

TERMOGRAFIA DE SUPERFÍCIE E TEMPERATURA DO AR NA RMC (REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA/PR)

Surface thermography and air temperature on the RMC (Curitiba's Metropolitan Region)

Francisco MENDONÇA¹
Vincent DUBREUIL²

RESUMO

Este estudo coloca em evidência a análise da relação entre a termografia de superfície e a temperatura do ar no inverno de 2002 na Região Metropolitana de Curitiba – PR. Para sua elaboração foram utilizados dados provenientes de imagem de satélite (Landsat TM Canal 6) e dados meteorológicos, bem como empregada a análise rítmica para a interpretação dos tipos de tempo na abordagem espaço-temporal. A imagem evidenciou a formação de uma ilha de calor na superfície e os dados meteorológicos uma ilha de frescor a 1,5 m, simultâneas, sobre a mancha urbana. Os resultados revelaram as diferenças teoricamente conhecidas entre os processos de aquecimento das superfícies naturais e das artificializadas (balanço de radiação).

Palavras-chave:

Termografia, temperatura do ar, clima urbano, ilha de calor, Região Metropolitana de Curitiba.

ABSTRACT

This study shows the analysis of the relation between the surface thermography and the air temperature in Winter 2002 at Curitiba's Metropolitan Region (Brazil). It was used data from the satellite image (Landsat TM Channel 6) and the meteorological data. Also it was applied the rhythmic analysis of the weather. The image shows the formation of a heated island on the urban surface and the meteorological data show the configuration of a cold island at 1,5 m, simultaneously, above urban agglomeration. The results show the theoretically known differences between the warming process of the natural and antropogenical surfaces (radiation balance).

Key-words:

Thermography, air temperature, urban climate, heated island, Curitiba's Metropolitan Region.

¹ Departamento de Geografia da UFPR, doutor em Geografia e professor titular da UFPR <chico@ufpr.br>

² Departement de Geographie – Laoratoire Costel – Climat et Occupation du Sol par Télédétection – Université Rennes II – Haute Bretagne – France <vincent.dubreuil@uhb.fr>

INTRODUÇÃO

Curitiba, situada na região Sul do Brasil (figura 1), tornou-se uma das mais importantes cidades do país nos últimos trinta anos. A aplicação de um planejamento urbano após a década de 1960, seu monitoramento, e a criação de imagens muito positivas sobre a cidade (*citymarketing*) atraíram muitas empresas e imigrantes que ali se instalaram nesse período (MENDONÇA, 2001). Este fluxo de migrantes tornou-se cada vez mais importante, o que dinamizou de maneira considerável o processo de urbanização-regionalização regional.

A população da cidade de Curitiba, que contava aproximadamente 609.000 habitantes em 1970, atingiu 1.024.000 em 1980, 1.313.000 em 1990, e atualmente ultrapassa 1.700.000. A região metropolitana da qual ela é o pólo (RMC - Região Metropolitana de Curitiba) conta cerca de 2.600.000 habitantes, enquanto a população da aglomeração urbana (sede de seis municípios) é de cerca de 2.300.000 habitantes. Este rápido crescimento urbano, que reproduz de perto o processo de "urbanização corporativa" brasileiro (SANTOS, 1993), introduz importantes alterações nas condições climáticas locais (clima tropical de altitude – Cfa e Cfb, segundo W. Köppen – dominado por massas de ar tropicais e extratropicais) e cria um clima urbano-regional particular.

O clima urbano coloca em evidência as alterações do ambiente precedente decorrentes das atividades humanas, sendo ele o resultado da interação entre a sociedade e a natureza na cidade. Para seu estudo a ciência ocidental dispõe de uma considerável quantidade de referências, das quais podem ser destacadas as contribuições de Oke (1978), Henderson-Sellers e Robinson (1989), Escourou (1991), Monteiro e Mendonça (2003), dentre outras.

Regiões metropolitanas de grandes dimensões e de considerável diversificação espacial, como o exemplificam as brasileiras, apresentam desafios teóricos e técnicos ao estudo do clima que sobre elas se forma. Esta escala de abordagem exige uma articulação entre metodologias e técnicas inovadoras, sendo a identificação de paisagens intra-urbanas (MENDONÇA, 1995) associada ao emprego de imagens de satélites um bom recurso para o desenvolvimento da investigação científica relativa às condições climáticas dessa dimensão urbana (COLLISHON, 1998).

No presente texto volta-se a atenção à análise do clima urbano-regional da RMC, particularmente para a configuração de seu campo térmico em situação de inverno a partir da temperatura da superfície do solo (termografia) e da temperatura do ar (a 1,5 m). O documento explicita

os resultados de um exercício do emprego de técnicas clássicas e de tecnologia contemporânea na análise do campo térmico urbano-metropolitano, na perspectiva de influenciar um maior emprego do uso das novas tecnologias em estudos de geografia.

MÉTODOS E TÉCNICAS DO ESTUDO

Para a análise aqui elaborada, foram utilizados dados de quatro estações meteorológicas (urbanas e rurais da RMC – tabela 1) e uma imagem Landsat 7 ETM do mês de setembro de 2002. As estações meteorológicas foram escolhidas em função de sua distribuição na RMC, da disponibilidade de dados e da diversidade de seus sítios geográficos (urbano, periurbano e rural).

