menor albedo e retém mais calor, resultando em temperaturas elevadas na área rural. Situação esta verificada na carta de temperatura da superfície de Presidente Prudente de 14 de maio de 2003, tomada às 10 horas e 10 minutos, horário de Brasília (Figura 22).

Em relação às condições do tempo no dia do imageamento, através dos dados registrados na Estação Meteorológica de Presidente Prudente, verificou-se que o total pluviométrico mensal foi de 28,8mm, referentes a 4 dias com chuva, sendo que o dia 5 de maio foi o último no qual se registrou precipitação (10,6mm) antes da imagem ser capitada pelo satélite. Ainda, no dia do imageamento registrou-se temperatura máxima de 27,7°C e mínima de 16,5°C e umidade relativa do ar de 56%, sem a ocorrência de precipitação.

Considerando tais informações e o mapeamento da temperatura da superfície, percebeu-se que as amplitudes térmicas foram semelhantes, pois o alvo menos aquecido apresentou 16°C enquanto a maior temperatura verificada foi de 31°C.

Assim como a área rural coberta predominantemente por pastagens apresentou temperaturas superficiais elevadas (22°C e 23°C nas áreas com vegetação no rural; 27°C e 26°C nas pastagens e 30°C e 31°C em solo exposto), anomalias térmicas também ocorreram no intraurbano, com amplitude de 9°C, sendo a mínima de 22°C e a máxima de 31°C.

