



ESTRUTURA TÉRMICA DA SUPERFÍCIE DE PARANAÍ/PR ATRAVÉS DO LANDSAT 7

THERMAL STRUCTURE SURFACE OF PARANAÍ/PR THROUGH LANDSAT 7

ESTRUCTURA TÉRMICA DE LA SUPERFICIE DEL PARANAÍ/PR POR EL LANDSAT 7

Larissa Piffer Dorigon

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista - UNESP. Rua Roberto Simonsen, 305, CEP: 19.060-900. Presidente Prudente-SP. E-mail: laridorigon@hotmail.com

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Docente do Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista - UNESP. Rua Roberto Simonsen, 305, CEP: 19.060-900. Presidente Prudente-SP. E-mail: mccta@fct.unesp.br

Resumo: A cidade atualmente é a expressão maior das ações humanas, ações estas que não são realizadas de forma homogênea por todo o território, delineando assim, traçados descontínuos, diferenciados, desordenados e, muitas vezes, excludentes. A partir desta constatação, e entendendo o clima como uma vertente de análise da estruturação do espaço urbano, esta pesquisa teve como recorte espacial a cidade de Paranaíba, localizada no Noroeste do estado do Paraná, e teve como objetivo principal comparar dados de temperatura da superfície na cidade e seu entorno, relacionando-as aos diferentes usos e ocupações da terra e aos materiais construtivos especialmente os utilizados nas coberturas. Foram utilizadas cartas de temperatura da superfície elaboradas através de imagens do Landsat 7 e tratadas no software Idrisi. Assim, os resultados obtidos com esse estudo apresentaram diferenças térmicas quando comparadas as superfícies do campo e da cidade de Paranaíba e também diferenças intraurbana da temperatura da superfície.

Palavras-chave: Clima urbano; Landsat 7; temperatura da Superfície; Paranaíba.

Abstract: The city currently is the highest expression of human actions, these actions are not carried out homogeneously throughout the territory, thus delineating paths discontinuous, differentiated, disordered and often exclusive. From this finding, and understanding the climate as an aspect of structuring of urban space analysis, this research had as spatial area of study the city of Paranaíba, located in the northwest of Paraná state, and aimed to compare data from surface temperature in the city and its surroundings, relating them to different uses and occupations of land and construction materials especially used in roofing. Were used letters of surface temperature produced by Landsat 7 and treated in Idrisi. Thus, the results obtained from this study showed thermal differences when comparing surfaces of the countryside and the city from Paranaíba and also intra-urban differences of surface temperature.

Keywords: Urban climate; Landsat 7; surface temperature; Paranaíba.

Resumen: Actualmente la ciudad es la más alta expresión de las acciones humanas, estas acciones no se llevan a cabo homogénea en todo el territorio, así delinear trayectorias discontinuas, diferenciada, desordenada y selectos. A partir de este hallazgo, y la comprensión del clima como un aspecto del análisis de la estructuración del espacio urbano, esta investigación tuvo como ámbito espacial de la ciudad de Paraná, ubicado en el noroeste del estado de Paranaíba, y tuvo como objetivo comparar los datos de temperatura de la superficie la ciudad y sus alrededores, relacionándolos con los distintos usos y ocupaciones de tierras y materiales de construcción, especialmente utilizados en cubiertas. Se utilizaron las cartas de temperatura de la superficie producida por el Landsat 7 y tratados en Idrisi. Por lo tanto, los resultados obtenidos de este estudio mostraron diferencias térmicas cuando se comparan las superficies del campo y de la ciudad de Paranaíba, y también las diferencias intra-urbanas de temperatura de la superficie.

Palabras clave: Clima urbano; Landsat 7; temperatura de la superficie; Paranaíba.

Introdução

O processo de urbanização atingiu proporções significativas a partir do século XIX, quando as cidades passaram a exercer o papel de polo de atração populacional. No entanto, foi no século XX que esses aglomerados ganharam destaque, passando a abrigar, em 1980, 41,5% da população total do planeta.

No Brasil, esse fenômeno começou a se intensificar nos anos de 1950. Destacam-se como os principais fatores desse crescimento urbano o desenvolvimento e a ascensão das atividades comerciais e industriais que tornaram as cidades centros de oportunidades de melhoria das condições de vida das pessoas que deixavam o campo.

A falta de oportunidade de trabalho e de acesso às terras nas zonas rurais e o fornecimento de educação e serviços públicos melhores, combinado a maiores oportunidades de empregos, levam um número cada vez maior de pessoas a mudar para as cidades (PITTON, 1997, p. 3).

Nesse contexto, na busca de construir, ou melhor, edificar um ambiente para si, Amorim (2000) afirma que o homem modificou o equilíbrio entre a superfície e a atmosfera, afetando assim, o funcionamento dos componentes climáticos e criando condições específicas definidas como clima urbano. Segundo Monteiro (1976, p. 95), “o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”, por isso será específico para cada ambiente urbanizado, uma vez que as cidades se diferem de acordo com suas características naturais, como: geomorfologia, direção predominante dos ventos, etc.; e suas características humanas, tais como: tipo e cor dos materiais utilizados nas edificações, densidades de construções, pavimentação, verticalização, presença de áreas verdes e arborização nas ruas e fundos de quintais etc.

Essas diferenciações encontradas nas cidades são adaptações geradas de acordo com necessidades sociais e que devido às inadequadas articulações com a natureza e, em particular com as condições climáticas, muitas vezes acabam por resultar em espaços impróprios, do ponto de vista térmico. Por isso, atualmente, muitos são os estudos relacionados à climatologia urbana visto que a preocupação com o entendimento da relação entre a natureza e a sociedade, que afeta diretamente a qualidade de vida da população e a qualidade ambiental, desperta grande interesse em estudiosos e pesquisadores.

Neste contexto, este artigo apresenta um estudo realizado no município de Paranavaí/PR, cidade de porte médio, localizada no Noroeste do estado do Paraná e que desperta o interesse graças ao seu processo histórico de ocupação diferenciado, pois foi inicialmente planejada, além do reflexo que este fato causou na atual estruturação de seu espaço urbano. Assim, o estudo teve como objetivo principal

comparar dados de temperatura da superfície na cidade e seu entorno, relacionando-as aos diferentes usos e ocupações da terra e aos materiais construtivos especialmente os utilizados nas coberturas.

Procedimentos metodológicos

Para a elaboração deste estudo, primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a temática que envolve a pesquisa, o qual serviu como auxílio para o entendimento do Sistema Clima Urbano, para a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes no município de Paranavaí/PR e também para a caracterização dos ambientes, tanto em relação aos aspectos físicos (geomorfologia, geologia, vegetação, entre outros), quanto também aos aspectos econômicos e socioculturais da região, além da busca de compreensão sobre o sensoriamento remoto.