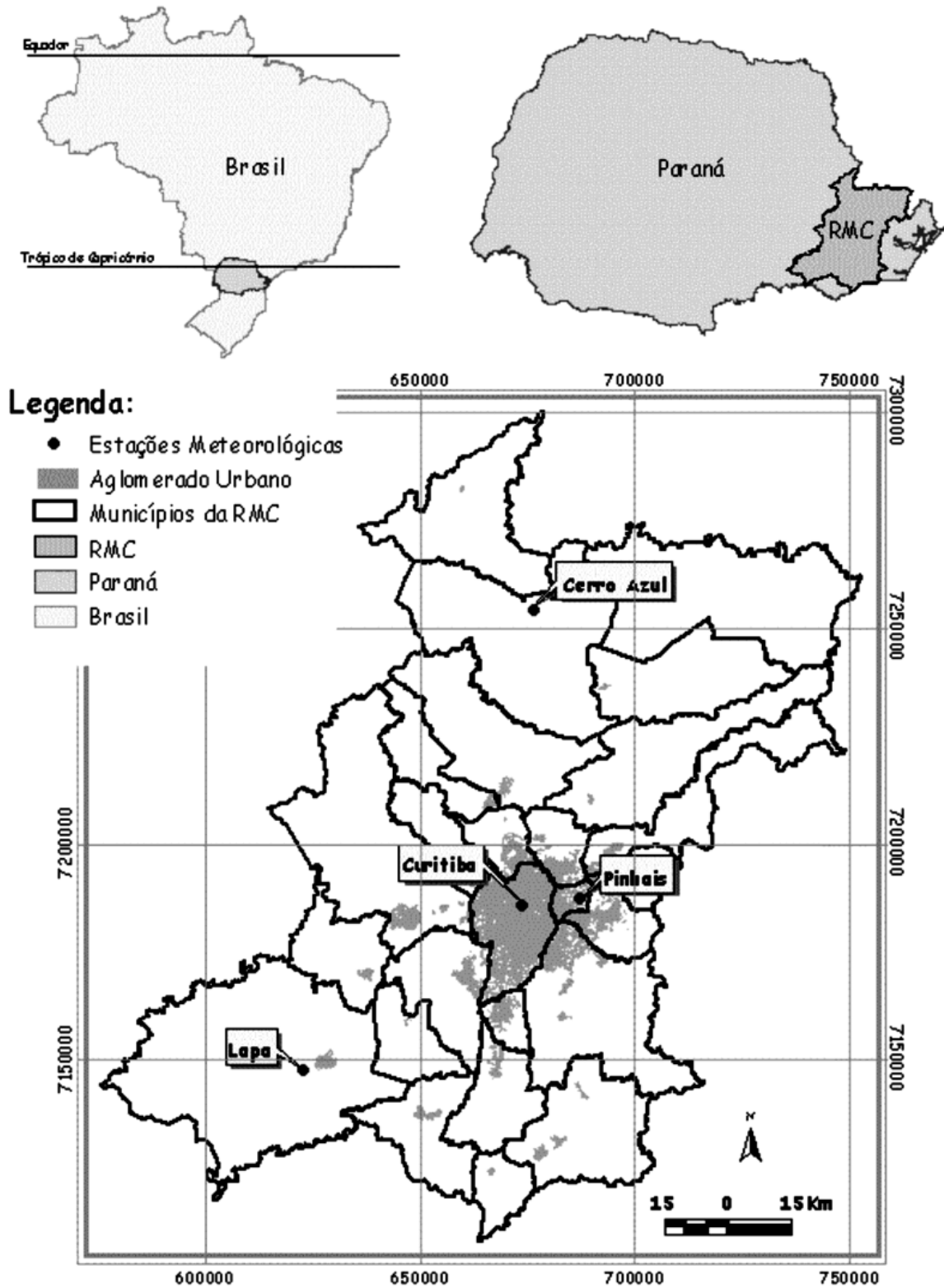
Os dados meteorológicos foram tratados com a utilização do software Excel, a partir do qual foram construídos os gráficos de tipos de tempos (figuras em anexo) que precederam a data de tomada da imagem nas quatro localidades – urbanas e rurais – em estudo (tabela 1). Assim, efetuou-se a análise rítmica dos tipos de tempo, conforme Monteiro (1971), o que evidenciou tanto a variabilidade diária dos parâmetros meteorológicos (a 1,5 m) quanto a atuação dos sistemas atmosféricos responsáveis pelas condições climáticas regionais.

A imagem empregada neste estudo é uma cena Landsat ETM+ do dia 2 de setembro de 2002 (WRS 220/078) tomada por volta de 10h30min local, adquirida junto ao serviço Global Land Cover Facility (<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>). Para esta imagem o conjunto dos canais Landsat estão disponíveis em uma resolução de 30 metros. Entretanto, para este estudo optou-se por utilizar o canal 6 (infra-vermelho térmico – 60 metros de resolução espacial) a fim de mostrar a repartição das superfícies quentes e frias na aglomeração. Os valores indicadores foram convertidos (com uso do software IDRISI) em temperaturas de brilho com o uso dos coeficientes de repartição (*coefficients d'étalonnage*) fornecidos com a imagem. Nenhuma correção atmosférica foi aplicada sobre esta imagem.

Uso e ocupação do solo da RMC foram analisados a partir de uma composição colorida de três canais (4, 5, 3) da imagem Landsat, a partir da qual foi possível identificar as diferentes paisagens intra-urbanas (MENDONÇA, 1995) da aglomeração urbana estudada.

A análise comparativa de todos estes documentos (dados, tabelas, gráficos, mapas e imagens), complementarizada por um suporte teórico relativo à abordagem geográfica do estudo do clima urbano em cidades tropicais, permitiu a elaboração do presente texto.

FIGURA 1 - RMC E ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA



Fonte: SEMA / SIMEPAR

Org.: Eduardo V. de Paula

TABELA 1 - REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – PR. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS

Cidades	Sítio	Latitude	Longitude	Altitude
Curitiba	Urbano	-25.43330	-49.2666	935.00
Pinhais	Periurbano	-25.41670	-49.1333	930.00
Cerro Azul	Rural	-24.81660	-49.2500	366.00
Lapa	Rural	-25.78330	-49.7666	909.80

O CLIMA DA RMC E DE CURITIBA – CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Três sistemas atmosféricos principais, ou massas de ar, dominam e controlam a dinâmica da atmosférica na porção Leste do Paraná, portanto na RMC e na cidade de Curitiba. Dois deles são de origem tropical (MTa – Massa Tropical Atlântica e MTc – Massa Tropical Pacífica, e esporadicamente a MEc – Massa Equatorial Continental), que reforçam ali o efeito da latitude e garantem a formação de tipos de tempo quente, e um extra-tropical (Mpa – Massa Polar Atlântica) responsável, em associação com a altitude (Curitiba está a aproximadamente 900m de altitude em relação ao nível do mar), pelas baixas temperaturas regionais e locais. A maritimidade injeta ali uma considerável umidade na atmosfera.

