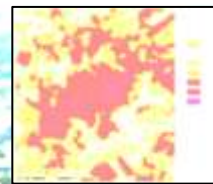
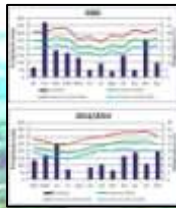
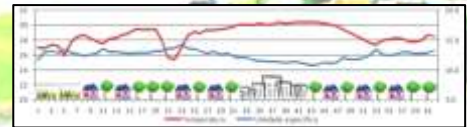




UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP



# CLIMA URBANO EM PARANAVAÍ/PR: ANÁLISE DO ESPAÇO INTRAURBANO



LARISSA PIFFER DORIGON

PRESIDENTE PRUDENTE - SP  
2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP

## **CLIMA URBANO EM PARANAÍ/PR: ANÁLISE DO ESPAÇO INTRAURBANO**

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

Área de concentração: Produção do Espaço Geográfico

Profa. Dra. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim  
Departamento de Geografia - Orientadora

**Presidente Prudente – SP  
2015**

## FICHA CATALOGRÁFICA

S---- Dorigon, Larissa Piffer.  
Clima urbano em Paranavaí/PR: Análise do espaço intraurbano  
/ Larissa Piffer Dorigon. - Presidente Prudente : [s.n], 2015  
126 f.

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


1. Geografia. 2. Climatologia. 3. Clima urbano . I. Amorim, Margarete  
Cristiane de Costa Trindade. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de  
Ciências e Tecnologia. III. Clima urbano em Paranavaí/PR: Análise do espaço  
intraurbano.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Presidente Prudente

### BANCA EXAMINADORA

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

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

  
PROF. DR. ÁLVARO MONTENEGRO  
(OHIO STATE UNIVERSITY)

  
LARISSA PIFFER DORIGON

Presidente Prudente (SP), 24 de novembro de 2015.

RESULTADO: Aprovada

Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Seção Técnica de Pós-Graduação  
Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-900 Presidente Prudente SP  
Tel 18 3229-5417 fax 18 3223-4519 posgrad@fct.unesp.br

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Fátima Regina Piffer Dorigon e Paulo Roberto Dorigon, meus maiores incentivadores. Presentes, à distância, em todos os momentos da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Em 2012 com o resultado “aprovada para o mestrado” tive certeza que manteria minha “zona de conforto”, pois estaria na mesma cidade, na mesma casa, na mesma universidade, sob a mesma orientação e na proximidade dos mesmos amigos, mas foi um grande erro esse pensamento. Essa fase foi repleta de novas experiências, novos conhecimentos, novas habilidades e novas pessoas.

Meu primeiro e maior agradecimento é feito aos meus pais, minha base emocional, motivacional e financeira. Sempre com braços e mentes abertos para receber todas as minhas expectativas, vontades, planos e realizações. Ter a certeza de um local para voltar se tudo der errado e ainda contar com uma calorosa e afetiva recepção foi e sempre será meu porto seguro para continuar a caminhada da vida. Sem eles, meu pai e minha mãe, tudo isso teria sido mil vezes mais difícil, senão, impossível.

Agradeço também minha família, tios, tias, primos e minha madrinha, que sempre torceram pelo meu melhor e festejaram minhas conquistas.

À professora e orientadora Margarete Amorim, detentora de um dom especial, que vai muito além de toda sua capacidade intelectual. O dom do entendimento humano, de saber exatamente como sempre agregar, sempre trazer para perto. O convívio durante o mestrado somente elevou a admiração previamente existente e reforçou os laços de amizade. Tenho muito a agradecer pela confiança depositada em mim, pelas risadas e conversas que, em muitos momentos foram os incentivos que estavam faltando e pela troca de conhecimentos.

Nessa caminhada de estudante com distância física da família, os amigos que aqui fazemos passam a serem nossos “parentes” mais próximos. Por isso, agradeço a “velha guarda” de amizades que me acompanha desde a graduação, seja de perto ou à distância, Renata, Priscila, Hair, Gluglu, Tomás, Ciro, Jana, Fabiano e Tainá, sempre bom contar com quem sabe do “meu passado”.

Faço aqui dois agradecimentos especiais, primeiramente à Pri a quem agradeço, sobretudo, pelas risadas e piadas, porém não posso esquecer-me do meu “muro das lamentações”, muito obrigada por escutar, prontamente, todas as reclamações e incertezas da minha vida. E a Renata (Renes, Renatinha), que muito além de uma amiga foi minha parceira intelectual e de viagens. Meu “muito obrigada” pela troca de conhecimentos climáticos, de trabalhos de campo, de geoprocessamento, de sensoriamento remoto, de inglês e de mundo.

Nosso “casamento americano” deu muito certo e sem a tua presença, com certeza, esse estágio no exterior doeria muito mais e não seria surreal como foi.

Agradeço também as novas amigadas que o mestrado me trouxe, nunca imaginei conhecer tanta gente de tantos lugares. Início agradecendo todos os maranhenses que cruzaram meu destino, ao Josu pela primeira partilha da casa e trocas de conhecimentos básicos de ArcGis, Taíssa e Paulete pelos “socorros” imediatos nos processamentos de imagens.

Um agradecimento em especial para a maranhense mais Piauiense do nordeste, Liriane, muito obrigada por me tornar parte de sua família e passar a ser integrante da minha, pela parceria de casa, por todas as tapiocas e bolos e, principalmente, por ter se tornado minha “irmã” de coração e mente.

Em meio a todos esses seres provenientes da “terra do reggae” um veio a se tornar meu parceiro, meu confidente e meu melhor abraço. Muito obrigada, Afonso (Atraso), pelo “ouvido de pinico”, pela paciência e por agregar em minha vida, do ponto de vista sentimental, político e acadêmico. Do futuro ninguém sabe, mas do presente eu sei que ganhei alguém para me dar a mão e caminhar ao meu lado.

Agradeço também ao Rodriguinho pelas trocas de conhecimentos e experiências, ao Colombiano (Andrés) por todo a sua alegria, musicalidade e latinidade, a Carlinha, que mesmo chegando um pouco depois, “coube” exatamente no grupo, a Ana Paula com comidas deliciosas e papos suaves, ao Miguelito e sua educação e sutileza e ao Baiano (Tássio), porque “meu irmão” é muita loucura.

Enfim, meus amigos, vocês fazem um churrasco maravilhoso e até deixam minha cerveja mais gelada, só pela alegria de estarmos juntos.

Aos amigos jundiaenses, que sempre estiveram perto mesmo à quase 600 km. Muito obrigada pela torcida e pelo acolhimento de sempre, Edy, Amorim, Dri, Fran, Nah, Cah, Plínio, David, Mariana e Murilo. Vocês são o que de mais antigo eu tenho de amizade e os laços mais fortes, mesmo há 8 anos longe ainda estamos juntos.

Muito tenho a agradecer pela oportunidade de vivenciar um período de estágio no exterior, primeiramente ao Prof Dr. Álvaro Montenegro pela prontidão em auxiliar em todas as questões, por nos receber tão bem e por compartilhar informações, conhecimentos e a vontade de “evoluir”, ao departamento de geografia da Ohio State University pela concessão dessa oportunidade e a FAPESP pelo financiamento.

Incabíveis em palavras o tanto que gostaria de agradecer aos Sulc's pela recepção, cuidado, carinho, amor e atenção a nós despendidos durante os seis meses nos EUA. Meu muito obrigada, ao Mark e a Sally por partilhar sua rotina e família conosco, por nos deixar experienciar o cotidiano estadunidense e por nos ter proporcionado as melhores e mais inusitadas atividades na "Terra do Tio Sam". You are the best and I will miss you forever!

Aos amigos que lá fizemos, que juntos, com nosso "inglês tupiniquim", fizemos tudo valer a pena. Obrigada Dai, Marinete, Karina, Sandro, Tânia e Giu. I hope to see you soon!!

Aos professores Dr. João Lima e Dr. Álvaro Montenegro por todos os apontamentos feitos na banca de qualificação que vieram a agregar na qualidade do trabalho e ao Prof. Dr. Tadeu Tomaselli por estar sempre disposto a ajudar e compartilhar informações.

Aos companheiros de jornada acadêmica, pesquisadores sobre clima do grupo GAIA, que proporcionaram conversas e discussões extremamente pertinentes ao tema da pesquisa, em especial à Danielle e à Mariana.

À UNESP como um todo por oferecer a estrutura necessária para a realização da pesquisa e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, pelo financiamento, estrutura e corpo docente capacitado para acrescentar cada vez na formação de profissionais da ciência geográfica.

Aos funcionários da FCT/Unesp, sobretudo, a Tamae pela valiosa e incomparável ajuda burocrática com a FAPESP e a Cinthia (Programa de Pós) pela paciência e auxílio nos momentos de desespero.

Aos funcionários da prefeitura de Paranavaí, em especial aos da Secretaria de Desenvolvimento urbano e de Meio Ambiente, que me cederam importantes informações e documentações.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento desta pesquisa através da concessão da bolsa no país (MS) e no exterior (BEPE).

Enfim, esse caminho só foi possível ser percorrido com a ajuda de muitos, que colaboraram direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho. Por isso deixo aqui, o meu MUITO OBRIGADA!



**EPIGRAFE****Fábrica  
(Renato Russo)**

O céu já foi azul, mas agora é cinza  
O que era verde aqui já não existe mais  
Quem me dera acreditar  
Que não acontece nada de tanto brincar com fogo  
Que venha o fogo então

Esse ar deixou minha vista cansada  
Nada demais

## RESUMO

Entendendo o clima como uma vertente a ser considerada na estruturação do espaço urbano, esta pesquisa teve como objetivo principal diagnosticar as anomalias térmicas no espaço intraurbano de Paranavaí, em escala detalhada, além de identificar a influência exercida pelos diferentes usos e ocupações do solo ao longo do tempo na cidade. Os dados de elementos climáticos foram coletados através da técnica de transecto móvel noturno que consiste no registro de temperatura do ar intraurbana e na área rural circunvizinha da cidade estudada durante um período de dias representativos do verão (janeiro) e outro do inverno (julho). Ainda foram utilizadas cartas de temperatura da superfície, NDVI e uso e ocupação da terra elaboradas através de imagens dos satélites Landsat 7 e 8 e tratadas no software Idrisi e ArcMap que auxiliaram no entendimento da evolução da termografia da superfície e na identificação temporal das mudanças nos atributos geourbanos identificados em Paranavaí. A última metodologia aplicada foi a modelagem espacial da Ilha de Calor em Paranavaí baseada nos dados coletados via transecto móvel e as características de superfície. Os resultados obtidos com esse estudo auxiliaram no entendimento do clima urbano da cidade em questão e concluíram que, além de possuir diferenças térmicas e higrométricas em relação a sua área rural próxima, a estruturação urbana de Paranavaí também cria especificidades climáticas no seu espaço intraurbano, como por exemplo, diferenças térmicas de até 5,5°C. O grande diferencial de Paranavaí foi a presença ou ausência de vegetação arbórea, evidenciado pela predominância de palmeiras existente na Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado que não auxiliaram na diminuição da temperatura local, uma vez que mesmo no centro da cidade, onde as temperaturas deveriam ser as mais elevadas, não se apresentaram tão significantes devido a existência de vegetação de porte arbóreo com largas copas. A principal conclusão obtida com o trabalho é a de que a política pública do município que versa sobre a arborização urbana está sendo eficiente, porém deve-se despender especial atenção à principal avenida da cidade que corta o perímetro de leste a oeste, além dos bairros mais antigos, anteriores à legislação.