O aporte teórico desta pesquisa foi a proposta elaborada por Monteiro (1976). Com base na Teoria Geral dos Sistemas, o autor desenvolveu o método que intitulou de Sistema Clima Urbano (S.C.U.). A principal contribuição de Monteiro foi o fato de considerar o clima a partir de uma visão integrada entre o homem, a natureza e a cidade sob uma mesma atmosfera. Esta integração é um ponto relevante na proposta de Monteiro, uma vez que, rompe com o paradigma do entendimento climático a partir da perspectiva meteorológica (VIANA, 2006).

De acordo com Jensen (2009) além da utilização de dados coletados em campo, também é possível obter informações sobre um objeto ou área geográfica a partir de um ponto distante privilegiado usando instrumentos de sensoriamento remoto.

Assim sendo, essa pesquisa pautou-se no estudo do clima a partir de técnicas de sensoriamento remoto e para tanto, foram elaboradas cartas de temperatura da superfície de Paranavaí. Essas cartas foram geradas, a partir de imagens do satélite Landsat 7 ETM+, com resolução espacial de 60 metros, no canal termal (banda 6). As imagens utilizadas nesse trabalho foram adquiridas no site da *United States Geological Survey* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

Amorim (2011) expõe os procedimentos realizados para o tratamento das imagens obtidas do satélite Landsat 7. Para a obtenção das temperaturas em grau Celsius (°C) foram realizados procedimentos no software IDRISI Andes versão 15.0, com a utilização de parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin e finalmente para graus Celsius¹.

¹ Parâmetros obtidos no site do satélite Landsat (NASA) – (Disponível em: http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook_htmls/chapter11/chapter11.htm).

A conversão dos níveis de cinza para informações de radiância foi realizada após a criação de um projeto para importar a imagem do canal térmico (banda 6) no Idrisi, e com a aplicação da seguinte fórmula:

$$L_{\lambda} = ((L_{\max \lambda} - \lambda L_{\min}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCALMIN - QCAL) + L_{\min \lambda}$$

Os valores e significados dos elementos que compõem esta fórmula estão discriminados na Tabela 1.

Tabela 1- Elementos da fórmula de conversão para radiância.

L_{λ}	Radiância espectral em sensor de abertura de em Watts
QCAL	Valor quantizado calibrado pixel em DN
$L_{\min \lambda}$	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMIN em watts
L_{\max}	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMAX em watts
QCALMIN	O mínimo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a $L_{\min \lambda}$) em DN
QCALMAX	Máximo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a $L_{\max \lambda}$) em DN

Fonte: http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf, acesso 23 abril 2012

Os valores de radiância espectral, tanto os máximos quanto os mínimos (L_{\max} e L_{\min}), “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” (AMORIM, 2011, p. 3).

Tabela 2- ETM + Faixa de radiância espectral Watts / (metro quadrado ster * * mm)

Número da banda	Processada antes de 01 de julho de 2000				Processada depois de 01 de julho de 2000			
	Baixo ganho		Alto ganho		Baixo ganho		Alto ganho	
	LMin	LMax	LMin	LMax	LMin	LMax	LMin	LMax
6	0,0	17,04	3,2	12,65	0,0	17,04	3,2	12,65

Fonte: Banda 6 ETM+/Landsat 7

Ainda segundo a mesma autora (2011, p.4),

Após a conversão dos níveis de cinza em radiância, foi aplicada a seguinte fórmula para converter os valores em temperatura Kelvin:

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

Considerando que:

T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin;

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

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

L = Radiância espectral, em Watts / (metro quadrado ster * * mm).

A tabela 3 apresenta os valores que foram substituídos na fórmula para conversão em temperatura Kelvin, sendo que estes estão também apresentados em um manual sobre o satélite Landsat 7 disponibilizado digitalmente pela NASA (http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf).

Tabela 3- ETM + térmica constantes de calibração

	Constante 1 – K1 Watts/(metro quadrado ster ** mm)	Constante 2 – K2 Kelvin
Landsat 7	666,09	1.282,71

Fonte: http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf, acesso 23 abril 2012

Após esses procedimentos, aplicou-se a fórmula para converter Kelvin em graus Celsius. Para gerar a grade de temperatura da superfície em graus Celsius (°C), os valores de temperatura foram subtraídos de 273,15².

Para selecionar a área que engloba a cidade de Paranavaí/PR, foi importada a malha urbana do setor censitário georreferenciada, obtida junto ao site do IBGE, para delimitar apenas a área urbana com o rural próximo, e assim proceder à análise e distribuição das temperaturas da superfície.

Para este artigo foram selecionadas cartas de temperatura da superfície representativas do inverno e do verão, uma vez que estas são as estações do ano em que o clima mais se diferencia e assim, resulta em diferentes termografias de superfície. Para tanto, foram utilizadas imagens de satélite de agosto de 2002 e novembro de 2001.

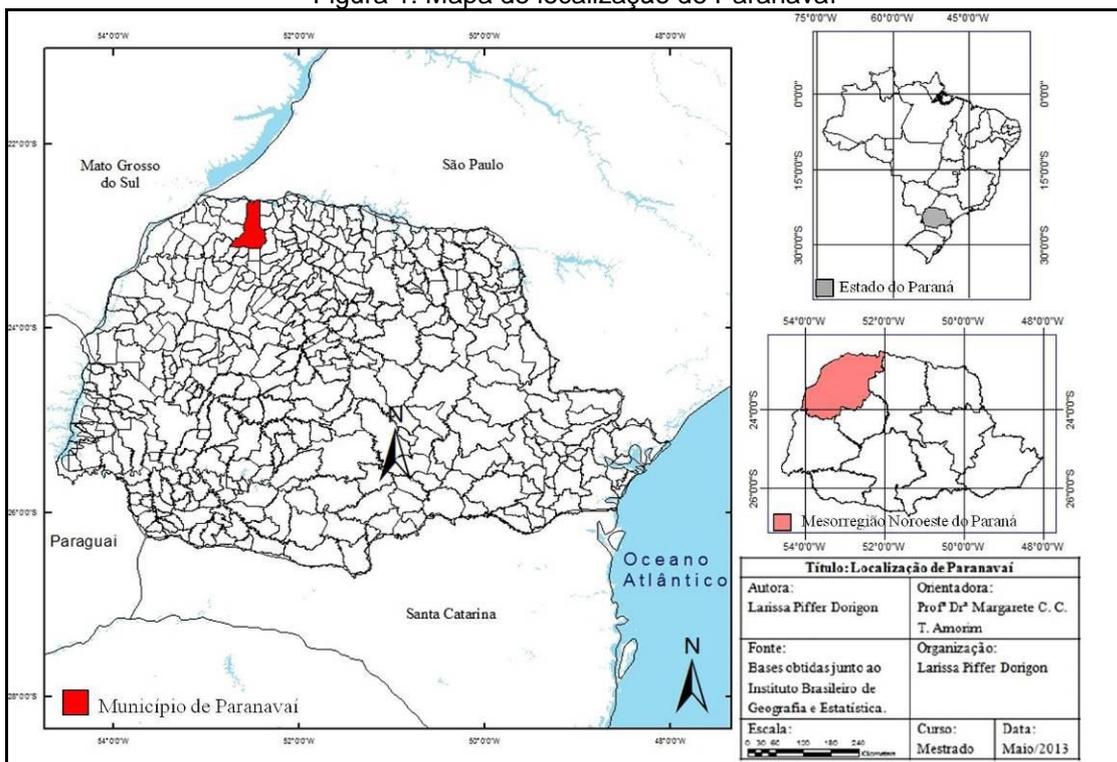
Como auxílio para as análises destas cartas foram utilizados dados diários de precipitação registrados pela Estação Experimental de Paranavaí que são organizados e controlados pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e disponibilizados mediante pedido institucional.