O tipo climático predominante na RMC é o mesotérmico dominado por sistemas tropicais e polares. Na maior parte da área aparece o tipo mesotérmico com verão fresco (Cfb da classificação de Keppen), sendo que na parte Norte observa-se uma pequena área onde o tipo mesotérmico com verão quente (Cfa) predomina.

Mendonça e Oliveira (1998, p. 15), ao compararem o clima da cidade de Curitiba com seu entorno regional, observaram sua individualização, evidenciada notadamente nos padrões térmicos. Concluíram eles que a capital do Estado do Paraná pode ser considerada, em termos gerais, como formadora de uma ilha de frescor em relação às cidades vizinhas, pois “no verão (outubro a março), ocorrem a formação de ilhas de frio em Curitiba, efeito orográfico associado à dinâmica atmosférica, com temperaturas, em geral, entre 17° C e 20° C. As outras cidades apresentam temperaturas entre 21° C e 25° C”.

Segundo Mendonça (2001, p.103), “situada sobre a Serra do Mar, no divisor de águas das bacias hidrográficas do rio Iguaçu (ao Sul) e do rio Ribeira do Iguape (ao Norte), a cidade de Curitiba registra a entrada dos dois principais sistemas atmosféricos da região como provenientes do quadrante Norte. Este direcionamento é propiciado pelo encaixe dos ventos no vale do segundo rio que, ao desaguar no oceano Atlântico, no Sul do estado de São Paulo, talhou o caminho natural para a penetração dos referidos sistemas no continente. O vale do segundo

rio dá continuidade ao aludido caminho natural, pois que, ao possuir suas nascentes na altura de Curitiba, tem seu leito traçado em direção NE-W na divisa dos Estados do Paraná e Santa Catarina. Os sistemas continentais, por sua vez, utilizam deste caminho para atingir a cidade provenientes do quadrante W-SO”.

Na estação de verão, sob a ação dos sistemas tropicais, as temperaturas absolutas na região podem aproximar-se dos 40° C, sobretudo na sua porção Norte, embora a temperatura média das máximas esteja em torno dos 20° C (tabela 2) em toda a região metropolitana. No inverno, ao contrário e devido à importante atuação do sistema extratropical, as temperaturas atingem inúmeras vezes valores negativos, com maior evidência na porção Sul da região, sendo que a média das temperaturas mínimas situa-se em torno dos 13° C. A área apresenta-se com boa umidade o ano todo, sendo a pluviosidade ali geralmente superior aos 1.300 mm. Julho é considerado o mês mais frio e agosto um dos menos úmidos, mas as temperaturas permanecem reduzidas até meados da primavera, como se verá no início dessa estação do ano de 2002 no exemplo analisado a seguir.

Danni-Oliveira (2000) apresentou importantes considerações acerca da formação de condições climáticas particulares relativas ao ambiente urbano da cidade de Curitiba, e constatou a formação do clima urbano desta cidade. Em detalhados experimentos de campo, comprovou que a cidade apresenta, em geral, temperaturas do ar mais elevadas do que a zona rural circunvizinha; assim, destacou a importância do fluxo de veículos na interferência do comportamento da temperatura do ar da cidade, dentre outros fatores.

Segundo Mendonça (2001, p.106) “a atmosfera curitibana registra comumente, todavia, e esta é uma de suas mais expressivas particularidades, a ocorrência de variados tipos de tempo num só dia ou estação, dando a impressão de se vivenciar as quatro estações do ano num mesmo dia ou mês. Esta variabilidade que, de acordo com Danni-Oliveira (inédito), apresenta contrastes gritantes de um ano para outro, pode ser compreendida numa oportuna aplicação do pensamento de Perard (1997), como reflexo da variabilidade de tipos de tempo

tropical sob condições de montanha e em sua interação com a circulação atmosférica e oceânica”.

O uso de imagens de satélite no estudo do clima urbano é, entretanto, um recurso ainda muito pouco utilizado quando se observam os estudos de climatologia brasileiros (MONTEIRO e MENDONÇA, 2003). Os trabalhos

de Lombardo (1985), Mendonça (1995) e Colhishon (1998) são alguns dos poucos exemplos brasileiros que empregaram imagens de satélite na análise do campo térmico das cidades. O exercício apresentado neste texto constitui-se num experimento voltado à exploração desta técnica no estudo do clima da cidade.

TABELA 2 - REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - PR. NORMAIS CLIMATOLÓGICAS

Cidades	Temp. Média (°C)	Temp. Méd. Max. (°C)	T° C Média Mínima (°C)	UR (%)	Pluviosidade (mm)
Curitiba	17,1	23,3	13,0	81,6	1.515,4
Pinhais	16,5	22,5	12,5	83,0	1.424,3
Cerro Azul	20,2	27,6	15,7	80,4	1.355,3
Lapa	17,0	23,2	13,1	81,9	1.592,3

Fonte: Simepar.

TERMOGRAFIA DE SUPERFÍCIE E TEMPERATURA DO AR NA RMC

A análise da evolução das condições climáticas mostra que, na cidade de Curitiba, a temperatura média e o total de precipitações anuais têm aumentado progressivamente após a década de 1950 (cerca de 1,5° C). Esta intensificação do aquecimento-pluviosidade foi também observada na cidade de Iguape, localizada em uma área de proteção ambiental e situada cerca de 150 quilômetros a Nordeste de Curitiba, e na qual a urbanização não apresentou importantes alterações no mesmo período. A abordagem comparativa entre as duas cidades permite concluir, particularmente quando se observam suas diferenciações geográficas ao longo da história recente, que a intensificação do aquecimento regional e local reflete o processo observado na escala global (NOGAROLLI, 2000).