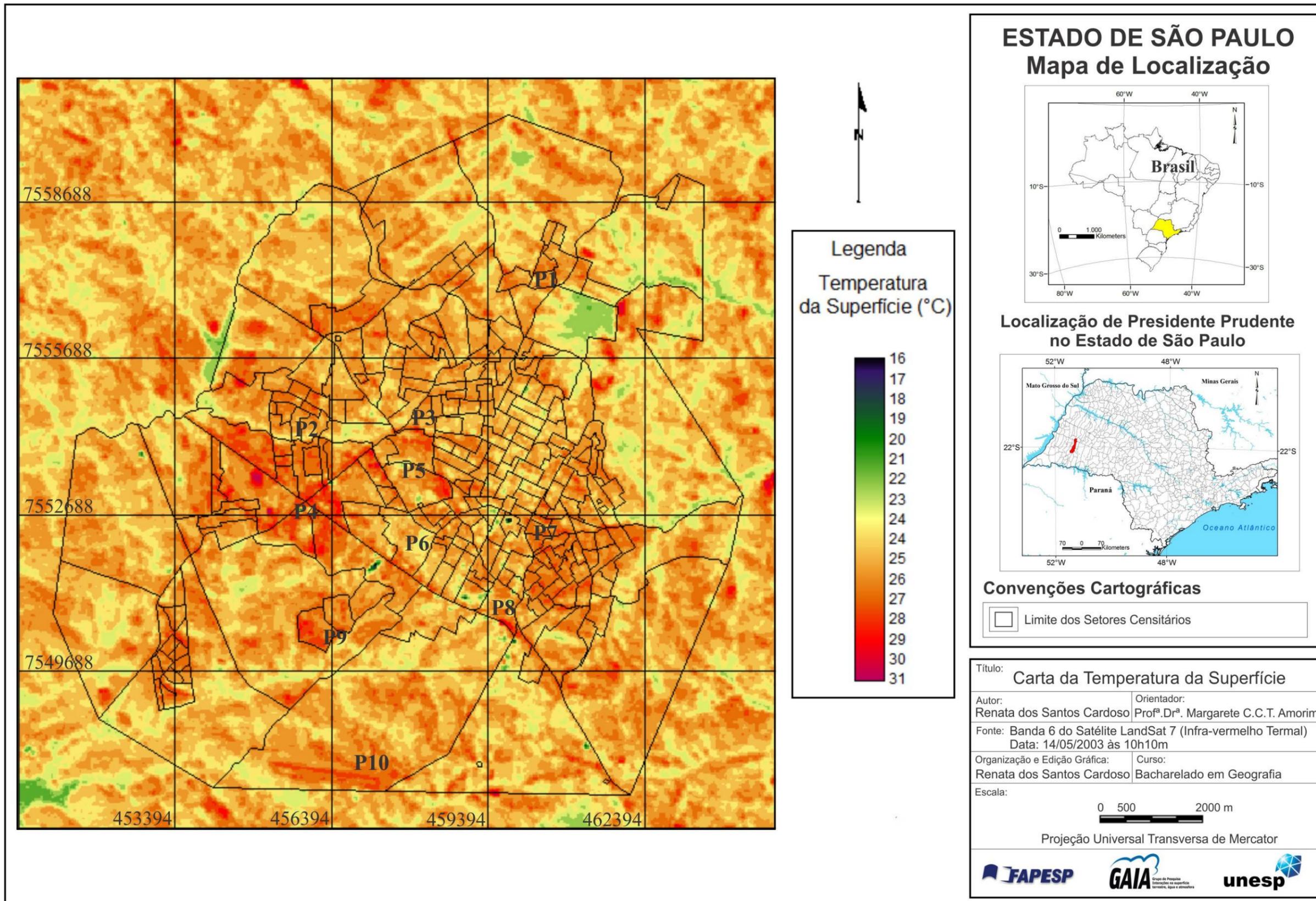


Figura 22 - Presidente Prudente/SP: Carta de temperatura da superfície elaborada a partir da imagem do infravermelho termal (banda 6) do sensor ETM+ do Landsat 7 de 14 de maio de 2003. Fonte: United States Geological Survey (USGS). Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Org.: Cardoso (2012).

Nas Figuras 11 e 13, com destaque para a área urbana localizada na porção oeste da cidade, verificou-se o contraste entre as temperaturas em um bairro residencial popular com predomínio de telhados de fibrocimento (entre 27°C e 28°C) e outro onde há o predomínio de telhados de cerâmica e mais vegetação arbórea (em torno de 25°C). Outro ponto de destaque foi a Vila Brasil na porção leste da cidade, com temperatura de até 29°C nos quarteirões sem vegetação nos quintais ou calçadas e casas com telhados de fibrocimento.

Os edifícios comerciais com superfícies mais extensas de concreto e coberturas metálicas (Figuras 12 e 19), também apresentaram temperaturas elevadas. Enquanto na área referente ao shopping obtiveram-se temperaturas em torno de 29°C, o local onde se encontra o Rodoserv exibiu até 31°C.

Como pode ser visto na Figura 22, nos Pontos 5 e 6, correspondentes aos arredores da FCT-UNESP e do cemitério da cidade, por possuírem maior concentração de vegetação arbórea e de grande porte, foram identificadas temperaturas da superfície bem menores em relação aos bairros densamente construídos. Enquanto o entorno da faculdade apresentou temperatura entre 23°C e 25°C, no cemitério esta foi de 22°C, sendo que no bairro universitário ao lado detectou-se até 26°C.

Por sua vez, no dia 14 de maio o entorno do Ponto 4 se mostrou bastante aquecido em relação às áreas de pastagem mais ao sul (cerca de 30°C), principalmente no local em destaque na Figura 14 onde é possível observar solo exposto próximo à rodovia (31°C). Já a área em que se encontra o aeroporto (Figura 21) também se mostrou mais aquecida na carta de temperatura da superfície, sendo detectado 29°C ao longo da pista de cobertura asfáltica.

Quanto à área da Mata do Furquim (Figura 10), foram identificadas temperaturas da superfície entre 21°C e 23°C, correspondentes à grande concentração de vegetação arbórea. Por outro lado, os seus arredores possuem áreas de plantio de culturas temporárias, e que por esse motivo, na época do imageamento o solo tenha ficado exposto para plantio ou após a colheita, o que resultou em temperaturas da superfície próximas às das áreas mais aquecidas no urbano (30°C).

Em síntese, verificou-se que salvo os locais com presença de solo exposto, apesar de a superfície rural ter se mostrado tão aquecida quanto à da área urbana, foi no interior da cidade que se identificaram alvos com extremos de temperatura (30°C e 31°C). Enquanto as superfícies d'água e as cobertas por vegetação apresentaram temperaturas mais amenas, em sua maioria inferior a 25°C.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transformação da natureza para satisfação das necessidades humanas é um processo inevitável, porém a expansão urbana sem um planejamento adequado às características do ambiente em que a cidade está inserida, e até mesmo às necessidades dos habitantes, tem refletido negativamente na qualidade ambiental urbana.

Como produto das modificações que as superfícies, materiais e as atividades das áreas urbanas provocam nos balanços de energia, massa e movimento, o clima é evidenciado através das anomalias em seus elementos, principalmente quando o processo de urbanização carece de planejamento adequado ao ambiente que a cidade está inserida. Nesse sentido, os estudos sobre clima urbano podem contribuir para o planejamento das cidades, pois fornecem informações para a compreensão dos fatores que tornam a atmosfera urbana diferente da rural, sobretudo no que diz respeito às anomalias térmicas.

Nesse estudo, a análise dos dados de temperatura e umidade relativa do ar no campo e na cidade de Presidente Prudente permitiu identificar diferenças termo-higrométricas em diferentes condições de uso e ocupação da superfície do solo. Ainda, considerar a ação dos sistemas atmosféricos também foi importante, pois estes atuaram como intensificadores ou não das diferenças térmicas e higrométricas entre os dois pontos de medição de dados.