Caracterização da área de estudo

Paranavaí localiza-se, de acordo com a divisão territorial brasileira instituída em 1990 pelo IBGE, na mesorregião Noroeste do Estado do Paraná. Esta mesorregião congrega uma área de 24.489 km² e conta com 61 municípios divididos em três microrregiões: microrregião geográfica de Paranavaí, de Umuarama e de Cianorte (Figura 1).

² Idem, ibidem.

Figura 1: Mapa de localização de Paranavaí



O município encontra-se entre as coordenadas 23° 07' 00" S de latitude e 52° 46' 00" W de longitude, em uma altitude média em relação ao nível do mar de 529m, e possui uma população de 81.595 habitantes (IBGE, 2010).

Quanto à superfície, sua área total é de 1202 km² (IBGE, 2010), sendo a área urbana correspondente a 41.090m². Seus limites são: ao Norte com o rio Paranapanema; ao Nordeste com o Município de Santo Antônio do Caiuá; a Sudeste com o município de Alto Paraná; a Leste, com o Município de São João do Caiuá; ao Sul com os municípios de Tamboara e Nova Aliança do Ivaí; a Sudoeste, com os municípios de Amaporã e Mirador; a Oeste com o município de Guairaçá e a Noroeste com o município de Terra (CARGNIN, 2001).

A base econômica do município é a pecuária de corte e de produção de leite. Atualmente a citricultura é a mais recente alternativa agrícola. Esse cultivo tornou Paranavaí o maior produtor de laranjas do Paraná.

Paranavaí teve seu processo inicial de ocupação e colonização baseado no planejamento urbano, uma vez que este foi realizado por uma “empreiteira”. No Noroeste Paranaense, a empreiteira “Brazil Railway Company”, através da sua subsidiária Braviaco – Companhia Brasileira de Viação e Comércio S/A, obteve uma área de 317 mil hectares. Nessa área de concessão, a Braviaco teve como uma de suas obrigações a demarcação

das áreas devolutas concedidas e proceder à sua colonização, vinculada ainda à construção de um ramal de uma estrada de ferro. Foi então,

[...] demarcada e titulada a área denominada “Gleba Pirapó” à Braviaco e reservada à mesma Companhia a área de terras a oeste desta Gleba, delimitada pelos rios Paraná, Paranapanema e Ivahy, todas localizadas no município de Tibagy, que mais tarde se transformou na Colônia Paranavaí (ALCANTAR, 1987 apud BERNARDINO, 1999, p. 68).

Esta Gleba Pirapó ficou conhecida como Fazenda Brasileira e seu núcleo central corresponde hoje ao espaço urbano de Paranavaí. Nesse momento, cerca de 300 famílias de nordestinos foram trazidas para trabalhar na fazenda no plantio de 1.200.000 hectares cafeeiros e na formação de pastagens. Verifica-se, assim, que foram os nordestinos os primeiros a ocuparem a área, por volta de 1926.

Até 1930 já havia na fazenda 14.000 famílias e toda estrutura – serraria e máquina de beneficiar arroz, caminhões, animais de carga, armazém, farmácia e casas para colonos - já estava implantada pela Braviaco (BERNARDINO, 1999).

Porém, nesse mesmo ano, o Governo Provisório do Estado do Paraná, efetivou o Decreto nº 300 em que alegava que as cláusulas do contrato firmado em 23 de agosto de 1920 com a Companhia Estrada de Ferro São Paulo – Rio Grande, e por esta cedida à Braviaco, não foram cumpridas e conseqüentemente decretou sua rescisão, bem como todos os atos conseqüentes do mesmo foram declarados em caducidades (CARGNIN, 2001).

Em razão desse Decreto, todos os títulos de terras expedidos em favor da Braviaco, inclusive da Gleba Pirapó, foram anulados e na região de Paranavaí, o Governo Federal retomou a concessão de terras.

Assim, a Fazenda Brasileira foi abandonada e mergulhou em uma grave crise sendo que em 1942, quando a extensa área reverteu ao patrimônio público para ser loteada, contava com apenas três famílias de moradores e no lugar de 1 milhão de pés de café, apenas 250 hectares de pastagens naturais que serviam ao gado.

Esse novo loteamento recebeu o nome de Colônia Paranavaí e já contava com estradas que ligavam a região a Londrina e a Maringá. Os novos lotes eram vendidos pelo governo e as propriedades rurais eram maiores ou menores, conforme a sua localização era mais distante ou próxima à sede da colônia.

A população aumentou e a colônia se desenvolveu, pois os colonos plantavam cereais, café e dedicavam-se à pecuária. Assim, “em 1947, a Colônia tornou-se Distrito do Município de Mandaguari com o nome de Paranavaí”

(BERNARDINO, 1999) e com a Lei 790 de 14 de novembro de 1951, tornou-se Município, cuja instalação ocorreu em 14 de dezembro de 1952.

Dessa área foram desmembrados de 1955 a 1961, os municípios de Loanda, Querência do Norte, Santa Cruz do Monte Castelo, Santa Izabel do Ivaí, Terra Rica, Paraíso do Norte, Tamboara, Nova Londrina, Amaporã, Guairaçá e Planaltina de Paraná. Mais recentemente novos municípios foram criados, restando atualmente, para Paranavaí a área de 1.202 km².

No que diz respeito às características físicas, Paranavaí encontra-se no bloco do Planalto de Apucarana. Esse planalto abrange toda a rede de drenagem da margem direita do rio Ivaí, a bacia do rio Pirapó e pequenos afluentes do rio Paranapanema. O relevo desse bloco varia entre suavemente ondulado e plano nos extensos interflúvios dos rios Paranapanema e Ivaí.

A rocha da formação Caiuá aliada ao clima local, deram ao solo da região de Paranavaí características de arenoso, profundo, drenado, bem desenvolvidos e de pouca fertilidade natural com grande tendência à erosão.