Observando-se, de maneira mais detalhada, o contexto geográfico atual da RMC e de sua aglomeração urbana, objetivo do presente estudo, torna-se possível constatar os efeitos da urbanização, da industrialização, da densidade da cobertura vegetal e da topografia sobre o campo térmico local.

A mancha urbana aparece (figuras 1 e 2), em geral, mais quente que a zona rural vizinha (a superfície urbana aparece como uma ilha de calor dentro da região) e, de maneira mais detalhada, uma clara diferenciação de temperaturas no interior da aglomeração urbana aparece de maneira mais evidente. Esta diferenciação de paisagens intra-urbanas reflete a diversidade da organização do espaço e do uso do solo local-regional e, uma vez associados ao processo radiativo, evidenciam a

formação de ilhas de calor alternadas com ilhas de frescor (arquipélagos de ilhas de calor e de frescor) tanto intra-aglomeração quanto nos espaços periurbanos.

As temperaturas da superfície mineralizada pela urbanização-industrialização apresentam uma variação da ordem de 12° C a 20° C, donde uma amplitude térmica de cerca de 8° C no mesmo espaço e no mesmo momento. A análise revela um complexo mosaico da termografia da superfície que corresponde à utilização do solo e ao planejamento urbano aplicado à cidade de Curitiba, pois os eixos de transportes urbanos que estruturam a espacialização da massa edificada são facilmente distinguíveis na imagem relativa à composição colorida (figura 3) e ao canal 6 (figura 2).

Como superfícies mais aquecidas destacam-se aquelas correspondentes às lâminas de águas das represas do Iraí e da Sanepar a Leste, e do Parque Passaúna a Oeste. No espaço intra-urbano da aglomeração, os lagos dos parques urbanos do Barigüi e São Lourenço são bastante proeminentes, ou seja, apresentam-se já bastante aquecidos no período da manhã, pois que a água desempenha um importante papel na retenção de calor, sendo um dos melhores reguladores térmicos da natureza. Destacam-se ainda, intra-aglomeração urbana, a CIC (Cidade Industrial de Curitiba), os eixos de transporte urbano e as áreas de forte adensamento de edificações, mais aquecidas que o entorno devido ao acúmulo de calor em suas superfícies mineralizadas (de menor albedo que aquelas vegetadas, úmidas e escuras).

Na zona rural circunvizinha, a termografia de superfície varia de 4° C a 20° C, donde uma maior amplitude térmica (16° C, aproximadamente) que aquela

FIGURA 2 - RMC – REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. TERMOGRAFIA DE SUPERFÍCIE

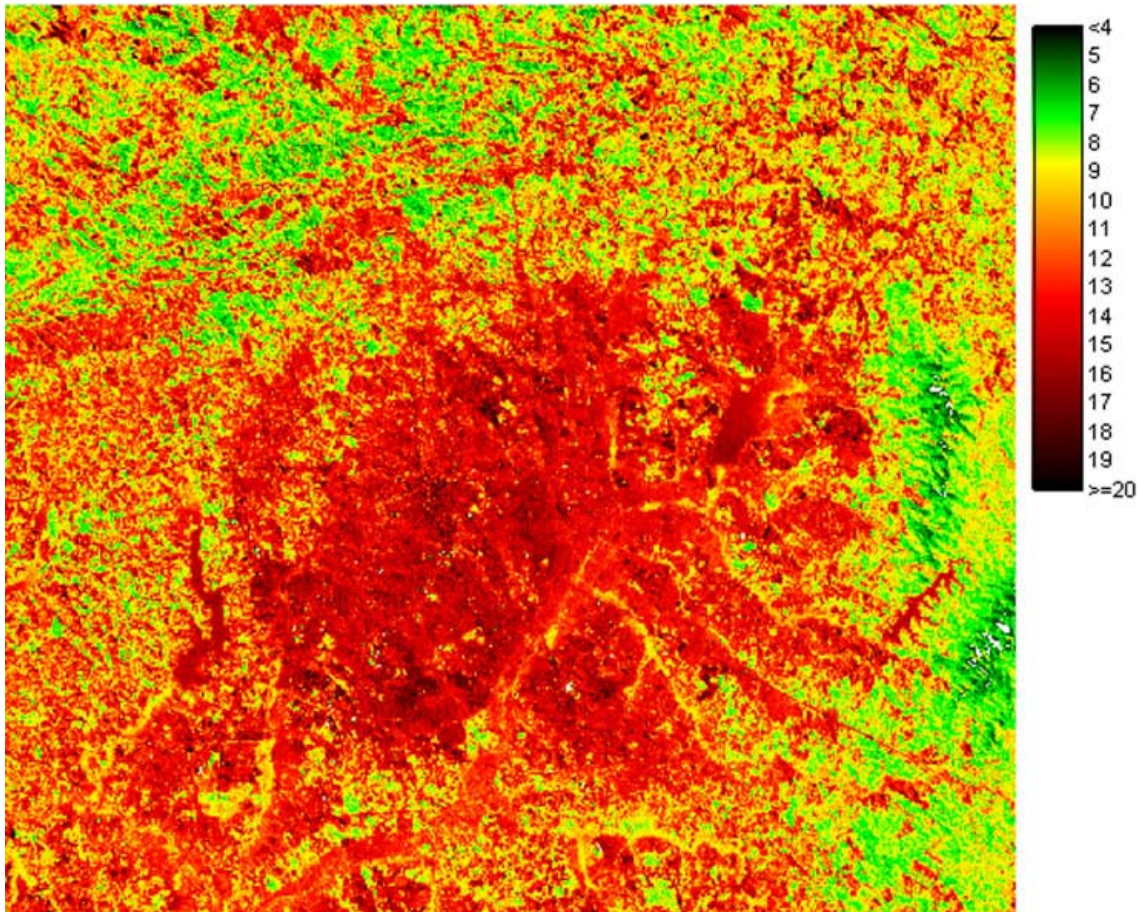


IMAGEM LANDSAT ETM 02/09/2002 - APROX.: 10H40MIN.
 NOTA: TEMPERATURA (LEGENDA) EM °C.