**Palavras-chave:** Clima urbano, transecto móvel, temperatura da superfície, Paranavaí/PR

## ABSTRACT

Understanding the climate as an aspect to be considered in structuring of the urban space, this research aimed to diagnose the thermal anomalies in the intra-urban space in Paranavaí in a detailed scale and also, identify the influence exerted by different land uses and covers over time in the city. Data from climate elements were collected through the night mobile transect technique that consisting in the recording of the intra-urban and the surrounding rural area air temperature and humidity over a period of representative days of summer (January) and a winter (July). Also were used maps of surface temperature charts, NDVI and land use and cover produced using images from the satellites Landsat 7 and 8 and treated in Idrisi and ArcMap software that helped in understanding of evolution of thermal surface and temporal identification of changes in geourbans attributes in Paranavaí. The last method applied was the spatial modeling of Heat Island in Paranavaí based on data collected by mobile transects and surface characteristics. Thus, the results from this study help in the understanding of the urban climate of the city in question and concluded that, besides having thermal and hygrometric differences with your next rural, urban structuring Paranavaí also creates climate specificities in its intra-urban space such as, for example, the thermal differences of 5,5°C. For the modeling, it proved well suited to the studies applied to the local climate scale. The great advantage of Paranavaí was the presence or absence of arboreal vegetation, evidenced by the dominance of palm trees on Deputado Heitor de Alencar Furtado Avenue that did not help in reducing the local temperature, since even in the city center, where temperatures should be the highest, it presented not as significant due to the existence of vegetation sized tree with large canopies. The main conclusion of this work is that the county's public policy that deals with urban afforestation is being efficient, however it must spend special attention to the main avenue that cuts through the eastern to the west perimeter, beyond the older neighborhoods, prior to legislation.

**Keywords:** Urban Climate, mobile Transect, surface temperature, Paranavaí/PR

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Síntese sobre a justificativa e relevância do tema. ....	20
<b>Figura 2-</b> Localização do município de Paranavaí .....	21
<b>Figura 3-</b> Organograma dos procedimentos da pesquisa.....	43
<b>Figura 4-</b> Sensor digital .....	45
<b>Figura 5-</b> Fórmula para correção atmosférica .....	49
<b>Figura 6-</b> Fórmula converter os valores em temperatura Kelvin.....	50
<b>Figura 7-</b> Composições coloridas de Paranavaí, elaboradas a partir das bandas 6, 5 e 4 da imagem Landsat 8, 30/01/2014 e 27/07/201 .....	52
<b>Figura 8-</b> Cartas de NDVI de Paranavaí, elaboradas a partir das bandas 4 e 5 da imagem Landsat 8, 30/01/2014 e 27/07/201. ....	53
<b>Figura 9-</b> Cartas de uso da terra refinadas elaborada a partir do método de Cluster, imagem Landsat 8, 30/01/2014 e 27/07/201. ....	54
<b>Figura 10-</b> Temperaturas médias mensais (°C) em Paranavaí, período de 1976 a 2013. ....	57
<b>Figura 11-</b> Temperaturas mensais médias, máximas e mínimas mensais em Paranavaí, período de 1976 a 2013. ....	58
<b>Figura 12-</b> Variabilidade mensal da precipitação Paranavaí, período de 1976 a 2013. ....	58
<b>Figura 13-</b> Dias com chuva em Paranavaí, período de 1976 a 2013. ....	59
<b>Figura 14-</b> Carta de hipsometria .....	60
<b>Figura 15-</b> Carta de orientação das vertentes .....	62
<b>Figura 16-</b> Carta de uso e ocupação da terra .....	64
<b>Figura 17-</b> Imagem representativa da classe “Urbano com vegetação” .....	64
<b>Figura 18-</b> Imagem representativa da classe “Novas áreas urbanas” .....	65
<b>Figura 19-</b> Imagens representativas da classe “Área densamente construída e com vegetação arbórea esparsa” .....	65
<b>Figura 20-</b> Caminhos percorridos durante os transectos móveis.....	68
<b>Figura 21-</b> Áreas destacadas para caracterização do percurso Leste - Oeste dos transectos móveis.....	69
<b>Figura 22-</b> Áreas destacadas para caracterização do percurso Norte-Sul dos transectos móveis.....	70
<b>Figura 23-</b> Gráfico de análise rítmica (Janeiro, 2014).....	72
<b>Figura 24-</b> Gráfico de análise rítmica (Julho, 2014).....	75
<b>Figura 25-</b> Paranavaí: Temperatura e umidade específica do ar às 21h – 10 e 11/01/2014 ....	79
<b>Figura 26-</b> Paranavaí: Temperatura e umidade específica do ar às 21h – 12 e 28/01/2014 ....	80
<b>Figura 27-</b> Paranavaí: Temperatura e umidade específica do ar às 21h – 29 e 30/01/2014 ....	81
<b>Figura 28-</b> Paranavaí: Temperatura e umidade específica do ar às 21h – 11 e 12/07/2014 ....	86
<b>Figura 29-</b> Paranavaí: Temperatura e umidade específica do ar às 21h – 13 e 14/07/2014 ....	87
<b>Figura 30-</b> Paranavaí: Temperatura e umidade específica do ar às 21h – 15/07/2014.....	88
<b>Figura 31-</b> Gráficos de precipitação e temperatura de 2002 e 2013/2014.....	93
<b>Figura 32-</b> Cartas de temperatura da superfície, NDVI e uso e ocupação da terra de 2002 e 2013/2014.....	95

<b>Figura 33-</b> Recortes históricos das cartas de temperatura da superfície, NDVI e uso e ocupação da terra da Vila Rural .....	98
<b>Figura 34-</b> Recortes históricos das cartas de temperatura da superfície, NDVI e uso e ocupação da terra do Jardim Oasis, Jardim das Nações I e Jardim das Nações II. ....	101
<b>Figura 35-</b> Recortes históricos das cartas de temperatura da superfície, NDVI e uso e ocupação da terra do Residencial Fazenda Simone I, II e III .....	104
<b>Figura 36-</b> Modelagem das ilhas de calor urbana de Paranavaí para o episódio de verão – Janeiro/2014 .....	111
<b>Figura 37-</b> Modelagem das ilhas de calor urbana de Paranavaí para o episódio de inverno – Julho/2014 .....	112
<b>Figura 38-</b> Comparação entre a modelagem das ilhas de calor urbana de Paranavaí e os dados do transecto móvel do episódio de verão – Janeiro/2014.....	113
<b>Figura 39-</b> Comparação entre a modelagem das ilhas de calor urbana de Paranavaí e os dados do transecto móvel do episódio de inverno – Julho/2014 .....	114

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1-</b> População residente por situação de domicílio do município de Paranaíba.....	24
<b>Tabela 2-</b> Especificações técnicas do sensor utilizado .....	45
<b>Tabela 3-</b> Diferenças termo-higrométricas máximas e mínimas dos 3 primeiros dias do transecto móveis de verão (janeiro/2014).....	77
<b>Tabela 4-</b> Diferenças termo-higrométricas máximas e mínimas dos 3 últimos dias do transecto móveis de verão (janeiro/2014).....	78
<b>Tabela 5-</b> Diferenças termo-higrométricas máximas e mínimas dos transectos móveis de inverno (julho/2014).....	85

**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1-</b> Data da aquisição das imagens utilizadas e seu respectivo sensor .....	47
<b>Quadro 2-</b> ETM + Faixa de radiância espectral Watts / (metro quadrado ster * * mm) .....	48
<b>Quadro 3-</b> ETM + térmica constantes de calibração .....	50

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA .....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>O CLIMA DAS CIDADES .....</b>	<b>26</b>
3.1	O clima urbano e seus estudos.....	26
3.2	O sensoriamento remoto como ferramenta aos estudos do clima urbano .....	36
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, MATERIAIS E TÉCNICAS.....</b>	<b>42</b>
4.1	Coleta e tratamento dos dados meteorológicos .....	44
4.2	Dados obtidos através de sensoriamento remoto.....	47
4.3	Modelagem espacial .....	51
<b>5</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS .....</b>	<b>55</b>
5.1	Caracterização temporal dos elementos climáticos em Paranavaí para o período de 1976 a 2013. ....	55
<b>6</b>	<b>CARACTERÍSTICA GEOAMBIENTAIS E GEOURBANAS.....</b>	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DOS DADOS METEOROLÓGICOS E OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES. ....</b>	<b>67</b>
7.1	Caracterização das áreas de registro dos dados meteorológicos .....	67
7.2	Análise das condições sinóticas nos dias de realização dos transectos móveis.....	70
<b>8</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DA TEMPERATURA E UMIDADE DO AR POR MEIO DE TRANSECTOS MÓVEIS.....</b>	<b>77</b>
8.1	Os transectos em episódios de verão .....	77
8.2	Os transectos em episódios de inverno.....	84
<b>9</b>	<b>EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA TERMOGRAFIA DA SUPERFÍCIE DE PARANAÍ.....</b>	<b>91</b>
9.1	Área selecionada 1: Vila Rural.....	97
9.2	Área selecionada 2: Jardim Oasis, Jardim das Nações I e Jardim das Nações II .....	100
9.3	Área selecionada 3: Residencial Fazenda Simone I, II e III.....	102
<b>10</b>	<b>MODELAGEM ESPACIAL DA ILHA DE CALOR URBANA DE PARANAÍ-PR A PARTIR DE DADOS DOS TRANSECTOS MÓVEIS. ....</b>	<b>106</b>
<b>11</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>116</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>119</b>
	<b>NOTA.....</b>	<b>125</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A década de 1960 no Brasil foi marcada por alterações nas relações de trabalho entre o campo e a cidade, o que antes era baseado em atividades agropecuárias, a partir deste momento passou a ser balizado pelas manufaturas e indústrias. Este fator resultou no êxodo rural e, conseqüentemente influenciou no crescimento e desenvolvimento das cidades.

Em âmbito nacional, o processo de urbanização teve como principal responsável este êxodo rural, uma vez que o campo apresentava condições precárias de trabalho e incremento cada vez maior de mecanização, enquanto que as cidades dispunham de crescentes oportunidades, criadas pela industrialização e comércio, além de maior disponibilidade de acesso à educação e à saúde.

De acordo com Santos (2009), entre 1950 e 2005 a população urbana nacional cresceu 800%. Em 1940 a população urbana brasileira representava apenas 31,24% do total, passando para 36,16% em 1950; 44,67% em 1960; 55,92% em 1970; 67,59% em 1980; 75,59% em 1991 (AMORIM, 2000), 81,19% em 2000 (IBGE, 2000) e 84,0% em 2010 (IBGE, 2010)

No entanto, essa urbanização nacional se deu de maneira diferenciada quando comparada aos países ricos. Como característica do processo de urbanização da América Latina, Castells (1983) expõe que:

Outros fatos, particularmente significativos, sublinham a especificidade deste processo de urbanização, sem equivalência histórica passível: 1. a concentração em grandes aglomerados, sem integração numa rede urbana, o que obriga a distinguir nitidamente os superaglomerados dos países “subdesenvolvidos” das regiões metropolitanas dos países industrializados, instrumentos de articulação econômica a nível de espaço; 2. a ausência de um *continuum* na hierarquia urbana; 3. a distância social e cultural entre os aglomerados urbanos e as comunidades rurais; 4. a justaposição ecológica, nos aglomerados herdados do colonialismo (CASTELLS, 1983, p.58).

É importante ressaltar, que essa “promessa” de oportunidades formou um “exército de reserva” de mão de obra para uma indústria inexistente, e esta, se concretizou na base do crescimento urbano dos países Latino Americanos. Por isso,

A grande quantidade de pessoas que passou a fazer parte do contingente urbano a partir deste processo estabeleceu-se em áreas muitas vezes desvalorizadas e consideradas “sem utilização”, como também em áreas de proteção ambiental. A então dominante população rural perdeu terreno para a expansão econômica e para o conseqüente crescimento dos centros urbanos (CAMARGO, 2007, p. 10).

Sendo assim, nota-se que as áreas urbanas são caracterizadas pela concentração de pessoas e apesar de ocuparem pequenas parcelas territoriais são, possivelmente, as maiores responsáveis pela degradação ambiental, visto que historicamente estas não contaram com um planejamento adequado e atualmente, são frutos da especulação imobiliária.

Neste sentido é que Santos (1996) afirma que o homem, nas cidades, é capaz de atuar em sua plenitude, transformando a natureza em prol das suas necessidades, e por isso, a cidade, como afirma Sant'Anna Neto (2002), é a grande expressão geográfica da atualidade e sua importância espacial, demográfica e econômica vem aumentando.

As cidades são sistemas complexos, extremamente dinâmicos e abarcam, atualmente, mais da metade da população mundial, sendo que esse modo de vida urbano gera importantíssimas repercussões para o ambiente, criando o que Santos (1996) denomina de “meio geográfico artificial”.

A radical transformação da paisagem natural dentro dos centros urbanos não se limita a causar impactos na morfologia do terreno no qual estão inseridas, as cidades modificam também as condições ambientais e climáticas, dando origem a um ambiente eminentemente antropizado, no qual a geração de um clima específico para cada local pode ser um exemplo destas ações humanas.