No âmbito da climatologia regional, a mesorregião Noroeste do Paraná encontra-se numa faixa de transição entre os climas zonais tropicais e subtropicais, portanto controlados tanto pelas massas de ar polares quanto pelas tropicais. Ocorrem estiagens entre os meses de junho e agosto e as chuvas se concentram no período de outubro a março.

O clima urbano e o sensoriamento remoto

Atualmente o crescimento urbano é regido pelo avanço tecnológico e pelas mudanças ocorridas nos setores de produção. Muitas são as tecnologias empregadas, alterando o padrão de produção e da divisão social do trabalho, sendo que as pessoas são obrigadas a seguir a lógica do capital e assim, os diferentes usos e ocupações da terra dentro da cidade vão surgindo de acordo com os diferentes modos de agir sobre o território.

Neste sentido, como salienta Santos (1996), quando a natureza era ainda inteiramente natural, os movimentos que existiam, assim como suas causas e consequências eram resultados de um processo unicamente derivado das próprias energias naturais desencadeadas. No entanto, com a presença do homem o fator social é somado ao natural.

Num primeiro momento, ainda não dotado de próteses que aumentem seu poder transformador e sua mobilidade, o homem é criador, mas subordinado. Depois, as invenções técnicas vão aumentando o poder de intervenção e a autonomia relativa do homem, ao mesmo tempo em que se vai ampliando a parte da “diversificação da natureza” socialmente construída (SANTOS, 1996, p.131).

Com o passar do tempo e com o poder de intervenção e diversificação humana aumentado, os problemas ambientais urbanos passaram a ganhar maior enfoque, principalmente os relacionados com o aumento de precipitação, a poluição de corpos d’água e do ar, a queda na umidade relativa, as enchentes, os deslizamentos e o aumento na temperatura do ar. Neste sentido, o estudo do clima urbano, nas últimas décadas vem ganhando força.

Esse clima específico é gerado pelas diferentes características entre as cidades e áreas circunvizinhas ou mesmo entre o espaço intraurbano, que criam condições específicas na atmosfera.

Esse clima diferenciado das cidades é notado a partir do momento em que a ação humana modifica toda a natureza existente previamente. De acordo com Lombardo (1985), a qualidade da vida humana, dentro de áreas urbanas, está diretamente relacionada com a interferência da obra antrópica no meio natural. O ser humano passou a reger a natureza, a modificá-la, a construir novas condições de vida, sobrecarregando-a, e alterando toda a ecologia das cidades. Dessa forma, na busca de construir, ou melhor, edificar um ambiente para si, através da instalação de objetos técnicos para responder a necessidades fundamentais, como alimentar-se, residir, deslocar-se, ou seja, rodear-se de objetos úteis (SANTOS, 1996), o homem modifica o equilíbrio entre a superfície e a atmosfera.

Amorim (2000) esclarece que também o campo sofreu transformações em suas paisagens, população e costumes sociais e culturais no decorrer do tempo, entretanto são nas cidades que os efeitos do ar comprometido produzem alterações nos elementos climáticos de maneira mais intensa.

Ainda segundo a mesma autora, o processo de urbanização altera o balanço de radiação e o hídrico da superfície devido à substituição dos materiais naturais pelos materiais urbanos. Estas substituições podem ser feitas através da retirada da vegetação original, aumento da circulação de veículos e pessoas, impermeabilização generalizada do solo, mudanças no relevo, canalização de córregos, concentração de edificações, instalações de indústrias, além do lançamento de partículas e gases poluentes na atmosfera.

No processo de urbanização, a remoção da cobertura verde e sua substituição por áreas construídas elevam o índice de albedo e, conseqüentemente, a superfície do solo passa a reter menos quantidade de energia, aumentando a refletância. Sabe-se que, quanto mais elevado é o volume de energia armazenado, maior é o equilíbrio térmico. Nas cidades, verifica-se, portanto, uma desorganização do mecanismo climático (CONTI, 2003, p.43).

A população que vive nas cidades sofre, diretamente, com os efeitos destas alterações e as percebem através de manifestações ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e a outras, capazes de desarranjar o modo de viver urbano e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes.

Portanto, entende-se que a geração do clima urbano é decorrente da artificialização da paisagem, e que ele afeta diretamente a qualidade de vida dos indivíduos que habitam as cidades. Contudo, é indispensável o entendimento de que o modo de sobrevivência humano necessariamente produz calor antropogênico, o que torna estritamente necessário o planejamento urbano, para que essa relação de produção de calor pelo homem e sua qualidade de vida seja equilibrada.

A fim de buscar um entendimento maior a respeito do complexo ambiente urbano, tendo como enfoque o clima urbano e também como forma de auxiliar no planejamento das cidades, várias técnicas de análise são desenvolvidas, entre elas, encontra-se o sensoriamento remoto.

De acordo com Novo (1989), o sensoriamento remoto é uma tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos sem contato físico direto e que se utiliza de sensores para coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal possível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração da informação.

Os estudos realizados através do sensoriamento remoto aplicados ao clima urbano se utilizam de dados espectrais localizados na região do infravermelho termal. De acordo com Coltri (2006), um alvo da superfície terrestre recebe radiação eletromagnética proveniente do Sol e, dependendo da sua composição, cor, forma e propriedade, parte desta energia é refletida e absorvida. Deste modo, afirma-se que satélites com sensor infravermelho termal mensuram a radiação do topo da atmosfera, sendo que estes podem ser convertidos em temperatura aparente da superfície.

Assim, através do sensoriamento remoto é possível examinar relações entre a estrutura espacial dos padrões térmicos urbanos e as características da superfície urbana, além de permitir um maior grau de detalhamento e uma visão espacial das temperaturas da superfície de uma determinada região com o seu entorno.

Por meio de termografia de superfície, nesta pesquisa, foi possível identificar áreas mais aquecidas e assim investigar suas características espaciais e sua relação com o uso e ocupação da terra.

As cartas de temperatura da superfície, geradas a partir do canal 6 do Landsat 7 permitiram identificar locais e pontos específicos nos quais a superfície da cidade de Paranavaí encontrava-se mais aquecida nos momentos de aquisição das imagens de satélite. Como salientou Ugeda Junior, 2010, p. 316,

[...] essa carta permite identificar a temperatura dos alvos, e realizar diversas análises, como por exemplo, temperatura dos alvos relacionada aos materiais construtivos utilizados, as relações existentes entre a temperatura da superfície e as ilhas de calor, enfim, esse mapeamento contribuiu para o aprofundamento da compreensão das características climáticas da área estudada.

Ainda segundo este mesmo autor, essa forma de mapeamento da temperatura da superfície, pode ser considerada como reprodução fiel das características térmicas existentes no momento da aquisição das imagens e por isso, considera-se esta uma importante fonte de dados para a compreensão do clima urbano.