observada intra-aglomeração urbana, aspecto revelador da heterogeneidade da cobertura vegetal da área rural. Nesta, as mais baixas temperaturas correspondem aos lugares de melhor cobertura de biomassa, portanto com melhor e mais densa cobertura vegetal, assim como as mais expressivas elevações do relevo, estas com maior destaque na porção leste-sudeste e Noroeste da imagem. Poucos pontos com elevada temperatura (cerca de 15° C a 20°C) aparecem de maneira isolada na área agrícola-rural da imagem, sendo que ali predominam temperaturas que vão dos 12° C aos 5° C, o que resulta no fato de a área rural apresentar-se menos aquecida em sua superfície que a porção urbanizada. No que concerne à área urbana, ela evidencia, diferentemente, uma maior homogeneidade térmica, resultado direto da fraca cobertura vegetal e da predominância de materiais antropogênicos na concretude urbana.

As diferenças quanto à heterogeneidade e homogeneidade dos espaços urbanos e rurais observadas nas imagens (termografia e uso do solo) refletem

diferenciações concernentes às escalas de produção dos documentos-bases do estudo. Numa escala mais detalhada, ou maior, estas diferenças apresentar-se-iam, ao contrário, mais ricas no espaço intra-urbano, o que evidenciaria uma maior heterogeneidade sobre este quando comparado àquele. Assim, a superfície urbana forma um *continuum* térmico bem mais compacto e uniforme que a superfície rural do entorno.

Os dados provenientes da imagem de satélite mostram a formação, no momento da tomada da imagem, de um expressivo contraste entre a temperatura da superfície e a temperatura do ar (a 1,5 m). A observação da imagem deixa clara a formação de uma ilha de calor urbana, na qual a termografia evidencia uma variação de cerca de 10° C relativa à massa edificada da cidade, enquanto que o ar sobre esta ainda é, no final da manhã, mais fresco que a superfície. Sobre a aglomeração urbana pode ser observada a formação de uma ilha de frescor a 1,5 m, na qual a temperatura apresenta-se, em geral, cerca de 3° C inferior à da zona rural vizinha.

Uma vez tratados e analisados, os dados revelam que na porção Norte da RMC predominava um bolsão de ar mais quente que a porção Centro-Sul, embora toda a região estivesse sob o domínio do ar frio de origem polar (MPa – Massa Polar Atlântica). Esta condição atmosférica sugere a compreensão de que o ar polar estivesse tendendo a uma tropicalização na porção Norte da região, pois a ocorrência de frontogênese (31, 29 e 26/08) nos dias anteriores à tomada da imagem (02/09) coloca em evidência a disputa entre o ar frio de origem polar e o ar quente de origem tropical, sobre a região. As figuras 4 e 5 relativas à cidade de Curitiba ilustram, a título de exemplo, a análise rítmica dos tipos de tempo elaborada para as quatro localidades envolvidas na presente abordagem, documento a partir do qual as características acima foram inferidas.

De toda maneira a estação de Cerro Azul, aqui utilizada como representante das condições climáticas

da porção Norte da RMC está, devido à sua localização e situação (bacia hidrográfica do Capivari-Ribeira do Iguape), muito mais submetida à ação dos sistemas atmosféricos tropicais que as demais estações, o que conduz à compreensão do fato de suas médias térmicas e das temperaturas do período em análise apresentarem-se mais elevadas que as outras estações. A porção centro-Sul da RMC apresentou temperaturas inferiores que aquela ao Norte, pois que estava mais diretamente dominada pelo ar menos quente proveniente do sistema extra-tropical (MPa), donde se observar um gradiente térmico negativo de direção Norte-Sul (tabela 3).

Analisando-se, comparativamente, os dados provenientes de sensores e fontes diferentes (imagem de satélite e postos de medição de superfície), nota-se que o processo de aquecimento foi bem mais rápido e importante sobre a superfície do que no ar. O solo e o ar estando relativamente secos, pois que as últimas

FIGURA3 - RMC – REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. USO DO SOLO