Os resultados demonstraram que em condições de tempo estáveis as diferenças termo-higrométricas entre o ponto rural e o ponto urbano foram mais perceptíveis, o que pode resultar em situações insalubres para as pessoas que moram na cidade, devido à intensificação do calor na área urbana. Entretanto, sob a atuação de sistemas atmosféricos instáveis houve a homogeneização da temperatura, com exceção de alguns episódios no mês de fevereiro nos quais a diferenças no total pluviométrico e na velocidade do vento entre o campo e a cidade favoreceram o registro de diferenças termo-higrométricas mais elevadas.

A elaboração da carta de temperatura de superfície permitiu identificar os locais onde a superfície se apresentava mais aquecida, no momento da captura da imagem, assim como realizar análises acerca da temperatura dos alvos em relação aos tipos de materiais presentes nas superfícies urbanas e rurais. Os resultados comprovaram que as áreas com maior densidade de construção e/ou com coberturas que potencializam o aumento da temperatura, menores índices de vegetação arbórea ou a ausência de áreas verdes e solos expostos, constituíram-se os locais com os valores mais elevados de temperatura da superfície.

Dessa forma, a associação desses dois procedimentos (medição em pontos fixos e sensoriamento remoto no infravermelho termal) auxiliou no conhecimento mais detalhado do ambiente urbano, pois possibilitou a identificação dos locais na cidade que se apresentam mais aquecidos conforme o material construtivo. As superfícies com temperaturas elevadas tendem a provocar o desconforto térmico e necessitam de medidas para reverter essa situação, ressaltando assim a importância do material construtivo adequado e da vegetação no balanço energético, que propiciam temperaturas amenas.

Nesse contexto, Presidente Prudente necessita de maior investimento em ações de planejamento e de gestão que priorizem as questões ambientais através da implantação de áreas verdes e revitalização das que já existem, porque muitas delas não cumprem as suas funções, pela ausência de cobertura vegetal arbórea. Assim, as árvores na área urbana poderão desempenhar o papel de “sombreamento, controle de ruídos, filtragem e dispersão da poluição atmosférica, redução da velocidade dos ventos, prevenção de erosões, proteção solar de um conjunto urbano edificado” (BARBIRATO, 2007, p. 109), além de atuar na redução das temperaturas através do processo de evapotranspiração e retenção de umidade do solo e do ar.

Estudos como os de Robinette (1972)²⁰ e Carvalho (2001), ressaltam a importância da vegetação no controle climático, esclarecendo que uma área pode ter a temperatura reduzida pelas plantas, mesmo que estas não sejam altas e forneçam sombra. Além da cobertura vegetal se relacionar com o controle da radiação solar, das precipitações e dos ventos, Carvalho (2001, p. 128) afirma que “a vegetação contribui para alterar a concentração da umidade na atmosfera, desempenhando um papel de regulador higratérmico”, já que é através das folhagens que as plantas emitem vapor de água para o meio ambiente.

Portanto, destaca-se também a necessidade de aperfeiçoar a distribuição dos espaços verdes na totalidade da área urbana, favorecendo sua conexão no interior da cidade e nos seus arredores, otimizando os efeitos da vegetação para o conforto térmico e a biodiversidade. Contudo, para se obter tais condições é necessário que se tomem os devidos cuidados com a escolha das espécies a fim de evitar possíveis problemas com a interferência das raízes das árvores nas calçadas ou das copas com as redes de elétricas.

Ao mesmo tempo em que se destaca o papel das áreas verdes, é preciso evitar a canalização fechada dos córregos, pois os cursos d’água na área urbana também podem amenizar as altas temperaturas no seu entorno. Deve-se ainda evitar a utilização de materiais

²⁰ ROBINETTE, Gary O. **Plants and their environmental functions**. Washington, DC: Department of the Interior, National Park Service, 1972. 141 p.

construtivos que armazenem muito calor, assim como construções em terrenos muito pequenos, que acabam sendo completamente impermeabilizados, pois essas ações poderão contribuir para amenizar a temperatura tanto na cidade quanto no interior das edificações, proporcionando uma melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, D. S. **Formação histórica de uma cidade pioneira paulista**: Presidente Prudente. Presidente Prudente: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, 1972. 339p.

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.

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator** - número especial, 2010: dez. p. 71-90.

AMORIM, M. C. C. T.; MONTEIRO, A. As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal. **Confins** [Online], 13 | 2011, posto online em 30 Novembro 2011, Consultado o 12 Abril 2012. URL: <http://confins.revues.org/7284> ; DOI : 10.4000/confins.7284

ANDRADE, L. L. et al. Estudo de ilhas de calor na cidade de São José dos Campos utilizando o canal infravermelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HSS. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 473-480.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Ed. DIFEL, SP, Brasil, 1986.

AYOADE, J. O. Spatial and seasonal patterns of physiologic comfort in Nigeria. *Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol.*, Ser B 26:318-337, 1978.