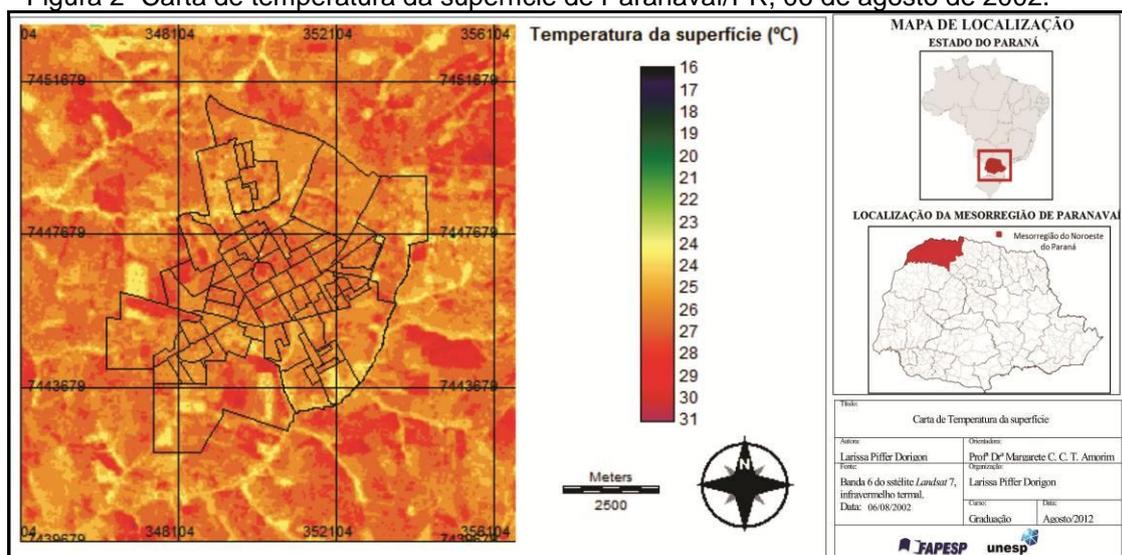
Portanto, através das imagens do canal 6, do satélite Landsat 7 tratadas no *software* Idrisi foi possível espacializar as temperaturas das superfícies encontradas em meio a malha urbana de Paranavaí, podendo assim, concretizar uma análise mais aprofundada das anomalias térmica encontradas na cidade.

Resultados e discussões a partir da carta de temperatura da superfície – 06 de agosto de 2002

Com base na carta de temperatura da superfície do dia 6 de agosto de 2002 (Figura 2), notou-se que o município de Paranavaí apresentou o padrão observado para os meses mais secos do ano, visto que a partir do dia 7 de julho até o dia 6 de agosto, este último sendo o dia da tomada da imagem, não houve registro de precipitação.

Devido à ausência de chuva não foi possível diferenciar o aquecimento da área urbana quando comparada a área rural próxima, uma vez que o campo teve um declínio significativo de vegetação e em muitas áreas o solo ficou exposto.

Figura 2- Carta de temperatura da superfície de Paranavaí/PR, 06 de agosto de 2002.



De acordo com Ugeda Junior (2010) a exposição acentuada do solo contribui para a redução da inércia térmica, conceito definido através da relação entre a densidade, capacidade térmica e o calor específico dos materiais que compõem a superfície. Entende-se que os elementos com maior inércia térmica tendem a se aquecer menos e apresentam menor amplitude durante o dia, enquanto que os que possuem menor inércia térmica se aquecem mais, apresentando maior amplitude térmica diária.

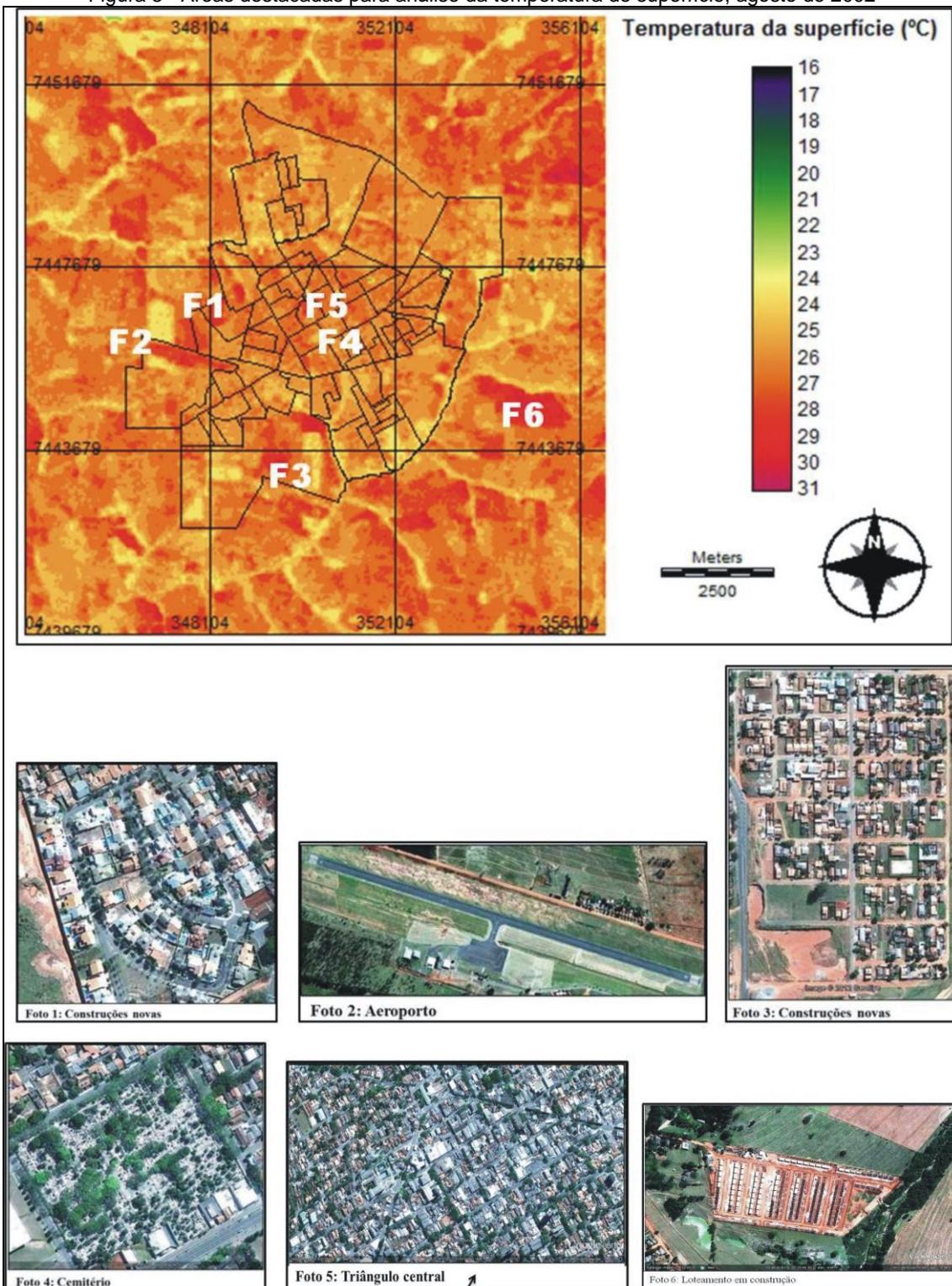
Portanto, observou-se que a área urbana não se diferenciou significativamente da área rural e a cidade apresentou temperaturas relativamente parecidas quando comparadas com o campo, sem demonstrar áreas com grandes aquecimentos. Verificou-se que apenas em alguns pontos as temperaturas das superfícies foram mais elevadas e esses merecem destaque e explicações com melhor nível de detalhamento.