ETM+ : 2 sept. 2002; 220/078 Curitiba, Brésil, CC 4, 5, 3

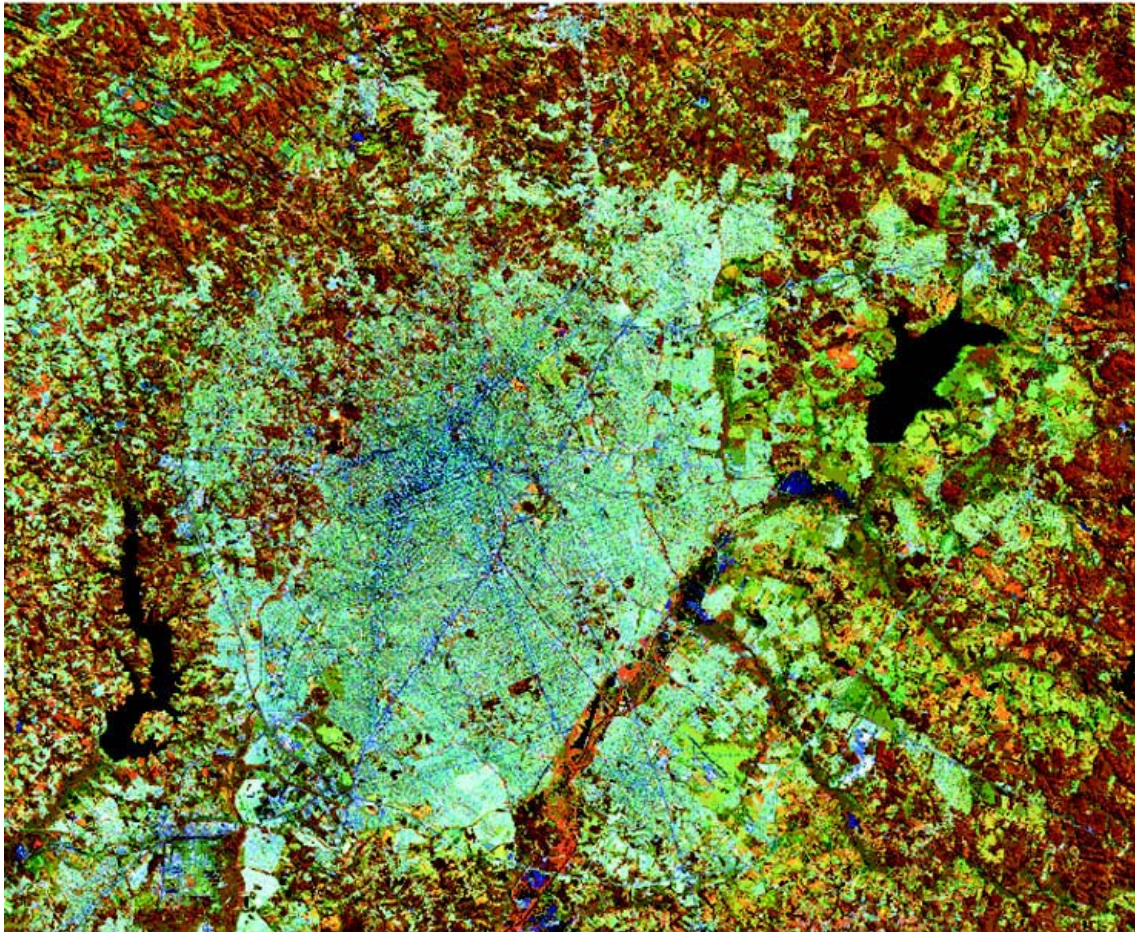


IMAGEM LANDSAT ETM 02/09/2002 - APROX.: 10H40MIN.
NOTA: COMPOSIÇÃO DOS CANAIS 4, 5, 3.