Aspectos como rugosidade, retirada de vegetação arbórea, densidade de construções e edificações e a geometria do traçado urbano, além das funções econômicas e sociais desenvolvidas no local, podem ser fatores determinantes na geração de um clima das cidades, uma vez que modificam as trocas padrões de energia entre a superfície e a atmosfera, afetando assim, o funcionamento dos componentes climáticos. (AMORIM, 2000).

De acordo com Lima (2011), cada elemento climático, como temperatura, umidade e direção e velocidade dos ventos são influenciados de uma forma distinta, porém ao serem analisados conjuntamente podem representar a existência de um clima urbano.

A evidência de tal alteração no meio ambiente é dada pelo próprio fato de atribuir-se às cidades um clima específico, designado, convencionalmente, de clima urbano. Partindo-se do princípio de que as cidades efetivamente apresentam um clima diferenciado de sua vizinhança rural e que, é um espaço onde se encontra o maior número de pessoas residindo e atuando, há necessidade de levar-se em consideração as características da atmosfera daí decorrentes (DANNI-OLIVEIRA, 1987, p.4).

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 antropizadas, tais como: tipo e cor dos materiais utilizados nas edificações, densidades de construções, pavimentação, verticalização, presença de áreas verdes e arborização nas calçadas e fundos de quintais, etc..

No ponto de vista teórico e metodológico, a proposta exposta por Monteiro em sua tese de livre docência em 1976, Teoria e Clima Urbano, é a referência para os estudos de clima urbano no Brasil. A concepção do referido autor é de analisar as características climatológicas das cidades em relação aos seus atributos geoambientais e geourbanos, baseando-se na percepção humana do ambiente urbanizado, por isso ele trás a tona a discussão de três canais de percepção humana: o canal do conforto térmico (Subsistema Térmonidinâmico), o canal da qualidade do ar (Subsistema Físico-Químico) e o canal do impacto meteórico (Subsistema Hidromecânico). Especificamente, para este estudo utilizou-se do canal de percepção termodinâmico e suas articulações.

Dentro do esquema do S.C.U. (Sistema Clima Urbano), esse canal atravessa toda sua estrutura, pois que é o insumo básico, é transformado na cidade e pressupõe uma produção fundamental o balanço de energia líquida do sistema. O uso do solo, a morfologia urbana, bem como suas funções, estão intimamente implicados no processo de transformação e produção (MONTEIRO, 1976, p.126).

Citando Landsberg, Monteiro (1976, p.57) esclarece:

a) o clima urbano é a modificação substancial de um clima local, não sendo possível ainda decidir sobre o ponto de concentração populacional ou densidade de edificações em que essa notável mudança principia; b) admite-se que o desenvolvimento urbano tende a acentuar ou eliminar as diferenças causadas pela posição do sítio; c) da comparação entre a cidade e o circundante, emergiram os seguintes fatos fundamentais: 1) a cidade modifica o clima através de alterações em superfície; 2) a cidade produz aumento de calor, complementada por modificações na ventilação, na umidade e até nas precipitações que tendem a ser mais acentuadas; 3) a maior influência manifesta-se através da alteração na própria composição da atmosfera, atingindo condições adversas na maioria dos casos. A poluição atmosférica representa, no presente, o problema básico da climatologia das modernas cidades industrializadas (LANDSBERG apud MONTEIRO, 1976, p.57).

É nesta perspectiva integradora entre a atmosfera encontrada nas cidades e seus atributos geoambientais e geourbanos que a atual pesquisa está embasada e busca aplicar esses conhecimentos no município de Paranavaí/PR.

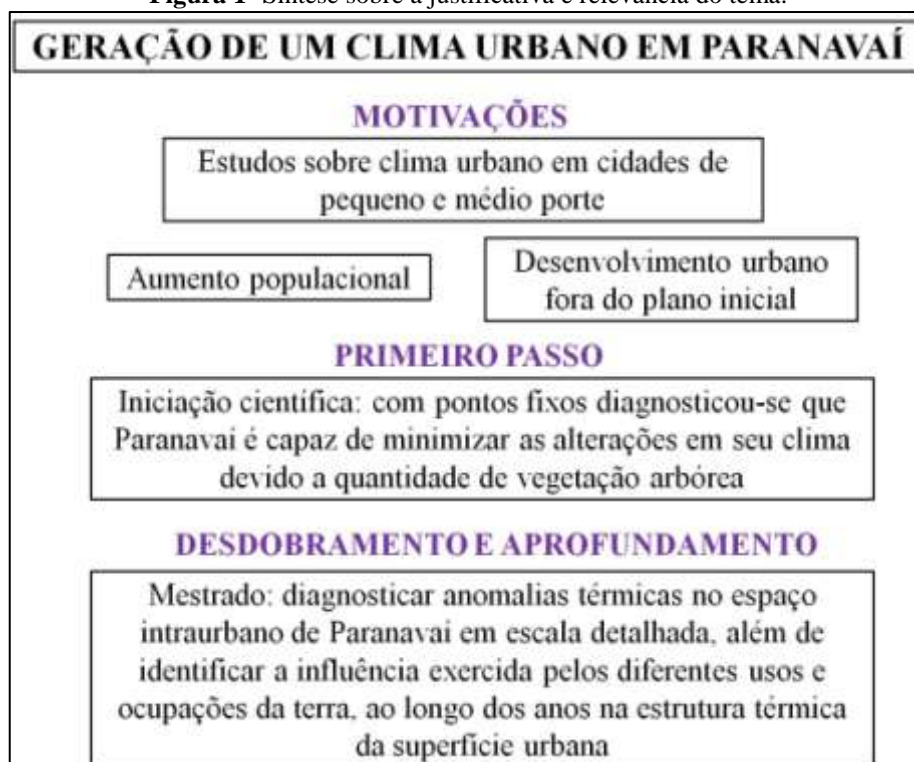
Paranavaí/PR é uma cidade de porte médio, localizada no Norte do estado do Paraná e que de acordo com o censo de 2010 (IBGE) conta com uma população total de 81.590 habitantes, sendo que 77.728 vivem na cidade, ou seja, 95% da população é urbana.

Como destaca Mendonça (2003), mesmo as pequenas e médias cidades, muitas vezes apresentam características que modificam o clima local. Assim, o estudo do clima urbano de Paranavaí poderá auxiliar num futuro planejamento, já que se sabe que as cidades, salvo algumas poucas, não foram planejadas adequadamente para que a população nelas vivesse, o que torna o desafio do desenvolvimento sobre esse assunto fortemente instigante.

## 2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

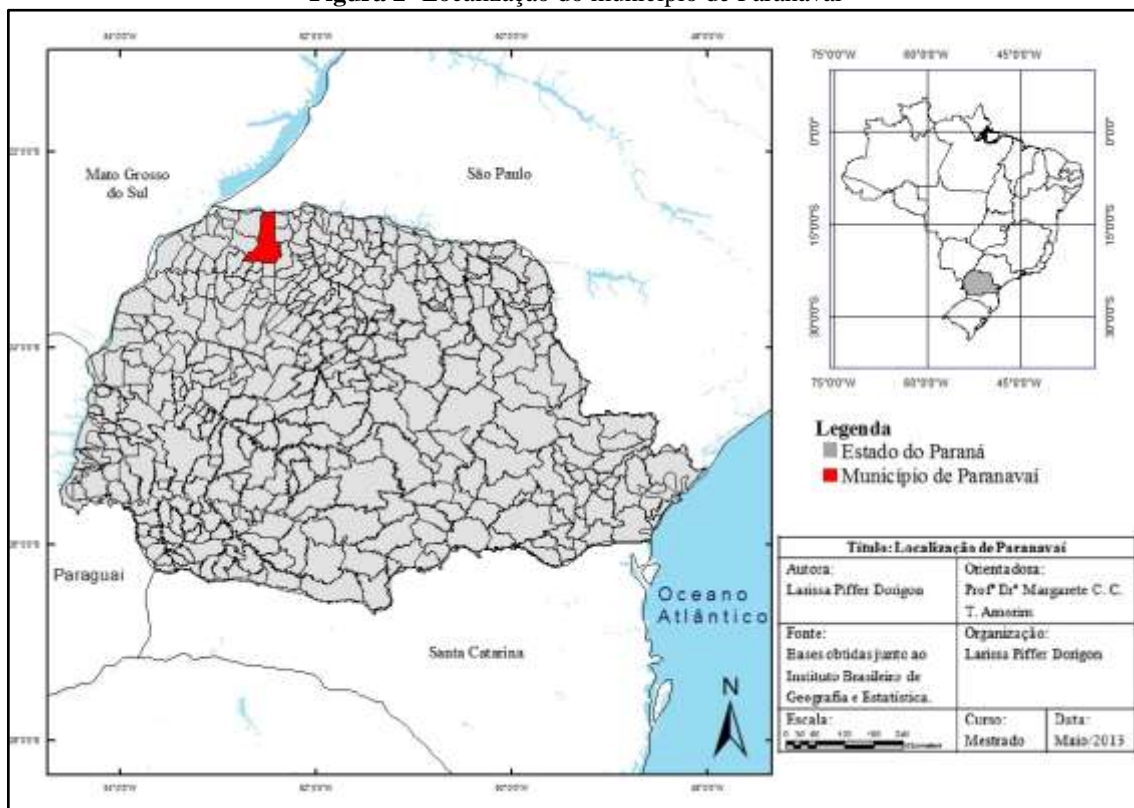
Como pode ser observado na figura 1, a justificativa do estudo sobre o clima urbano de Paranavaí está pautada em 3 pontos principais, o crescimento e adensamento populacional da cidade, a existência de um primeiro plano de ordenamento territorial urbano que não foi mantido ao longo do tempo, além da crescente e importante necessidade de levantamentos climáticos em cidades de pequeno e médio porte. A primeira abordagem do tema em Paranavaí ocorreu durante os anos de 2011 e 2012 através do projeto de iniciação científica, o qual despertou interesse na continuidade de seu desenvolvimento devido aos resultados obtidos. A seguir apresenta-se uma figura (1) síntese sobre os pontos levantados e discorre-se sobre estes detalhadamente.

Figura 1- Síntese sobre a justificativa e relevância do tema.



Paranavaí localiza-se, de acordo com a divisão territorial brasileira instituída em 1990 pelo IBGE, na mesorregião Noroeste do Estado do Paraná (Figura 2). Esta mesorregião congrega uma área de 24.489 km<sup>2</sup> e conta com 61 municípios divididos em três microrregiões: microrregião geográfica de Paranavaí, de Umuarama e de Cianorte.

Figura 2- Localização do município de Paranavaí



Elaboração: DORIGON, L. P., 2014

De acordo com o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES) a ocupação dessa mesorregião foi deflagrada essencialmente a partir da década de 1940 em decorrência da expansão da fronteira agrícola estadual, capitaneada pela cafeicultura, uma vez que os elevados preços do café no mercado internacional impulsionaram a expansão da economia cafeeira do estado de São Paulo para as terras do Norte do Paraná.

Passos (2013) salienta que além da fertilidade das terras roxas, um grande agente colonizador da região Norte do Paraná foi a Companhia Melhoramentos Norte do Paraná que elaborou o desenho de áreas urbanas e rurais em muitos locais dessa região, que aos poucos foram absorvidos por outras companhias colonizadoras, chegando ao ponto de essa matriz ser a marca arquitetônica da região, atingindo até mesmo as terras areníticas da microrregião de Paranavaí.

Historicamente o Norte do Estado do Paraná passou por várias divisões, que segundo Haracenko (2010), se instauraram a partir do momento em que esse território foi sendo ocupado incorporando a ótica do capital. Entre tantas outras, a subdivisão que se tornou mais

divulgada e conhecida é aquela em que o Norte do Paraná é subdividido em Norte Velho, Norte Novo e Norte Novíssimo.