Deste modo, determinados pontos foram destacados na figura 3, para melhorar a visualização dos resultados. A foto 1 (Figura 3), mostra um ponto no qual se verificou temperaturas elevadas, aproximadamente 30°C, encontrada em uma área construída recentemente na parte noroeste de Paranavaí. Nesse sentido também se destacam as fotos 3 e 5 (Figura 3), como loteamentos ainda em construção que apresentaram temperaturas de superfície elevadas.

Estas possuem similaridades que interferem na temperatura da superfície, principalmente no que se refere à falta ou a pequena quantidade de vegetação arbórea. Na foto 1 nota-se uma área com residências majoritariamente de dois pavimentos, com padrão de construções que revela uma classe social com maior

poder de consumo, porém como o loteamento é recente a vegetação encontra-se em fase de crescimento, ou seja, as árvores são ainda de pequeno porte.

Figura 3 - Áreas destacadas para análise da temperatura de superfície, agosto de 2002



Fonte das fotos: Google Earth, acesso em: outubro de 2012. Elaboração: Dorigon, 2012.

Já a foto 3 aponta um loteamento ainda em construção, onde foram detectadas as maiores temperaturas (31°C). Este loteamento conta com ruas sem cobertura asfáltica, ou seja, com grande quantidade de solo exposto, algumas residências com telhado de fibrocimento e a vegetação arbórea está presente em pequena quantidade quando comparada ao restante da cidade.

Também em um loteamento ainda em fase de estruturação, porém fora da área delimitada como urbana, a foto 6 revelou a temperatura da superfície em 29°C. Nesta área da cidade notou-se a edificação de residências iguais (estilo conjunto habitacional), que seguem o mesmo padrão construtivo, sendo este de casas de um único pavimento, cobertas com telhados de fibrocimento e sem espaçamento lateral. Além disso, constatou-se uma grande quantidade de solo exposto e a não presença de cobertura vegetal. Portanto, estes fatores encontrados nos três pontos fizeram com que nos loteamentos recentes ou ainda em construção, as temperaturas das superfícies se revelassem mais elevadas.

O aeroporto do município, em destaque na foto 2 (Figura 3), atingiu aproximadamente 30°C. A ocorrência deste fato é explicada devido à predominância asfáltica na pista, a presença de solo exposto ao seu redor e a não existência de vegetação arbórea nesta área do município.

A foto 4, que corresponde ao cemitério da cidade, foi identificada como uma área de frescor, posto que a temperatura detectada foi de aproximadamente 24°C.

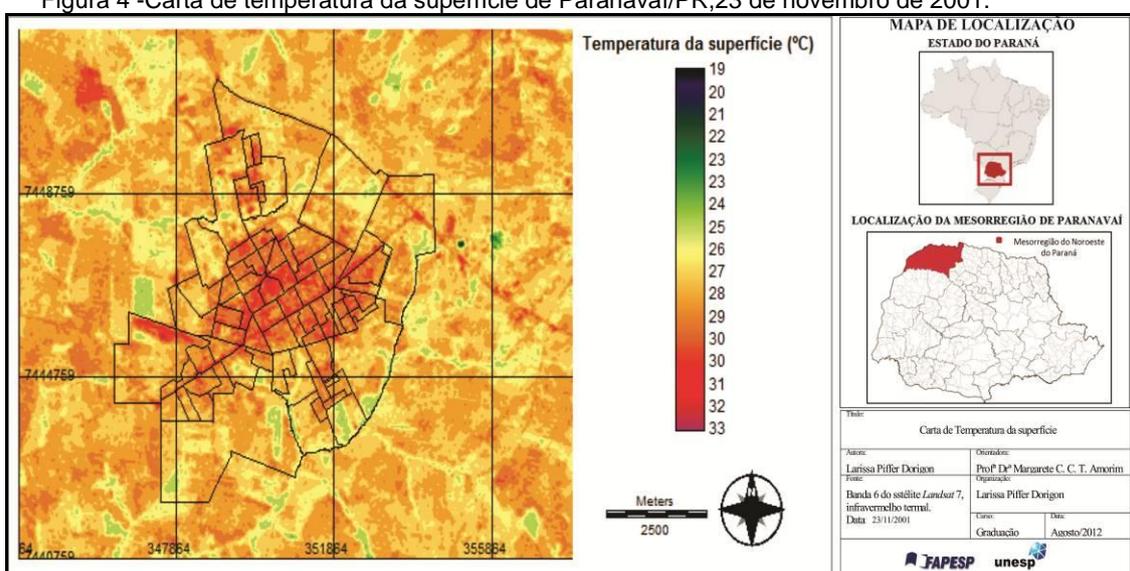
Esta merece destaque pela concentração de vegetação arbórea e se diferencia por se localizar nas proximidades de uma área que apresentou temperatura mais elevada, a região do centro da cidade de Paranavaí, foto 5, onde foi detectada temperatura de superfície elevada, aproximadamente 30°C. Essa temperatura se justifica devido à concentração de construções, a existência de alguns telhados com materiais que refletem grande quantidade de energia solar e também a retém, mantendo a superfície aquecida, e principalmente pela baixa presença de vegetação, quando comparada às outras áreas da cidade.

Portanto, nota-se que devido à estiagem, o mês de agosto de 2002 não foi propício às grandes diferenças entre a cidade e o campo, principalmente pela presença de extensas áreas de solo exposto na área ao redor da malha urbana. Ressalta-se que os pontos mais aquecidos da área urbana também estiveram diretamente relacionados à existência de solo exposto e seco, como novos loteamentos, ou a falta de cobertura arbórea, como no centro da cidade.