FIGURA 4 - CURITIBA/PR – TIPOS DE TEMPO 20/08 A 02/09/2002

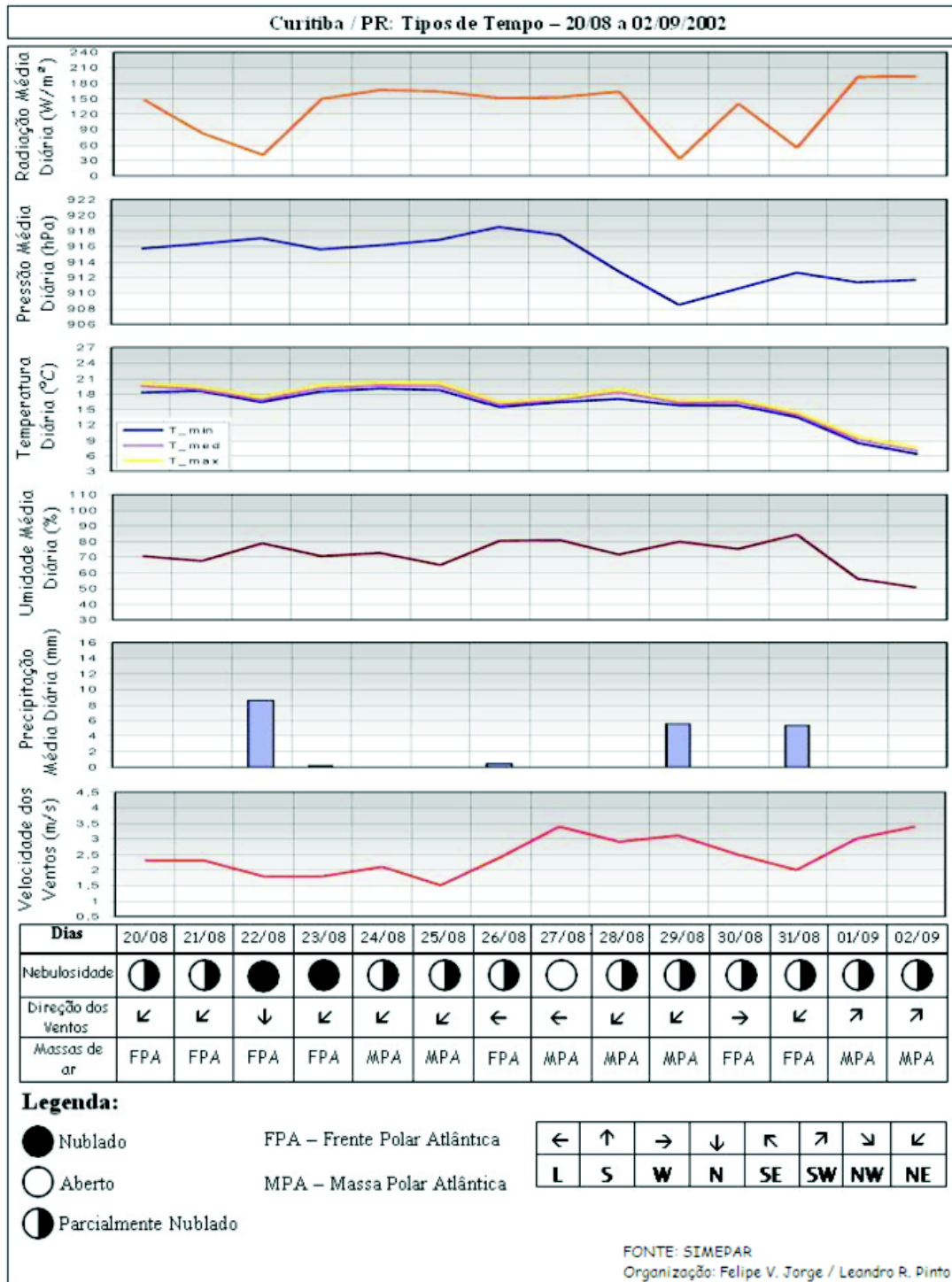


FIGURA 5 - CURITIBA/PR – TIPOS DE TEMPO 02/09/2002

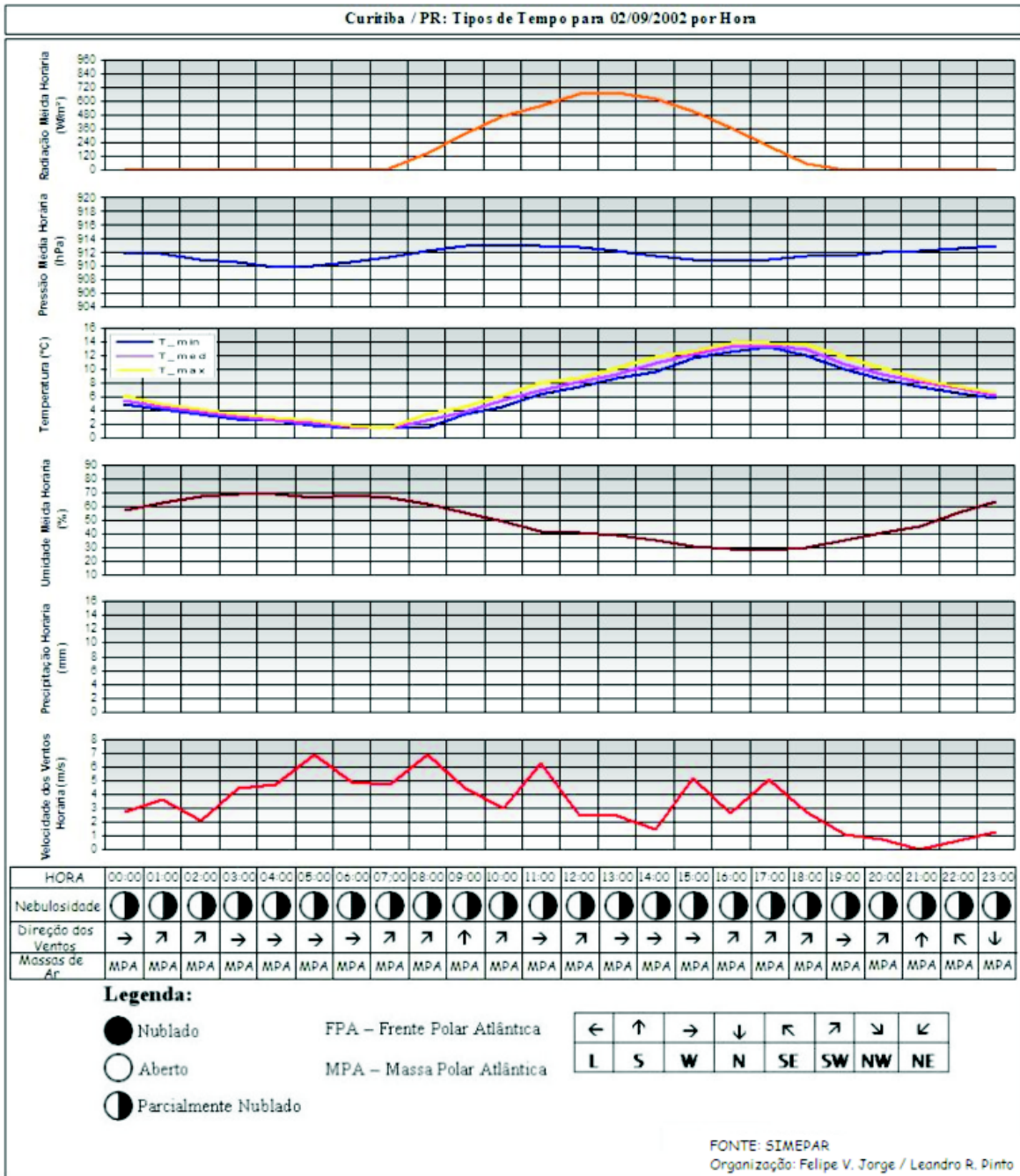


TABELA 3 - REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - PR. ASPECTOS METEOROLÓGICOS - 02/SETEMBRO/2002

		Tmi	TM	Tmx	UR	PA	Rad	VV	PL
Curitiba	05h	1.9	2.2	2.5	66.8	910	1	6.9	0
	10h	4.6	5.5	6.2	48.9	913	468	3	0
	11h	6.3	7.0	8	42.3	913	552	6.3	0
	15h	11.7	12.2	12.6	36.8	910	519	5.2	0
Pinhais	05h	1.5	1.7	1.9	80.3	908	0	7.4	0
	10h	4.7	5.7	6.9	56.3	911	608	3.2	0
	11h	6.6	7.2	7.7	47.7	911	758	1.9	0
	15h	11.7	12.3	13	35.8	909	685	1.2	0
Cerro Azul	05h	2.3	2.6	3.1	95.3	974	0	4.4	0
	10h	7.9	8.7	9.5	48.7	978	630	4.4	0
	11h	9.5	10.5	11.5	40.6	977	787	3.2	0
	15h	16	16.7	17.4	23.9	973	715	3.4	0
Lapa	05h	-1.2	-0.8	-0.4	97.2	913	0	2.2	0
	10h	4.1	4.9	5.8	55.6	915	616	5.9	0
	11h	5.8	6.4	7.2	51.4	916	762	2.4	0
	15h	11.3	11.8	12.3	35.4	914	693	5.7	0

FONTE DE DADOS: SIMEPAR.