[...] o *Norte Velho*, também denominado de *Norte Pioneiro*, é aquela região localizada a Nordeste do Paraná, em que a ocupação iniciou-se em meados do século XIX e desenvolveu-se nas primeiras décadas do século XX. Desta forma a região de Tomazina, Ibaiti, Santo Antônio da Platina, Jacarezinho, Cambará, Bandeirantes, Cornélio Procópio, Uraí, etc. compreende o denominado Norte Velho do Paraná, cujos colonizadores, em grande parte, provieram dos estados de São Paulo e Minas Gerais. Por sua vez, o *Norte Novo* abrangeria as terras que foram colonizadas pela Companhia das terras nortes do Paraná entre 1930 e 1947, indo do Rio Tibagi até as adjacências de Maringá. É nessa área que estão localizadas as famosas “terras roxas” do Norte do Paraná, que igualmente possui uma considerável rede urbana, com destaque para as cidades de Londrina, Apucarana, Arapongas, Mandaguari e outra de menor porte. Por fim, o *Norte Novíssimo*, compreende o território que se estende das adjacências de Maringá até as margens do Rio Paraná. Nessa região tiveram a predominância as colônias organizadas pelo Estado e por imobiliárias particulares, tendo a cidade de Paranaíba como centro regional. Todavia, outros centros urbanos menores também tem relevância no contexto regional, como Loanda, Nova Londrina, Nova Esperança, etc. (TOMAZI, 1996 apud HARACENKO, 2010, p.39).

Cabe aqui apresentar um breve histórico sobre a concessão de terras para as companhias de colonização. No Decreto 816 de 10 de julho de 1855, o Governo Imperial concedeu, em troca da construção da estrada de ferro, áreas de terras devolutas que deveriam ser colonizadas dentro do prazo de 50 anos. Com o fim da monarquia, o Governo Provisório baixou o Decreto nº 305 de 7 de abril 1890 com a finalidade de declarar efetiva a concessão feita anteriormente (CARGNIN, 2001).

Cargnin (2001, p. 11), explica que nesse período,

[...] o governo brasileiro contratava obras e pagava as empreiteiras com terras, antecipadamente, beneficiando companhias estrangeiras e suas subsidiárias no país, tendo sido notória a “Brazil Railway Company”, encarregada de implantar a Estrada de Ferro São Paulo – Rio Grande. Esta prática aparece na origem da povoação do Norte Novíssimo de Paranaíba.

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 Paranaíba (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 Paranaíba. Nesse momento, por volta de 1926, cerca de 300 famílias de brasileiros provenientes da região nordeste foram trazidas para trabalhar na fazenda no plantio de 1.200.000 hectares cafeeiros e na formação de pastagens.

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).

Esse novo loteamento recebeu o nome de Colônia Paranaíba 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 ser mais distante ou próxima à sede da colônia.

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

A partir de então, nota-se uma evolução constante no aumento da população e no crescimento da malha urbana de Paranaíba. Na década de 1950 teve início a proliferação dos loteamentos espontâneos nas direções leste, nordeste, sul e sudoeste. A maior expansão da malha urbana deu-se na década de 1960, impulsionada pela iniciativa de profundas mudanças na agricultura, expandindo-se assim, para todas as regiões, até o Ribeirão Paranaíba. A população urbana cresceu 63,67%, enquanto a população total decresceu 9,18%, ou seja, perdeu 5.802 habitantes (Tabela 1) (BERNARDINO, 1999).

No início da década de 1970, sobre o comando dos militares, a atividade agropecuária nacional seguiu um modelo de modernização conservador que destinou todo o país a um intenso êxodo rural. O resultado dessa tendência para a Mesorregião Noroeste do Paraná foi uma rápida substituição do café pelo gado bovino no setor agrícola. Assim, Paranaíba sentiu os efeitos da troca de cultura junto a sua modernização também no urbano, uma vez que houve um aumento populacional, gerado pelo êxodo rural, ocasionando maior ocupação dos loteamentos já existentes e dos espaços vazios.

Esse aumento populacional no ambiente urbano fez surgir “loteamentos de formas e tamanhos variados, que pela falta de critérios em relação ao planejamento global



proporcionaram ao traçado urbano de Paranavaí uma aparência de “Colcha de Retalhos” (CARGNIN, 2001, p.108).

Na década de 1990, confirmou-se a migração rural-urbana e o município apresentou um crescimento populacional de 1,2%. Atualmente, o censo do IBGE de 2010 apresentou uma população 81.595 habitantes em Paranavaí, tendo previsão de 68.773 habitantes em 2015, sendo que 95% vivem na zona urbana (Tabela 1).

**Tabela 1-** População residente por situação de domicílio do município de Paranavaí.

<b>ANO</b>	<b>POPULAÇÃO URBANA</b>	<b>POPULAÇÃO RURAL</b>	<b>POPULAÇÃO TOTAL</b>
<b>1960</b>	25.028	38.161	63.189
<b>1970</b>	39.309	18.078	57.387
<b>1980</b>	54.666	10.624	65.290
<b>1991</b>	64.482	65.290	71.173
<b>1996</b>	67.834	5.138	72.972
<b>2000</b>	70.329	5.421	75.750
<b>2010</b>	77.733	3.862	81.595
<b>2015</b>	-	-	86.773

Fonte: BERNARDINO, 1999; IBGE – Censo Demográfico 2000; Censo Demográfico 2010; IBGE – Estimativa de população, 2015.

Org.: DORIGON, L. P. 2015

Sendo assim, detecta-se que Paranavaí inicialmente teve a implantação de seu núcleo urbano seguindo as premissas de um planejamento elaborado para toda a região Noroeste do Paraná, no entanto com o aumento da população houve a perda do controle dessa urbanização e novos loteamentos surgiram, sem necessariamente, seguir as diretrizes do plano inicial.

Salienta-se também que, as pesquisas climatológicas em cidades de pequeno e médio porte são de extrema importância, pois são estas que carecem de estudos de toda ordem, visto que crescem em número de habitantes e ganham progressiva importância socioeconômica, política e ambiental, além de que, o planejamento e intervenção no crescimento urbano dessas cidades, pelo seu próprio estágio de desenvolvimento, são mais eficazes que nas cidades grandes ou em regiões metropolitanas (MENDONÇA, 2003).

É neste sentido que o estudo do clima urbano na cidade de Paranavaí desperta o interesse, posto que devido ao seu processo histórico de ocupação diferenciado, além do reflexo que este fato causou na atual estruturação de seu espaço urbano, as características termo-higroméricas da cidade apresenta peculiaridades.

Mesmo tendo identificado em trabalhos anteriores, resultados de pesquisas de iniciação científica<sup>1</sup> e trabalho final do curso de bacharelado em Geografia, que Paranavaí é capaz de minimizar as alterações em seu clima devido à quantidade de vegetação arbórea espalhada na malha urbana, ainda restaram questões a serem analisadas no tocante as diferenças intraurbanas desta cidade.

Até este momento através de comparação entre pontos fixos, localizados na área urbana e rural, notou-se que os registros dos elementos climáticos, tendo como prioridade a temperatura e a umidade relativa do ar, da cidade de Paranavaí não se diferem com intensa magnitude do seu rural próximo, no entanto, sabe-se que as características urbanas associadas aos tipos e graus de adensamento e uso que recobrem a terra tem a capacidade de modificar os elementos climáticos que compõem a atmosfera local.

Por isso, o principal objetivo deste estudo foi diagnosticar anomalias térmicas no espaço intraurbano de Paranavaí, em escala detalhada, além de identificar a influência exercida pelos diferentes usos e ocupações da terra, ao longo dos anos na estrutura térmica da superfície urbana. Para tanto, detalhou-se os seguintes objetivos específicos:

- Detectar anomalias térmicas intraurbanas e relacioná-las aos diferentes atributos geoecológicos e geourbanos;
- Identificar a possível geração do fenômeno ilha de calor;
- Analisar a temperatura intraurbana e rural por meio das imagens de satélite.

---

<sup>1</sup> Pesquisa intitulada Características térmicas e higrométricas no campo e na cidade de Paranavaí/PR, financiada pela FAPESP, processo nº: 2011/20410-3

### 3 O CLIMA DAS CIDADES

#### 3.1 O clima urbano e seus estudos

A preocupação com o entendimento das questões relacionadas ao clima e, principalmente ao regime climático, foi e é uma constante na sobrevivência humana e faz parte de toda a forma de planejamento, seja no âmbito rural (direcionado à agropecuária) ou nas cidades (enfocado na organização do espaço urbano, principalmente no que se refere ao ordenamento de uso e ocupação da terra). Neste sentido, o clima tem sido objeto de estudo do homem através dos tempos.

A preocupação com a análise climática voltada à qualidade de vida urbana está diretamente ligada à intensa modificação ocorrida na paisagem das cidades, uma vez que,

[...] seja pela implosão demográfica, seja pela explosão das atividades, os espaços urbanos passaram a assumir a responsabilidade do impacto máximo da atuação humana sobre a organização na superfície terrestre e na deterioração do ambiente (MONTEIRO, 1976, p. 54).

De acordo com Lombardo (1985), a qualidade da vida humana, dentro de áreas urbanas, está relacionada com a interferência da obra humana 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.

Segundo Oke (1978), esse desequilíbrio energético pode ser explicado por uma combinação de trocas convectivas, seja na forma de calor sensível ou de calor latente e de condução de ou para o solo. Assim, o balanço energético é dado a partir da seguinte fórmula:

$$Q^* = Q_h + Q_e + Q_g \quad (1)$$

Onde,

$Q^*$  = Balanço de energia da superfície;

$Q_H$  = Fluxo de calor sensível;

$Q_E$  = Fluxo de calor latente;

$Q_G$  = Fluxo de calor no solo.

De forma resumida e didática, entende-se que o calor sensível é a energia despendida no aquecimento ou resfriamento do ar e é transferido através de fluxos convectivos. Já o calor latente refere-se à energia que é usada na troca, entre a atmosfera e a superfície, para a mudança de fase da água, também transferido por convecção e por fim, o fluxo de calor no solo é identificado como a energia que vai aquecer ou resfriar o solo através de um fluxo condutivo e é dependente das propriedades térmicas dos materiais.

No entanto, a fórmula supracita é uma estimacão para superfícies homogêneas e por isso, como a realidade dentro das cidades é completamente diferente, o autor afirma ser necessário acrescentar o armazenamento distinto da energia ( $\Delta Q_s$ ) na equacão. Esse termo surge por causa da absorcção ou liberaçao de energia, isto significa que a entrada e/ou saída de pelo menos um dos elementos individuais ( $Q_h$ ,  $Q_e$  e  $Q_g$ ), não estão equilibradas.

$$Q^* = Q_h + Q_e + Q_g + \Delta Q_s \quad (2)$$

Gartland (2010) expõe esta mesma equacão, porém em outras palavras:

$$\textit{Convecção} + \textit{Evaporaçao} + \textit{Armazenamento de calor} = \textit{calor Antropogênico} + \textit{Saldo de radiaçao} \quad (3)$$

Neste caso a *Convecção* é a energia transferida da superfície terrestre para o ar acima dela, ou seja, o calor sensível, a *Evaporaçao* é o calor latente supracitado, explicitado pela energia transmitida a partir da superfície terrestre em forma de vapor d'água, enquanto que o *Armazenamento de calor* é o fluxo de calor no solo de acordo com a equacão de Oke (1978), dependente de duas propriedades físicas dos materiais, a condutividade térmica e a capacidade calorífica, sendo que materiais com maior capacidade de condutividade térmica conduzem o calor para seu interior com maior facilidade, enquanto materiais com alta capacidade calorífica são aptos a armazenar mais calor em suas massas, sendo que quanto mais calor retido, maior a temperatura do material.

Do outro lado da equacão, Gartland além do *Saldo de radiaçao* acrescenta o *Calor antropogênico*, referente ao armazenamento distinto da energia proposto por Oke. Este calor é “produzido pelo homem”, gerado pelos edificios, indústrias, equipamentos ou pessoas e é, geralmente, concentrado nas áreas densamente urbanizadas, podendo ser a influência mais significativa do desequilíbrio da equacão.

Uma aplicação prática no entendimento de como essa equação é alterada de acordo com a artificialização da paisagem urbana, refere-se à diminuição de áreas vegetadas nas cidades, uma vez que o calor latente, ou seja, a energia da evaporação, não tem seu escape imediato, armazenando-se durante todo o dia. No entanto, durante a noite essa energia acumulada é liberada de volta à atmosfera, sobretudo, por meio de emissões radiantes aumentadas e uma menor parte, por meio da convecção aumentada, ou seja, calor sensível, sendo um dos causadores das Ilhas de Calor noturnas (GARTLAND, 2010).

Segundo Amorim (2000), 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.

Essas alterações realizadas nos ambientes urbanos conduzem a modificações dos elementos climáticos, como a temperatura, a umidade relativa do ar e a direção e velocidade dos ventos.