Resultados e discussões a partir da carta de temperatura da superfície – 23 de novembro de 2001

A Carta da Temperatura da Superfície de 23 de novembro de 2001 apresentou o padrão observado para os meses mais chuvosos do ano (Figura 4). O total de precipitação mensal foi de 144,8 mm e esta foi distribuída ao longo do mês, possibilitando assim o crescimento ou a manutenção das áreas rurais vegetadas, desfavorecendo o surgimento de áreas com solo exposto.

Figura 4 -Carta de temperatura da superfície de Paranavaí/PR,23 de novembro de 2001.

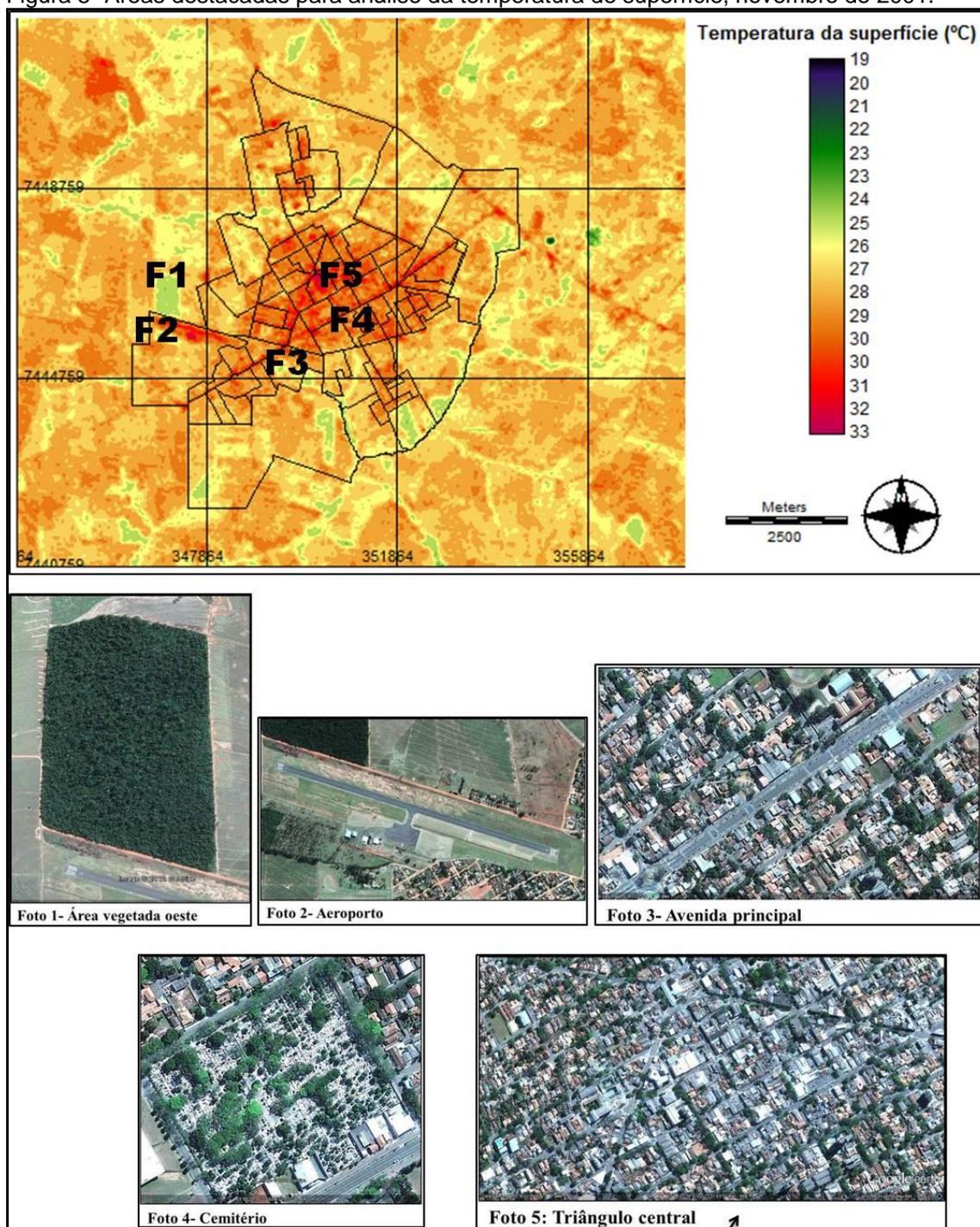


Como afirmado por Ugeda Junior (2010), em meses mais chuvosos as áreas urbanas se apresentam mais aquecidas do que as áreas rurais. Este padrão ocorre, sobretudo, devido à substituição dos elementos naturais por materiais construtivos que são capazes de armazenar maior quantidade de energia durante o dia e liberá-la ao longo da noite.

Neste sentido, foram destacados 5 pontos da carta de temperatura que se apresentaram mais quentes ou mais frios, sendo eles 4 dentro da própria malha urbana e um na área rural (Figura 5).

A influência da vegetação na temperatura pode ser observada na foto 1 (Figura 5). Localizada no rural de Paranavaí a área destacada, possui cobertura densa de vegetação arbórea, elemento que torna a temperatura deste ponto mais amena (24°C).

Figura 5- Áreas destacadas para análise da temperatura de superfície, novembro de 2001.



Fonte das fotos: Google Earth, acesso em: outubro de 2012. Elaboração: Dorigon, 2012.

Em destaque na foto 2 (Figura 5) tem-se o aeroporto do município, uma área com intensa cobertura asfáltica e sem presença de vegetação, fatores que aglutinados revelam alta temperatura (30°C).

Já a foto 3 (Figura 5) revela a alta temperatura, aproximadamente 34°C, encontrada na Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado, a principal ligação que

corta a cidade de leste a oeste. Esta constatação tem sua razão na predominância do asfalto nessa larga avenida e da não existência de canteiro central que poderia conter vegetação.

Em destaque como uma área de frescor encontra-se o cemitério de Paranavaí, como pode ser observado na foto 4 (Figura 5). A temperatura amena detectada neste ponto se deve a presença de vegetação de porte arbóreo em toda a área do cemitério. Vale ressaltar que esta área de frescor está em meio a dois outros pontos destacados por serem quentes nesta carta, o triângulo central e a Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado. Nota-se assim a importância da vegetação para a redução da temperatura da superfície.

Na foto 5, nota-se a área do centro da cidade que vale ser destacada devido a densidade de construção, a existências de alguns telhados de fibrocimento e sobretudo, pela baixa presença de vegetação, quando comparada a outras áreas da cidade que resultaram em alta temperatura de superfície, aproximadamente 35°C.

Deste modo, foi possível notar que o mês de novembro apresentou maiores temperaturas da superfície quando comparado ao mês de agosto e que a precipitação ocorrida de forma esparsa possibilitou a manutenção da vegetação na área rural, destacando assim a capacidade térmica dos materiais urbanos, uma vez que a cidade se revelou mais quente quando comparada ao campo. No entanto, notou-se que os pontos urbanos mais aquecidos estiveram sempre relacionados com a pouca ou nenhuma presença de vegetação.