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

BARBOSA, R. V. R.; VECCHIA, F. A. S. Estudos de Ilha de Calor Urbana por meio de Imagens do Landsat 7 ETM+: Estudo de Caso em São Carlos (SP). **Revista Minerva**, v. 6, p. 273-278, 2009.

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.

BEREZUK, A. G. **Análise das adversidades climáticas no este paulista e norte do Paraná.** Presidente Prudente, 2007. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no Oeste Paulista:** uma análise climatológica aplicada. Rio Claro, 2000. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

Boletim de Informações Climáticas do CPTEC/INPE. **INFOCLIMA**, ano 17, número 6, 2010. Disponível em <http://infoclima1.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/201006.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2011.

Boletim de Informações Climáticas do CPTEC/INPE. **INFOCLIMA**, ano 18, número 3, 2011. Disponível em < http://infoclima1.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/201103.pdf >. Acesso em: 23 set. 2011.

CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana. **Mercator** (Fortaleza. Online), v. 10, p. 207-223, 2011.

CAMARGO, C. E. S.; MENOTTI, S. S. **A cidade e o campo:** estudo comparativo da temperatura, umidade relativa e direção do vento. Presidente Prudente, 2002. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

CAMARGO, C. E. S. **Qualidade ambiental urbana em Presidente Prudente/SP.** Presidente Prudente, 2007. 152 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

CARVALHO, M. M. **Clima urbano e vegetação:** estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal. Natal, 2001. 288p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CENSO DO IBGE 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 3 de set. de 2011.

COLTRI, P. P. **Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo:** análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2006.

COLTRI, P. P. et al. Ilhas de Calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5151-5157.

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

CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; IDEIÃO, S. M. A. Determinação da temperatura de superfície na cidade de Campina Grande-PB a partir de imagens do satélite Landsat 5-TM. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5717-5724. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em:<<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.22.51>>. Acesso em: 13 mar. 2012.

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.

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.

IKEFUTI, P. V. **Estudos do conforto térmico em bairros com diferentes padrões de construções em Presidente Prudente**. Presidente Prudente/SP, 2009. Monografia (Bacharel em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2 ed. São José dos Campos: Parênteses, 2009.

LEMOS, J. S. Espacialização da Ilha de Calor do Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC) em agosto de 2006 a partir de termografia de superfície. **Anais...** XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4271.

LIMA, A. P. **Análise do clima urbano em Rosana/SP**. Presidente Prudente/SP, 2009. Monografia (Bacharel em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

LIMA, G. N.; AMORIM, M. C. C. T. Análise das características noturnas dos elementos climáticos em um episódio de verão no município de Teodoro Sampaio-SP. **Revista Geografia em Atos**, Presidente Prudente, n. 10, v.1, janeiro a junho 2010, p. 01-25.

LIMA, G. N. **Características do clima urbano de Nova Andradina – MS**. Presidente Prudente/SP, 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. C. T. A utilização de informações de temperatura da superfície, do NDVI e de temperatura do ar na análise de qualidade ambiental urbana. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1028-1035. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A4A5MB>>. Acesso em: 13 mar. 2012.

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

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

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, Presidente Prudente.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. IGEOG, USP, Série Teses e Monografias nº 25, São Paulo, 1976.

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

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

ORTIZ, G. F.; AMORIM, M. C.C T. Temperatura da superfície da cidade de Cândido Mota/SP a partir da imagem de satélite Landsat 7. **Revista Geográfica de América Central Número Especial EGAL**, 2011- Costa Rica II Semestre 2011, pp. 1-16.

PINHEIRO, G. M. **Características dos elementos do clima entre a cidade e o campo em Euclides da Cunha Paulista/SP**. Presidente Prudente/SP, 2009. Monografia (Bacharel em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

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.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 5ª Edição. Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2003.

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.

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

SAYDELLES, A. P. **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria – RS**. Dissertação, PPGGEO, UFSM, Santa Maria, RS, 2005.

SILVA, P. F. J. da. Pequenas cidades da região de Presidente Prudente-SP: Produção do espaço e redefinições regionais. **Geografia em Atos**, n. 7, v.2, UNESP, Presidente Prudente, 2007.

SUDO, H.; LEAL, A. C. Aspectos geomorfológicos e impactos ambientais da ocupação dos fundos de vales em Presidente Prudente-SP. **Revista Natureza**, Uberlândia, p.362-367, 1996.

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.

TEIXEIRA, D. C. F. Estudo do clima urbano a partir da análise da temperatura da superfície em Piracicaba-SP. In: **Anais... XII Semana de Geografia VII Encontro de Estudantes de Licenciatura em Geografia**. Presidente Prudente, 2011.

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.

VIANA, S. S. M. **Caracterização do clima urbano em Teodoro Sampaio/SP**. Presidente Prudente/SP, 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.