O processo geral de geração das ilhas de calor pode ser construído a partir da afirmação de que as propriedades das pavimentações e dos materiais de construções utilizados na edificação urbana tendem a reter calor durante o dia, e liberá-lo mais lentamente no decorrer do período noturno, contribuindo para o rápido aumento da temperatura diurna e a lenta redução térmica noturna. Esse fenômeno é denominado ilhas de calor e sua formação é típica de áreas de concentração de atividades humanas com grande liberação de energia, como as indústrias potencialmente poluidoras.

La isla de calor o isla térmica urbana consiste en que las ciudades suelen ser, especialmente de noche, más cálidas que el medio rural o menos urbanizado que las rodea. Singularmente, el área urbana que presenta temperaturas más elevadas suele coincidir con el centro de las ciudades, allí donde las construcciones y edificios forman un conjunto denso y compacto (...) (GARCÍA, 1991, p.47).

Essa anomalia térmica tem sido observada desde o século XX, sendo um dos fenômenos climatológicos urbanos mais estudados. Como aponta Polizel (2009), as ilhas de calor podem ser observadas em várias escalas, desde áreas pequenas (nos arredores de um edifício, no meio de uma avenida) passando por áreas maiores (em um bairro), podendo ser notadas também em escalas regionais (vários bairros ou zonas) ou até mesmo na cidade como

um todo. Neste sentido é que Oke (1980) afirma que mesmo em localidades muito pequenas o fenômeno ilha de calor urbana está passivo de ocorrer.

García (1991) expõe que não existe uma causa única para a formação da ilha de calor, este fenômeno é resultante de um conjunto de processos,

- a) un mayor almacenamiento de calor durante el día en la ciudad, gracias a las propiedades térmicas y caloríficas de los materiales de construcción urbanos, y su devolución a la atmosfera durante la noche;
- b) la producción de calor antropogénico (calefacción, industria, transporte, alumbrado, etc.);
- c) la disminución de la evaporación, debido a la sustitución de la superficie originaria por un suelo pavimentado y a la eficacia de los sistemas de drenaje urbanos (alcantarillado, etc.);
- d) una menor pérdida de calor sensible, debido a la reducción de la velocidad del viento originada por los edificios;
- e) un aumento de la absorción de radiación solar, debido a la captura que produce la singular geometría de calles y edificios, que contribuye a un albedo relativamente bajo;
- f) una disminución de la pérdida de calor durante la noche por irradiación, debido también a las características geométricas de calles e edificios que reducen el factor de visión del cielo (SVF) y g) un aumento de la radiación de onda larga que es absorbida y reemitida hacia el suelo por la contaminada atmósfera urbana. (GARCÍA, 1991, p.47)

As ilhas de calor podem sofrer com variações em sua intensidade de acordo com alguns elementos, tais como as condições atmosféricas atuantes, as características do relevo do local ou ainda, com a densidade de ocupação da área a ser estudada.

Amorim (2000) elucida que em condições sinóticas ideais, com céu claro e vento calmo, ocorre a máxima intensidade da ilha de calor; em locais com relevo pouco acidentado, as temperaturas ficam condicionadas à densidade de construção e arborização, ou seja, temperaturas mais elevadas são encontradas em áreas mais densamente construídas e com pouca vegetação arbórea; enquanto que “Horizontalmente há diminuição da temperatura à medida que há a aproximação da zona rural, caracterizada por um gradiente horizontal mais brando, este esquema geral é interrompido por locais quentes e frios associados com densidades de prédios altos e baixos. (AMORIM, 2000, p. 29)”

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 outros, capazes de desarranjar o modo de viver urbano e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes. Por isso, o estudo referente ao clima urbano e ao conforto térmico contribui para a qualidade de vida do homem, já que o desequilíbrio pode

gerar lesões graves ao organismo, problemas no aparelho circulatório, coma e até colapso total.

Foi baseado na premissa de que o modo de vida urbano modifica as características da atmosfera local e de acordo com a influência que esta modificação exerce sobre a vida da população, que o clima urbano passou a ser uma preocupação de estudiosos.

Primeiramente foi o químico Howard que discutiu sobre o clima gerado na cidade de Londres em 1833. Neste estudo foram analisados os contrastes meteorológicos entre a metrópole e vários lugares em torno dela. As alterações encontradas foram atribuídas à poluição produzida pela queima de carvão, o que provocava aumento na temperatura da cidade (MONTEIRO, 1976).

Na segunda metade do século XIX, o francês Renou afirmou que a cidade possuía temperatura do ar mais elevada em 1°C e atribuiu isto à influência do Homem. Em 1927, em Viena, o autor obteve dados que serviram de base para a elaboração de um mapa urbano de temperaturas. No ano de 1937, o mesmo publicou seu primeiro livro com o título “O Clima da Cidade” (VIANA, 2006).

Segundo Monteiro (1976, p. 54), “daí para cá as preocupações e os estudos se multiplicaram, a princípio nas cidades industrializadas da Europa ocidental, passando depois para a América do Norte”, uma vez que o crescimento populacional foi acelerado nas metrópoles, e a atmosfera,

[...] passou a ser reconhecida como um recurso vital básico e o clima, pela própria dinâmica de sua essência física, como um insumidor energético ativando o ambiente por suas variações temporais, através de suas associações com os demais componentes naturais, ajudando a definir a estrutura do espaço ambiente e sua organização funcional (MONTEIRO, 1976, p.10).

Dentro dos estudos internacionais sobre essa temática cabe também ressaltar os realizados por Chandler (1965) e Landsberg (1981).

Chandler (1975) realizou um novo estudo em Londres. Esta foi a primeira cidade a ter seu clima intraurbano estudado detalhadamente. A conclusão a que Chandler chegou foi que a cidade modifica o clima através das alterações na superfície. O autor detectou aumento na temperatura, aumento na quantidade de precipitação e mudanças na ventilação e na umidade.

Landsberg (1970) analisou as alterações na temperatura, umidade relativa, precipitação e o contato do vento com a área urbana. Este autor estabeleceu uma síntese para a compreensão do clima urbano de uma cidade,

A síntese esclarece que o clima urbano é a modificação substancial de um clima local, não sendo possível ainda decidir sobre o ponto de concentração populacional ou densidade de edificações em que essa notável mudança principia (VIANA, 2006, p.21).

No Brasil as discussões sobre clima urbano iniciaram-se com Monteiro (1976), quando a sua preocupação com a qualidade ambiental brasileira e a ação antrópica negativa sobre o ambiente climático fizeram com que ele criasse uma nova abordagem metodológica para os estudos de clima urbano, gerando assim, a sua obra Teoria e Clima Urbano.

A partir do estudo realizado por Howard (1833) e, no Brasil, depois do trabalho de Monteiro (1976), outros pesquisadores surgiram a fim de investigar sobre o assunto, pois havia a necessidade de criar um ambiente que não interferisse de maneira negativa na qualidade de vida da população, uma vez que clima urbano juntamente com outros elementos geográficos (geomorfologia, geologia, biogeografia) é um dos responsáveis pela qualidade do ambiente.

Tavares (1977) realizou considerações sobre a escala climática local em Campinas/SP. Em seu estudo o autor enfocou a circulação atmosférica regional, buscando apresentar as influências da posição geográfica da cidade, além da influência exercida pelos atributos geourbanos. Também nesse ano, Tarifa realizou uma análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos/SP. O resultado encontrado foi a existência de uma nítida influência na variação diurna da temperatura e umidade, em relação à área rural, o que resultou na constatação de ilha de calor para uma cidade brasileira considerada de porte médio.

Lombardo (1985) estudou a metrópole paulista e a formação de ilhas de calor, abordando a qualidade ambiental e a urbanização relacionadas com as características naturais e sociais. Na análise dos resultados, foi detectada que a maior evidência da ilha de calor ocorreu a partir das 15h e com grande expressividade até às 21h. No decorrer da madrugada, houve diminuição do fenômeno, causada pela perda radiativa.

Mendonça (1994) com seu estudo “O clima e o planejamento de cidades de porte médio e pequeno – proposição metodológica para o estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR”, elaborou uma proposta metodológica abordando o ritmo climático e teve enfoque em cidade de pequeno e médio porte, para a utilização no planejamento urbano.

García (1999) publicou o livro “Climatología Urbana” no qual buscou elaborar um texto-guia para a disciplina de Microclimatologia da Universitat de Barcelona. O livro é apresentado de forma muito didática e aborda os temas mais relevantes para os estudos dos



climas das cidades, partindo de um breve histórico do surgimento das preocupações com o clima urbano, passando pela explanação de como e cada elemento climático (temperatura, precipitação, umidade e ventos) é afetado em decorrência da urbanização, e finalizando com uma discussão teórica sobre a vegetação urbana e seus efeitos climáticos.

Amorim (2000) em sua tese de doutorado, “O clima urbano de Presidente Prudente/SP”, utilizou dois eixos considerados fundamentais para o entendimento do clima urbano: a análise temporal e a espacial. O estudo teve como objetivo a análise intraurbana e rural da cidade, buscando explicitar como os diferentes condicionantes geocológicos e urbanos respondem à atuação dos sistemas atmosféricos. O tipo de ocupação do solo associado à densidade de arborização, altitude e exposição de vertentes, revelou-se como fatores explicativos para a compreensão das anomalias da temperatura e umidade relativa encontradas. Como resultado foi constatado a formação de ilhas de calor e de frescor na cidade, tanto nos meses de verão como nos meses de inverno.

No ano de 2002, Sant’Anna Neto organizou uma publicação que contou com estudos sobre o clima urbano de sete cidades brasileiras, São Luis – MA, Aracajú – SE, Campo Grande – MS, Petrópolis – RJ, Sorocaba – SP, Penápolis – SP e Presidente Prudente – SP. Como conclusão central desta obra, destaca-se que mesmo sendo estas sete cidades distintas entre si, no que se refere à localização geográfica, forma e estrutura urbana e tamanho ou porte, notou-se que os elementos climáticos sofreram influências derivadas dos diferentes usos e ocupações da terra.

No estudo realizado em São Luiz – MA, Araújo e Sant’Anna Neto (2002) analisaram o processo de urbanização da capital do Maranhão e relacionaram a expansão urbana com as características dos elementos climáticos. O estudo foi feito a partir de pontos fixos instalados em diferentes bairros da cidade, de acordo com a seleção de distintos usos e ocupações da terra. Como principal consideração foi identificado que áreas cujo uso da terra são mais adensados e com reduzida presença de vegetação arbórea, a temperatura se revelou mais elevada.

Ao estudar o clima urbano da cidade de Campo Grande – MS, Anunciação e Sant’Anna Neto (2002), através da instalação de pontos fixos, buscaram correlacionar os fatores termodinâmicos da cidade com os elementos específicos da própria urbanização de Campo Grande e a influência da topografia local. A conclusão obtida com esse estudo foi que as ilhas de calor e de frescor geradas independem da estação do ano, fazendo-se presentes tanto no verão quanto no inverno.

Silva et al (2002), estudaram o clima urbano de Penápolis – SP em um episódio de inverno através também de pontos fixos instalados em locais que apresentavam distintos padrões de uso e ocupação da terra. Com este levantamento foi possível perceber a presença do fenômeno ilha de calor principalmente no período noturno, apresentando picos no horário das 21h.

Camargo e Menotti, também em 2002, realizaram um estudo comparativo entre a cidade e o campo em Presidente Prudente/SP, e através da comparação entre os elementos do clima em períodos específicos de inverno e verão. O estudo confirmou que existem diferenças no balanço de radiação entre as áreas urbanas e rurais. Estas anomalias se diferenciam de acordo com a sazonalidade, os sistemas atmosféricos atuantes e com a composição dos materiais existentes na cobertura da terra.

Monteiro e Mendonça (2003), publicaram o livro *Clima Urbano*. Nele encontra-se além de toda proposta teórico-metodológica sobre o Sistema Clima Urbano apresentada por Monteiro em 1976, cinco estudos que se utilizaram dessa proposta para análise. Dentre esses estudos estão um feito em cidade de Londrina realizado por Mendonça, e outros três em cidades de grande porte (Salvador, Curitiba e Rio de Janeiro) realizado por Gonçalves, Danni-Oliveira e Brandão, respectivamente.

Viana (2006), em estudo sobre o clima urbano de Teodoro Sampaio, coletou dados de diferentes pontos intraurbanos e rural, com características de uso e ocupação da terra bem distintas e, também, realizou transectos no período da noite. Como resultado, foi detectado que as áreas urbanas densamente construídas, com pavimentação e pouca vegetação apresentaram-se mais quentes e menos úmidas que as áreas circunvizinhas, que contam com menor densidade de construções e ruas sem pavimentação. Já a área rural revelou-se a mais fresca e úmida do estudo.