Considerações finais

Através da realização de levantamentos bibliográficos referentes à dinâmica regional em que se insere o município de Paranavaí, constatou-se que as relações estabelecidas entre a sociedade e a natureza ocorreram de maneira diferente do que habitualmente se observa nas cidades brasileiras, por se trata de uma cidade inicialmente planejada. Passos (2006), revela que a colonização implantada no noroeste do Paraná foi baseada numa concepção moderna, pois se arquitetou com a construção de vias de circulação e com pequenos centros urbanos, “coordenados” por cidades de porte médio (Maringá, Paranavaí, Cianorte, Umuarama). Ao mesmo tempo, o parcelamento dos lotes rurais estruturou-se com o objetivo maior de promover o dinamismo regional.

Assim, nota-se que o modelo de urbanização adotado em Paranavaí e em sua região é uma continuação do processo histórico de ocupação, pois é possível identificar-se um planejamento no crescimento da cidade.

Com as análises das cartas de temperatura da superfície, foi possível identificar áreas que, de acordo com suas características apresentaram-se mais aquecidas do que o entorno, e também áreas menos aquecidas.

De forma geral notou-se que o mês mais seco, agosto, dificultou a diferenciação entre as temperaturas de superfície da cidade e do campo devido a grande quantidade de solo exposto existente na zona rural. Já no mês de novembro, tornou-se mais facilmente identificado que o ambiente urbano esteve mais quente que o rural devido à substituição pelos materiais urbanos.

Observou-se que os pontos mais quentes foram aqueles onde se encontravam extensas porções de solo exposto, predomínio de cobertura asfáltica, grandes quantidade de cobertura de fibrocimento, além da inexistência ou pequena quantidade de vegetação arbórea. Enquanto que as menores temperaturas foram diagnosticadas principalmente onde havia a cobertura arbórea.

A área do cemitério do município foi a que apresentou as menores temperaturas, devido, principalmente, a grande quantidade de vegetação arbórea presente no local, enquanto que no centro da cidade, na avenida principal e no aeroporto foram evidentes as temperaturas mais elevadas devido à inexistência ou pequena quantidade de vegetação e a predominância da cobertura asfáltica.

Contudo, mesmo existindo essas diferenciações de temperatura da superfície entre a cidade e o campo em Paranavaí e em seu próprio espaço intraurbano, constata-se facilmente que esta ocorre em uma pequena intensidade e em pontos bem específicos, sendo consequência da organização urbana e principalmente pela presença de cobertura vegetal arbórea nas calçadas e no interior dos lotes (jardins e quintais).

Esta última característica apresentada é de extrema importância, pois segundo Amorim (2005), a cobertura de vegetação arbórea e de outros portes auxilia na melhoria da qualidade da atmosfera por meio da fotossíntese, visto que absorve o dióxido de carbono do ar, armazenando-o para o seu crescimento e lança oxigênio para a atmosfera. Além disso, remove poluentes do ar, tais como, óxido de nitrogênio, óxidos de enxofre e as partículas sólidas em suspensão.

No que concerne ao balanço climático, Carvalho (2001) expõe que a vegetação arbórea é considerada como um dos elementos mais relevantes na

morfologia das cidades, devido aos seus efeitos benéficos para o meio ambiente urbano. Segundo esta autora ao citar Branco (1991), as árvores desempenham um importante papel para a manutenção do equilíbrio climático, uma vez que, além de proporcionarem efeito de sombra, também funcionam como filtro quando retiram do ambiente grande quantidade de radiação solar, através da transpiração das folhas, ou seja, quando realizam a evapotranspiração.

Portanto, conclui-se que o elemento diferenciador em Paranavaí é, sem dúvida, a presença da cobertura vegetal arbórea especialmente nas calçadas da cidade, o que fez com que as intervenções humanas não interferissem de maneira notável em seus elementos climáticos e na termografia da superfície.

Referências bibliográficas

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **O Clima urbano de Presidente Prudente/SP**. Tese (doutorado) FFLCH-USP, 2000.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP**. Geosul, UFSC - Florianópolis, v. 20, n. 39, p. 65-82, 2005.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade, MONTEIRO, Ana. (2011). **As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal**. Confins (Paris). , v.13, p.1 – 18.

BERNARDINO, Virgílio Manuel Pereira. **Processo de ocupação do município de Paranavaí: A mobilidade da força de trabalho e a sua redistribuição espacial**. (Tese de Mestrado apresentada ao conselho de Curso de Pós-Graduação em Geografia/FCT-UNESP). Presidente Prudente, 1999.

CARGNIN, Ronalda Carvalho Neves. **Vila Alta: concentração da pobreza urbana em um espaço periférico de Paranavaí**. (Tese de Mestrado apresentada ao conselho de Curso de Pós-Graduação em Geografia/FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2001.

CARVALHO, Márcia Monteiro. **Clima Urbano e vegetação: Estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal**. (Tese de Mestrado apresentada de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte). Natal, 2001.

COLTRI, Priscila Pereira. **Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, SP: análise de séries históricas, ilhas de Calor e técnicas de sensoriamento remoto**. (Dissertação de Mestrado apresentada ao conselho de Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia/USP). São Paulo, 2006.

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

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de calor nas metrópoles: O exemplo de São Paulo**, editora Hucitec. São Paulo, 1985.

MONTEIRO, Carlos Augusto Figueiredo. **Teoria e Clima Urbano**. (Tese de Livre Docência apresentada ao Departamento de Geografia/FFLCH-USP). São Paulo, 1976.

NOVO, Evlyn. M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. v. 2000. 269 p.

PASSOS, M.M dos, (2006) A Raia Divisória - Geosistema, Paisagem e Eco-História. Maringá: EDUEM, Vol.1.

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

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: Técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: HUCITEC, 1997.

UGEDA JUNIOR, José Carlos. **Clima Urbano e Planejamento na Cidade de Jales-SP** (Tese de Doutorado apresentada ao conselho de Curso de Pós-Graduação em Geografia/FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2010.

VIANA, Simone Scatolon Menotti. **Caracterização do clima urbano de Teodoro Sampaio/SP**. (Tese de Mestrado apresentada ao conselho de Curso de Pós-Graduação em Geografia/FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2006.

Sítios acessados:

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IAPARDES).

Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/perfil_regioes/MontaPerfilRegiao.php?Municipio=413&btOk=ok >, acesso em: 01 de março de 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>, acesso em: 24 de março de 2011.

Prefeitura Municipal de Paranavaí.

Disponível em: <<http://www.paranavai.pr.gov.br/sitenovo/>>, acesso em: 23 de março de 2011.

Recebido em: 27/06/2013

Aprovado para publicação em: 16/12/2013