TMI: TEMPERATURA MÍNIMA EM °C; TM: TEMPERATURA MÉDIA EM °C; TMX: TEMPERATURA MÁXIMA EM °C; UR: UMIDADE RELATIVA EM %; PA: PRESSÃO ATMOSFÉRICA HPA; RAD: RADIAÇÃO EM W/M²; VV: VELOCIDADE DO VENTO; PL: PLUVIOSIDADE EM MM.

precipitações pluviais teriam sido insuficientes para produzir uma profunda e duradoura umidade da superfície (menos de 6 mm), tanto no meio urbano quanto no meio rural, resultaram numa importante variação espacial da temperatura e numa expressiva amplitude térmica no dia 2 de setembro de 2002 (tabela 3).

O maior aquecimento de algumas áreas rurais (figuras 2 e 3) pode estar relacionado tanto à baixa umidade de determinadas superfícies agrícolas quanto à maior radiação que se processou sobre as mesmas quando comparadas ao meio urbano e periurbano (tabela 3). A formação de uma “ilha de menor umidade relativa” sobre a aglomeração urbana também pode, por outro lado, ter derivado numa maior temperatura sobre esta, pois o fluxo de calor sensível teria ali se desenvolvido de maneira mais rápida e intensa que sobre a superfície rural contígua.

CONCLUSÕES

A temperatura do ar de uma determinada localidade é resultante de uma combinação momentânea de determinados fatores. No ambiente urbano, a escala espacial e temporal dos fatores intervenientes na configuração climática apresenta particularidades derivadas tanto da maior heterogeneidade relativa ao uso e ocupação do solo, quanto da maior velocidade e

diversidade das atividades humanas em relação ao meio agrícola e rural. A análise elaborada sobre a RMC, na data específica de 2 de setembro de 2002 e final do mês de agosto daquele mesmo ano, utilizando-se de técnicas convencionais e inovadoras, revelou a formação de campos térmicos e higrométricos diferenciados e superpostos no nível da superfície e a 1,5 m.

Na imagem de satélite empregada no presente estudo, particularmente o canal 6 do Landsat TM, a paisagem rural da RMC apresentou uma heterogeneidade térmica mais importante que aquela da aglomeração urbana. Este fato resultou na formação de uma mancha térmica urbana mais homogênea quando comparada à zona rural contígua, embora sua termografia de superfície tenha se mostrado mais homogênea que a rural. Todavia, a heterogeneidade das paisagens intra-urbanas é mais rica que aquela relativa às paisagens rurais, mas a diferenciação de resolução entre o canal termal (canal 6) e os demais canais resulta em resultados diferentes quanto à termografia de superfície e o uso e ocupação do solo da área, como se pôde observar.

A termografia de superfície revelou a formação de um campo térmico bem homogêneo constituído pelo aglomerado urbano da RMC em comparação à superfície rural circunvizinha. Na área urbanizada, ainda que a amplitude térmica tenha sido menos expressiva que a rural, observou-se a formação de ilhas de calor e ilhas de

frescor, donde se falar num arquipélago de ilhas térmicas sobre a cidade. A aglomeração urbana, como um todo, destacou-se na paisagem regional formando uma mancha contínua mais quente que o entorno rural, este apresentando um diversificado mosaico de temperaturas que variavam de 0° C a 20° C.

Numa situação tipicamente invernal, sob o domínio da Mpa, o ar sobre a RMC apresentou-se mais fresco que a superfície. Este fato revelou que sobre as partes mineralizadas da aglomeração urbana o balanço de

radiação processou-se com maior rapidez e resultou no mais rápido aquecimento da superfície quando comparada ao ar subjacente. A umidade relativa do ar da cidade também apresentou-se menor que aquela do entorno, embora nas áreas rurais a radiação tenha se processado de maneira mais intensa; estes dois fatores, associados à termografia de superfície e aos sistemas atmosféricos atuantes, foram de fundamental importância para a compreensão da formação do campo térmico da RMC no período em análise.

REFERÊNCIAS

- CANTAT, O. *Téledétection spatiale et microclimats: le cas de la région d'Île de France*. Paris: IAURIF, 1987.
- COLLISHON, E. *O campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre: análise a partir da interação entre as variáveis ambientais na definição do clima urbano*. Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- DANNI-OLIVEIRA, I. M. *A cidade de Curitiba e a poluição do ar: implicações de seus atributos urbanos e geo-ecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno*. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado) - FFLCH/USP.
- ESCOURROU, G. *Le climat et la ville*. Paris: Nathan, 1991.
- HENDERSON-SELLERS, A.; ROBINSON, P.J. *Contemporary climatology*. New York: John Wiley & Sons, 1989.
- LOMBARDO, M. A. *A ilha de calor nas metrópoles: o caso de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1989.
- MENDONÇA, F. *Clima e planejamento urbano: proposição metodológica e sua aplicação à cidade de Londrina/PR*. São Paulo, 1995. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.
- _____. *Clima e criminalidade: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência de criminalidade urbana*. Curitiba: UFPR, 2001.
- MENDONÇA, F. A.; OLIVEIRA, E. L. *O ritmo pluvial e as inundações em Curitiba: relatório técnico-científico de iniciação científica*. Curitiba: PRPPG/UFPR, 1998.
- MONTEIRO, C. A. F. *Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho*. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1971. (Climatologia 1).
- MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. *Clima urbano*. São Paulo: Contexto, 2003.
- NOGAROLLI, Mozart. *Aquecimento global: a participação de Curitiba e Iguape*. Curitiba, 2000. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.
- OKE, T. *Boundary layer climate*. London: Methuen, 1978.
- SANTOS, M. *A urbanização brasileira*. São Paulo: Hucitec, 1993.
- SIMEPAR. *Sistema Meteorológico do Paraná*. Disponível em: <<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>