Dumke (2007) realizou um estudo na cidade de Curitiba que analisou o clima e o conforto térmico em relação as desigualdades socioespaciais encontradas no Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba. A partir da cartografia dos elementos do sítio, dos usos e ocupações da terra, da distribuição socioespacial das habitações, além da coleta de valores de temperatura e umidade relativa do ar e da termografia da superfície, identificou-se a existência de um desconforto térmico para o frio nos espaços em que as parcelas de população menos favorecidas se estabelecem.

Em 2009 foram defendidas na Universidade de São Paulo as teses de Edson Soares Fialho e Jefferson Lordello Polizel. Fialho (2009) em seu trabalho “Ilha de calor em cidade de

pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira”, afirmou que o clima da cidade de Viçosa apresenta peculiaridades devido a sua situação topográfica, em razão de a cidade se encontrar em um vale, abrigada dos ventos, porém o autor questionou se as alterações decorridas dos processos de crescimento e espraiamento urbanos eram capazes de gerar uma diferenciação entre o ambiente da cidade e o seu entorno rural.

Afim de responder seu questionamento, Fialho elencou 3 escalas para observação e mensuração do clima urbano em Viçosa, através de transectos móveis. No primeiro nível de análise, 1:100.000, o autor buscou levantar as diferenças existentes entre o urbano e o rural, abordando assim, a dinâmica de perda de temperatura do campo e da cidade ao longo da noite e da madrugada. No segundo nível escalar, que se refere ao meio intraurbano (1:15000), foi investigado a interferência dos diferentes tipos de uso da terra e da topografia sobre o campo térmico da cidade. Já o terceiro e último plano escalar, se refere ao nível da área central (1:10000), objetivou identificar se existia ou não correspondência entre a localização dos núcleos de calor e as atividades humanas (comerciais e locais de pico de trânsito). Como resultado principal de sua tese, Fialho (2009) concluiu que em Viçosa foi possível identificar ilhas de calor, principalmente no período noturno.

Polizel (2009), teve como área de estudo a cidade de Piracicaba-SP e buscou realizar a aplicação dos recursos do sensoriamento remoto e SIG em um estudo de clima urbano. A partir do mapeamento da distribuição do campo térmico da cidade e de sua correlação com o índice de vegetação urbana, foram comparados e identificados os diferentes tipos de superfícies encontrados na cidade. A grande contribuição deste trabalho está relacionada ao detalhamento do tecido urbano, possibilitado pelo avanço dos recursos de geotecnologia, sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas.

Em 2010 foi traduzido para o português o livro de Lisa Gartland denominado “Ilhas de calor, como mitigar zonas de calor em áreas urbanas”. Neste livro a autora aborda de uma forma muito didática o conceito de ilha de calor, expõe os métodos de medição e identificação desse fenômeno e ainda apresenta algumas considerações a respeito das possibilidades de mitigação das ilhas de calor, apontando ações de planejamento urbano.

Ainda no mesmo ano, Marcos Barros de Souza defendeu sua tese, na qual objetivou verificar as possíveis alterações no clima local e no clima urbano da cidade de Presidente Epitácio-SP, devido à formação do lago artificial para a construção da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera). A principal técnica utilizada neste trabalho foram os pontos fixos instalados em locais com distintos usos e ocupações da terra. Partindo

da margem do lago, estes passavam pela área urbana e terminavam no ambiente rural circunvizinho. Após a tabulação e análise dos dados o autor concluiu que, a presença do lago não contribuiu para o aumento da temperatura do ar e da umidade relativa, contudo funcionou como um mantenedor da equalização térmica e higrométrica.

Lima (2011) ao estudar e sistematizar as características do clima urbano de Nova Andradina/MS, através de comparação de temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos no campo e na cidade em episódios de inverno e verão, buscou diagnosticar diferenças térmicas e higrométricas, decorrentes dos diversos usos do solo urbano. Os resultados obtidos demonstraram que a área urbana densamente construída e pavimentada apresentou-se, principalmente no período de inverno, mais aquecida e com umidade relativa menor do que as adjacentes.

Ortiz (2012) em um estudo sobre uma cidade de pequeno porte, Cândido Mota, realizou o levantamento dos valores de temperatura e umidade relativa do ar através de pontos fixos (estações automáticas) e transectos móveis. Os resultados obtidos apontaram que mesmo se tratando de uma cidade de proporções pequenas foi possível detectar diferenças térmicas significativas, uma vez que constatou-se ilha de calor de 8°C.

Ugeda Júnior (2012) utilizando de três metodologias (pontos fixos, transectos móveis e sensoriamento remoto) confirmou a hipótese de que cidades de pequeno porte como Jales, apresentam elementos suficientes para a formação de um clima urbano, sendo possível identificar diferenciações higrotérmicas entre a área urbana e o rural próximo, além de diferenças intraurbanas de grande significância.

Recentemente, Lima (2013) defendeu sua tese de doutorado “A sociedade e a natureza na paisagem urbana: análise de indicadores para avaliar a qualidade ambiental”, na qual através de um levantamento de atributos urbanos e ambientais, mapeou e classificou a qualidade ambiental das cidades de Presidente Epitácio/PR e Nova Andradina/MS. A tomada de temperatura e a quantificação vegetal foram dois indicadores selecionados para fazer parte da tabela de atributos deste trabalho, revelando assim, a importância do entendimento do clima nos estudos que buscam levantar a qualidade ambiental das cidades.

Apesar de os estudos sobre climatologia urbana em cidades das regiões tropicais serem recentes, nesses últimos 30 anos a quantidade de pesquisas vem crescendo e se aperfeiçoando consideravelmente. Todas as considerações encontradas nas pesquisas podem auxiliar direta ou indiretamente no planejamento das cidades, para diminuir as alterações climáticas indesejáveis provenientes do histórico e desenfreado processo de urbanização.

### 3.2 O sensoriamento remoto como ferramenta aos estudos do clima urbano

De acordo Jensen (2009, p.04), o termo *Sensoriamento Remoto* tem sido definido mediante várias propostas, no entanto, este autor, ao citar Colwell (1984), expõe que estas tentativas seguem, majoritariamente, duas linhas: uma de *definição máxima*, e outra de *definição mínima*. A primeira perspectiva se baseia no sensoriamento remoto como sendo a aquisição de dados sobre um objeto sem tocá-lo, ou seja, uma definição curta, simples, geral e memorizável, todavia, esta abrange todos os dispositivos de sensoriamento remoto, incluindo câmeras, escâners, lasers, radares, sonares, sismógrafos, entre outros.

Já a segunda definição do termo, segundo o autor, é mais focada e define o sensoriamento remoto como sendo o registro da informação das regiões do ultravioleta, visível, infra-vermelho e micro-ondas do espectro eletromagnético, sem contato, por meio de instrumentos, como câmeras, escâners, laser, dispositivos lineares e/ou matriciais localizados em plataformas tais como aeronaves ou satélites, e a análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagens.

De um modo generalizado, utilizando-se das duas perspectivas anteriormente citadas, pode-se concluir que 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 (NOVO, 1989).

A história do sensoriamento remoto, assim como sua aceção, também se constitui em um assunto bastante controverso. De acordo com Figueiredo (2005), essa tecnologia teve início com a invenção das câmaras fotográficas, utilizadas para a tomada de fotos aéreas, em períodos de combate. Entretanto Novo (1989) expõe que esta perspectiva histórica, é baseada na American Society of Photogrammetry e que algumas outras propostas para o surgimento desta técnica existem, no entanto, a histórica contada pelos Norte Americanos é a mais difundida.

Mesmo apresentando estas primeiras contradições, os dois autores, assim como muitos outros, concordam e enfatizam que as aplicações militares quase sempre estiveram à frente no uso de novas tecnologias, e no sensoriamento remoto não foi diferente. Relata-se que uma das primeiras aplicações do sensoriamento remoto foi para uso militar.

Para isto foi desenvolvida, uma leve câmara fotográfica com disparador automático e ajustável. Essas câmaras, carregadas com pequenos rolos de

filmes, eram fixadas ao peito de pombos-correio que eram levados para locais estrategicamente escolhidos de modo que, ao se dirigirem para o local de suas origens, sobrevoavam posições inimigas. Durante o percurso, as câmaras, previamente ajustadas, tomavam fotos da área ocupada pelo inimigo. As fotos obtidas consistiam em valioso material informativo, para o reconhecimento da posição e infra-estrutura de forças militares inimigas. Assim teve início uma das primeiras aplicações do Sensoriamento Remoto (FIGUEIREDO, 2005, p.04).

No processo evolutivo das aplicações de sensoriamento remoto, Figueiredo (2005) expõe que, os militares substituíram os pombos por balões não tripulados, suspensos até a uma altura suficiente para tomadas de fotos das posições inimigas por meio de várias câmaras convenientemente fixadas. Posteriormente, aviões foram utilizados como veículos para o transporte das câmaras.

Todavia, a grande revolução do sensoriamento remoto aconteceu no início da década de 1970, momento que Novo (1989) relata como sendo o segundo período do sensoriamento remoto, o que antes era baseado na utilização de fotografia aérea, a partir desta data passa a ser caracterizado com a multiplicidade de sistemas sensores.

Estes sensores, de acordo com Jensen (2009, p. 251) são “instrumentos que registram a REM (radiação eletromagnética) que se desloca a uma velocidade de  $3 \times 10^8$  a partir da fonte, diretamente através do vácuo ou, indiretamente, por reflexão ou rerradiação para o sensor”. Assim, as mudanças na quantidade ou nas propriedades da radiação eletromagnética é uma valiosa fonte de dados para a interpretação de importantes propriedades do fenômeno.

Os satélites de recursos naturais terrestres, são os principais sensores utilizados na análise ambiental e mesmo estes equipamentos demandando grandes investimentos e muita energia nos seus lançamentos, orbitam em torno da Terra por vários anos. Estes aparatos espaciais executam um processo contínuo de tomadas de imagens da superfície terrestre coletadas 24 h/dia, durante toda a vida útil dos satélites (FIGUEIREDO, 2005).

Atualmente existem vários satélites orbitais de imageamento de superfície em operação, entre eles pode-se citar: LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS, QUICKBIRD e NOAA. De acordo com Figueiredo (2005, p.5),

Os satélites das cinco primeiras séries são destinados ao monitoramento e levantamento dos recursos naturais terrestres, enquanto que os satélites NOAA fazem parte dos satélites meteorológicos, destinados principalmente aos estudos climáticos e atmosféricos, mas são também utilizados no sensoriamento remoto.

Cabe destacar neste estudo a série Landsat com especial atenção aos Satélite Landsat 7 e Landsat 8. O sistema Landsat (LAND SATellite) foi desenvolvido pela NASA, iniciou sua operação em 1972 e foi o primeiro a obter de forma sistemática, imagens terrestres sinópticas de média resolução (ORTIZ, 2011).

Os primeiros satélites eram equipados com os sensores Multispectral Scanner System (MSS). Esses sensores já tinham a capacidade de coletar imagens separadas em bandas espectrais em formato digital, cobrindo a cada imagem uma área de 185km x 185km, com resolução temporal de 18 dias. A série passou por inúmeras inovações, especialmente os sistemas sensores que atualmente obtêm imagens em 7 bandas espectrais.

Os satélites desta série se deslocam a uma altitude de 705 km, em órbita geocêntrica circular, quase polar e heliossíncrona, isto é, cruzam um mesmo paralelo terrestre sempre no mesmo horário. No período diurno o Landsat cruza o equador às 9h e 50min. Ao longo da história do sensoriamento remoto até o ano de 2004, a série LANDSAT foi a que mais produziu e forneceu imagens para todos os tipos de estudos e aplicações (FIGUEIREDO, 2005).

Especificamente, o satélite Landsat 7 de acordo com o Manual sobre o satélite organizado pela NASA ([http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7\\_Handbook.pdf](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf), acesso 23 abril 2012), foi lançado em 15 de abril de 1999, da Base Aérea de Vandenburg, CA – Estados Unidos, numa órbita síncrona com o Sol. A responsabilidade pelo projeto, desenvolvimento, lançamento, verificação da órbita, instalação e operação do sistema de solo coube a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Já o processamento e distribuição dos dados, gerenciamento da missão e manutenção do arquivo de dados do Landsat 7 ficou a cargo do Serviço Geológico americano (*United States Geological Survey – USGS*).

O satélite Landsat 7 possui resolução espectral de 8 bandas sendo elas: azul (B1), verde (B2), vermelho (B3), infravermelho próximo (B4), infravermelho médio (B5), infravermelho termal (B6), infravermelho médio (B7) e pancromático (B8).

A operação desta última banda, a pancromática, foi uma das maiores contribuições do Landsat 7, uma vez que permite a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução. Além disso, este satélite também ampliou a resolução espacial da banda 6, do infravermelho termal, para 60 metros, e facilitou os estudos relacionados a esta resolução.

Em continuidade ao programa Landsat, no dia 11 de fevereiro de 2013 foi lançado o oitavo satélite da série. O Landsat 8 incorpora dois instrumentos de imageamento, o

Operational Land Imager (OLI), e um sensor térmico infravermelho chamado Thermal Infrared Sensor (TIRS).

As bandas espectrais do sensor OLI, embora semelhante ao Landsat 7 ETM+, fornecem ferramentas melhoradas, devido à adição de duas novas bandas: um canal profundo no azul visível (banda 1) projetada especificamente para os recursos hídricos e a pesquisa em áreas costeiras, e um novo canal infravermelho (banda 9) para a detecção de nuvens cirros. Além disso, o sensor TIRS registra duas bandas de comprimento de onda espectrais iguais aos sensores anteriores, TM e ETM + (ARIZA, 2013).

Os sensores OLI e TIRS coletam informações a partir de 11 bandas espectrais com resolução espacial de 30 metros para as bandas 1-7 e 9. A resolução para a banda 8 (pancromático) é de 15 metros. As duas bandas térmicas, 10 e 11, são úteis para fornecer temperaturas de superfície mais precisas e são tomadas em resolução 100 metros, porém passam por uma reamostragem e são disponibilizadas em 30 metros (NASA, 2015)<sup>2</sup>.

Em relação à resolução temporal foram mantidos os mesmos 16 dias de recobrimento, já no tocante a resolução radiométrica, o Landsat 8 apresenta uma melhoria na qualidade dos dados, visto que as imagens são coletadas em 12 bits, proporcionando uma melhoria significativa na capacidade de detectar mudanças na superfície da terra (ARIZA, 2013).

Sendo assim, com a disponibilização dessas imagens de forma gratuita e com qualidade os estudos de clima urbano que se utilizam de dados espectrais vem aumentando e se destacando nas últimas décadas, especialmente os voltados à interpretação de informações 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 será 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.

De acordo com Amorim, Sant'Anna Neto e Dubreuil (2009), imagens de satélite podem ajudar a compreender a distribuição de fontes de calor dentro de uma área urbana que levam à formação de ilhas de calor urbanas - UHI.

Como explanado por Voogt e Oke (2002, p. 370), a termografia da superfície é de suma importância, uma vez que modula a temperatura das camadas mais baixas da atmosfera e revela as ilhas de calor urbanas.

---

<sup>2</sup> Disponível em: < [http://landsat.usgs.gov/about\\_Landsat\\_Updates.php](http://landsat.usgs.gov/about_Landsat_Updates.php)>, acesso em: 12 de maio de 2015.



The surface temperature is of prime importance to the study of urban climatology. It modulates the air temperature of the lowest layers of the urban atmosphere, is central to the internal climates of buildings and affects the energy exchanges that affect the comfort of city dwellers. Surface and atmospheric modifications due to urbanization generally lead to a modified thermal climate that is warmer than the surrounding non-urbanized areas, particularly at night. This phenomenon is the urban heat island (UHI).

Neste sentido, o sensoriamento térmico urbano responde a variação do balanço de energia da superfície. A temperatura superficial é resultante da incorporação dos efeitos de radiação dos materiais encontrados nas cidades e de suas propriedades termodinâmicas (WENG, 2009). Ou seja, entende-se que a refletividade da superfície (ou albedo) depende da cobertura da terra. Como exemplifica Montenegro (2009), áreas de cultivo tendem a ser mais brilhantes e, portanto, absorvem uma fração menor de radiação solar incidente em quanto que áreas florestadas tendem a ser mais escuras.

De acordo com Gallo et al. (1995) vários estudos têm demonstrado que os dados de sensoriamento remoto podem ser utilizados em análise de ilhas de calor urbanas. Em 1972 Rao foi a primeira a demonstrar que as áreas urbanas poderiam ser identificadas a partir de análises de dados térmicos adquiridos por um satélite chamado *Improved TIROS Operational Satellite* (ITOS-I). Estes dados foram usados para examinar os padrões de temperatura da superfície para as cidades ao longo da costa do Atlântico médio.

Outra importante publicação que marcou a utilização do canal termal nos estudos de clima urbano, foi o realizado por Roth et al (1989). Em um artigo publicado no *The International Journal of Remote Sensing*, os autores criaram quatro perguntas sobre as limitações da aplicação de imagens térmicas derivadas de satélite em estudos de clima urbano: (1) Quais são as características da superfície urbana vistas por sensores remotos térmicos? (2) Qual é a relação entre as temperaturas de superfície observadas remotamente e a temperatura real da interface urbano-ambiente? (3) Como as ilhas de calor urbanas da superfície podem estar relacionadas com as ilhas de calor urbanas atmosféricas? (4) Como pode sensoriamento remoto térmico de superfícies urbanas fornecer dados para modelos de clima urbano?

A partir desses estudos pioneiros muito vem sendo estudado e pesquisado, e recentemente, o emprego dos dados térmicos dos satélites da série LANDSAT tem ganhado destaque, inicialmente com o Landsat 5 que por muitos anos foi utilizado para estudos de ilha de calor local, e atualmente com o emprego do Landsat 7.

Como exemplos destes estudos podem ser citados os realizados por, Coltri (2006) intitulado “Landsat 7 (ETM<sup>+</sup>) e Idrisi 3.2: Validação do algoritmo de validação termal”;

Dumke (2007) “Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba”; Polizel (2009) “Geotecnologias e Clima Urbano: Aplicações dos recursos de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na cidade de Piracicaba, SP”; Amorim e Lima (2010), “A utilização de cartas de temperatura da superfície na análise de qualidade ambiental urbana”; e, Amorim e Ortiz (2011) “Temperatura da superfície da cidade de Cândido Mota/SP a partir da imagem de satélite landsat 7”, entre outros.

Uma das principais aplicações do sensoriamento remoto térmico no estudo de climas urbanos consiste em 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.

Neste sentido, apropriando-se de técnicas de sensoriamento remoto da vegetação é possível associar dados de termografia da superfície com índices de vegetação. De acordo com Jensen (2009), desde 1960 pesquisadores estão buscando modos de extrair e modelar parâmetros biofísicos da vegetação através de imagens de satélite.

Moreira e Shimabukuro (2004) afirmam que a maioria dos índices de vegetação é obtida a partir de medidas da reflectância nas faixas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo e, apesar de existirem mais de cinquenta índices de vegetação elencados na literatura, os dois mais comumente utilizados são o Razão Simples (RVI) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Neste trabalho optou-se pela geração do NDVI. Este é considerado um índice de vegetação importante nas análises de monitoramento das mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento vegetacional e também por se utilizar da razão entre as respostas espectrais de cada banda, ele reduz muitas formas de ruídos *multiplicativos* (diferença de iluminação solar, sombras de nuvens, algumas atenuações atmosféricas, algumas variações topográficas) (JENSEN, 2009).

Considerando o sensoriamento como uma importante ferramenta de auxílio no entendimento da espacialização das anomalias térmicas urbanas em relação às características do sítio das cidades, conclui-se que os dados de temperatura da superfície sobrepostos com as informações de uso e ocupação da terra configuram-se em um indicador importante para a análise de qualidade ambiental urbana, já a vegetação tem um papel fundamental na paisagem

das cidades, principalmente para o clima urbano, conforto térmico e qualidade ambiental (LIMA e AMORIM, 2011).

#### 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, MATERIAIS E TÉCNICAS

O aporte teórico desta pesquisa é a proposição elaborada por Monteiro em 1976, que desenvolveu uma proposta teórica para os estudos do clima urbano. Considerando o clima das cidades a partir de uma visão integrada entre o homem e a natureza convivendo sob uma mesma atmosfera, e baseado na Teoria Geral dos Sistemas, Monteiro desenvolveu o método que intitulou de Sistema Clima Urbano (S.C.U.).

A estrutura interna do S.C.U. não pode ser definida pela simples superposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica, ou funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas. (MONTEIRO, 1976, p. 99).

A proposta de Monteiro sugere a adoção dos canais de percepção humana, que considera a possibilidade de aglutinar os elementos climáticos em conjuntos de maiores afinidades e interação, entretanto, sem nunca dissociá-los uns dos outros em suas dinâmicas. Os canais de percepção são: o canal do conforto térmico (Subsistema Termodinâmico), o canal da qualidade do ar (Subsistema Físico-Químico) e o canal do impacto meteórico (Subsistema Hidromecânico).

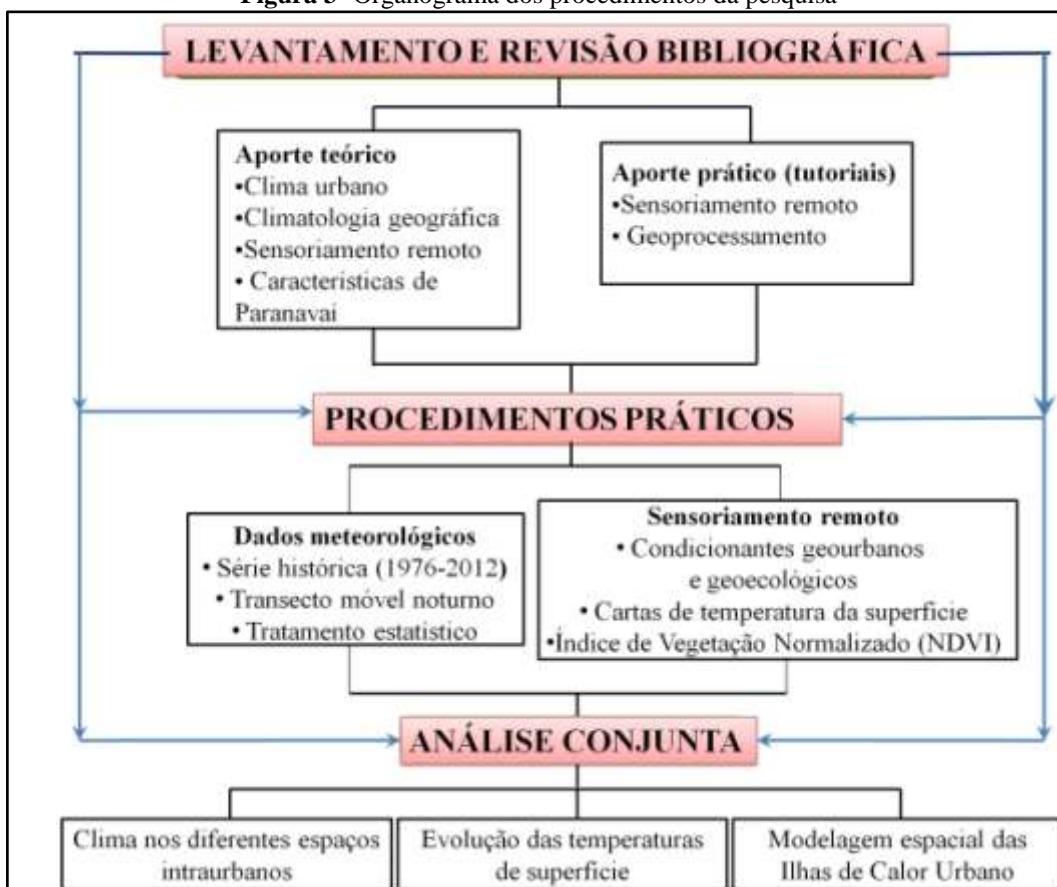
O estudo do clima urbano em Paranavaí/PR tem como enfoque o canal I (Subsistema Termodinâmico), o qual o autor desenvolve a abordagem sobre o conforto térmico.

As componentes termodinâmicas do clima (Canal I) 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, 1976 p. 44).

No Sistema Clima Urbano, as variações de temperatura e da umidade relativa do ar são consequências diretas do balanço de energia na cidade, balanço esse que corresponde à integração entre os aspectos geoambientais e geourbanos. Neste sentido, o clima nesta pesquisa é entendido como a resultante da interação entre as diferentes escalas climáticas e a superfície.

Considerando que esta integração é responsável por alterações que podem acarretar problemas ambientais, sociais e econômicos, para melhor entender a perspectiva integradora do Sistema Clima Urbano, este estudo buscou o levantamento de diversos aspectos ambientais e urbanos, que são necessários para uma análise espacial. Também realizou registros de dados de temperatura do ar e umidade relativa, a fim de diagnosticar anomalias geradas pelos diferentes usos e ocupações da terra dentro da malha urbana, além da análise temporal das distintas temperaturas de superfície encontradas (Figura 3).

Figura 3- Organograma dos procedimentos da pesquisa



Primeiramente foram realizados os levantamentos e revisões bibliográficas para a melhor compreensão dos temas: clima urbano, climatologia geográfica, planejamento urbano e sensoriamento remoto, a fim de subsidiar teoricamente o trabalho. Além disso, foram realizadas leituras de autores que abordam as características geoecológicas, históricas e urbanas do município de Paranavaí/PR. Concomitantemente, buscaram-se informações práticas e conhecimentos técnicos sobre sensoriamento remoto e geoprocessamento que possibilitaram o mapeamento dos caracteres geourbanos e geoambientais e a elaboração das

cartas de temperatura da superfície, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e cartas de uso e ocupação da terra.

Para tanto, a pesquisa percorreu etapas e procedimento práticos específicos que são descritos na sequência.

#### **4.1 Coleta e tratamento dos dados meteorológicos**

A fim de caracterizar os elementos regionais do clima de Paranavaí, o primeiro contato que se teve com dados climáticos foram os da série histórica de 1976 a 2013, cedidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). Através da organização de tabelas e gráficos foi possível tecer algumas considerações a respeito do comportamento histórico da precipitação e temperatura do ar em Paranavaí, sendo de grande importância esse conhecimento para que no transcorrer das análises ficasse claro qual o ritmo habitual do clima local, possibilitando melhor interpretação do que é considerado anomalia.

A coleta de dados meteorológicos foi realizada através da técnica de transecto móvel noturno que consiste no registro da temperatura do ar intraurbana e na área rural circunvizinha durante um período de dias representativos do verão e outro do inverno. Esta forma de coleta de dados é considerada uma maneira de tomar a temperatura e a umidade espacialmente, de modo que seja possível verificar como os condicionantes geoambientais e geourbanos respondem à atuação dos sistemas atmosféricos.

Para isto, foram utilizados sensores digitais (da marca Incoterm e com especificações detalhadas na Tabela 2) (Figura 4) de temperatura e umidade relativa do ar fixados em uma haste de madeira de 1,5m de altura. O sensor foi preso na lateral de um veículo que percorreu dois sentidos distintos da cidade, um partindo da área rural em sentido Leste-Oeste e outro que também saiu da área rural e seguiu no sentido Norte-Sul, sendo que a velocidade do veículo não ultrapassou 30km/hora e os percursos duraram em média 50 minutos, entre as 21h e 21h50min..

**Figura 4-** Sensor digital



Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 2-** Especificações técnicas do sensor utilizado

<b>TEMPERATURA</b>	
Faixa de temperatura	-50°C à +70°C
Resolução	1°C/°F
Precisão	±1°C/°F
<b>UMIDADE</b>	
Faixa de umidade	10% a 99% UR
Resolução	1% UR
Precisão	±5% UR

De acordo com a literatura sobre a climatologia urbana, considera-se que o ideal seja a realização dos transectos no período noturno, quando as temperaturas não passam por mudanças rápidas, devido a diferença de tempo entre a primeira e a última medida (Oke e Maxwell (1975); Gomez e Garcia (1984); Johnson (1985); Pitton (1997), Amorim (2005)). Assim, as medidas itinerantes foram realizadas às 21h, tendo-se o cuidado de monitorar a variação natural da temperatura por meio de um *Data Logger* em um ponto fixo e utilizando-se dos dados da estação meteorológica localizada na cidade de Paranavaí.

Esses registros ocorreram em episódios característicos de verão, nos dias 10, 11, 12, 28, 29 e 30 de janeiro de 2014 e nos de inverno, entre 11 e 15 de julho de 2014, totalizando 118 pontos de coleta em cada dia.

Destaca-se que somente nos dias 11 e 12 de janeiro as condições sinóticas não estavam ideais, mas mesmo assim possibilitaram a coleta de dados e as análises espaciais, já nos outros dias foram apresentadas características atmosféricas adequadas, permitindo baixa velocidade do vento e céu aberto.

Com os dados coletados através dos transectos foram organizadas planilhas eletrônicas no *Excel*<sup>3</sup> utilizadas, primeiramente para a conversão das umidades relativas em específica e também para gerar gráficos e cartas de isotermas. Destaca-se que a umidade relativa se constitui na relação dada entre a umidade absoluta do ar e a umidade absoluta do ar saturado na mesma temperatura e que a umidade específica é a relação entre a massa de vapor d'água contida na unidade de massa de ar úmido (g/kg). (CARVALHO, 1998). Neste sentido, optou-se pela conversão dos dados de umidade relativa coletados para umidade específica, matematicamente expressa por:

$$q = 0.622 e / (p - 0.378) \quad (4)$$

Onde,

q: é a umidade específica (g/g);

e: é a pressão de vapor d'água (hPa);

p: é a pressão atmosférica (hPa).

Nos gráficos gerados foram apresentados os valores de temperatura e umidade específica, além de uma representação do perfil de uso e ocupação da terra encontrado nos locais de coleta. Já as cartas de isotermas foram elaboradas no programa *ArcMap*<sup>4</sup> e resultaram na espacialização dos dados, auxiliando assim, na visualização das temperaturas e umidades registradas na malha urbana e área rural circunvizinha.

Associado ao levantamento de campo foi efetuada uma análise das condições sinóticas regionais, através de dados diários de superfície (temperatura média, máxima e mínima; umidade relativa do ar; pressão atmosférica e precipitação) cedidos pelo SIMEPAR e com o auxílio de imagens do satélite GOES<sup>5</sup> e das cartas sinóticas de superfície disponibilizadas diariamente no site da marinha do Brasil<sup>6</sup>.

<sup>3</sup> *Excel* - é marca registrada da Microsoft Corporation.

<sup>4</sup> *ArcMap* é de domínio da ESRI (Environmental Systems Research Institute)

<sup>5</sup> Imagens do satélite GOES - Disponíveis em: <http://satellite.cptec.inpe.br/home/>

<sup>6</sup> Cartas Sinóticas – Disponíveis em: <https://www.mar.mil.br/>

## 4.2 Dados obtidos através de sensoriamento remoto

As informações obtidas através do tratamento de imagens de satélite e radar foram essenciais para o desenvolvimento da pesquisa, uma vez que o sensoriamento remoto permite a identificação e análise sem contato físico direto, além de ser uma importante fonte quando se busca caracterizar elementos em escala mais ampla e/ou regional.

Para a elaboração das cartas de temperatura da superfície e o cálculo do Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) de Paranavaí foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 7 e 8<sup>7</sup>.

Considerando que o objetivo maior da elaboração das cartas de temperatura da superfície e do NDVI é a sua comparação histórica, tornou-se necessário a realização da correção atmosférica, além de um procedimento que minimizasse o efeito dos elementos atmosféricos diários ou sazonais. Sendo assim, foi elaborada uma carta síntese anual para cada período escolhido.

Junto ao site do United States Geological Survey/NASA (USGS) foi feita uma busca das imagens disponibilizadas e conclui-se que os anos de 2002 (Landsat 7) e 2014/2013 (Landsat 8) seriam bons para representar Paranavaí, destacando que em 2014 foram utilizadas as imagens de janeiro, fevereiro e março e o restante, até completar o um ano selecionou-se imagens de 2013. A seguir (Quadro 1) apresentam-se as imagens e datas de aquisição e como pode ser observado, foi possível selecionar 10 imagens para cada época de análise.

**Quadro 1-** Data da aquisição das imagens utilizadas e seu respectivo sensor

PARANAVAÍ	
LANDSAT 7 (2002)	LANDSAT 8 (2013/2014)
12/Janeiro	19/Janeiro/2014
06/Fevereiro	04/Fevereiro/2014
12/Maio	24/Março/2014
28/Maio	22/Abril/2013
16/Agosto	09/Junho/2013
17/Setembro	27/Julho/2013
03/Outubro	12/Agosto/2013
19/Outubro	28/Agosto/2013
04/Novembro	13/Setembro/2013
20/Novembro	18/Dezembro/2013

<sup>7</sup> Imagens adquiridas junto site da *United States Geological Survey* (USGS: <http://www.usgs.gov>). Órbita/ponto 223-76.



A partir desta seleção, partiu-se para o tratamento das imagens termais no aplicativo *ArcMap*, adicionando a correção atmosférica. Os sensores *Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) adquirem dados de temperatura e armazenam essas informações como um número digital (DN) com um intervalo entre 0 - 255 (ETM +) e 0 - 65535 (TIRS). É possível converter esses DNs em graus Kelvin usando dois ou, opcionalmente, três passos.

O primeiro passo é a conversão dos valores de DN para radiância, o segundo, opcional, é a aplicação da correção atmosférica que se utiliza de dados de superfície locais para obtenção de vários parâmetros, resultando em temperaturas de superfície mais precisos e a etapa final é a transformação dos dados de radiância, corrigidos ou não, para graus Kelvin.

De acordo com o Handbook<sup>8</sup> do Landsat 7, a fórmula para converter DN em radiância é:

$$L \lambda = ((L_{max} \lambda - \lambda L_{min}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCALMIN - QCAL) + L_{min} \lambda \tag{5}$$

Onde:

$L \lambda$  = Radiância espectral da abertura do sensor em Watts/(metros quadrados \* ster \*  $\mu\text{m}$ );

QCAL = Valor da calibração do pixel em DN;

$L_{min} \lambda$  = Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMIN em Watts/(metros quadrados \* ster \*  $\mu\text{m}$ );

$L_{Max} \lambda$  = Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMAX em Watts/(metros quadrados \* ster \*  $\mu\text{m}$ );

QCALMIN = O valor mínimo quantificado e calibrado do pixel (correspondente a  $L_{min} \lambda$ ) em DN;

QCALMAX = O valor máximo quantificado e calibrado do pixel (correspondente a  $L_{min} \lambda$ ) em DN.

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, portanto devem-se utilizar os parâmetros apresentados no Quadro 2.

**Quadro 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: Landsat 7 Handbook

<sup>8</sup> [http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7\\_Handbook.pdf](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf), acess Abril 23, 2012

Já para o Landsat 8 são outras as fórmulas e parâmetros utilizados nesta etapa. Segundo informações disponibilizadas no site do USGS<sup>9</sup> em 2013, para o Landsat 8 aplica-se a seguinte fórmula:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \tag{6}$$

Onde:

- $L_{\lambda}$  = Radiância do topo da atmosfera (Watts/( m2 \* srad \* μm));
- $M_L$  = Fator multiplicativo de redimensionamento de cada banda presente nos metadados (RADIANCE\_MULT\_BAND\_x, onde x é o número da banda);
- $A_L$  = Fator aditivo de redimensionamento de cada banda presente nos metadados (RADIANCE\_ADD\_BAND\_x, onde x é o número da banda);
- $Q_{cal}$  = Valores de pixel quantificados e calibrados do produtos padrão (DN).

Neste ponto pode ser aplicada a correção atmosférica. A opção para este trabalho foi utilizar a correção que parte dos princípios disponibilizados pela *Atmospheric Correction Parameter Calculator*<sup>10</sup> a qual fornece valores locais para *Transmittance*, *Upwelling Radiance*, e *Downwelling Radiance*, no entanto é necessária a inclusão de dados de superfície. Ressalta-se que esses dados foram cedidos pelo SIMEPAR mediante pedido formal de disponibilização.

De acordo com Coll et al (2010), a fórmula que se aplica a correção atmosférica específicas de cena é:

**Figura 5-** Fórmula para correção atmosférica

$$CV_{R2} = \frac{CV_{R1} - L\uparrow}{\epsilon\tau} - \frac{1-\epsilon}{\epsilon} L\downarrow \tag{7}$$

Where:

- $CV_{R2}$  is the atmospherically corrected cell value as radiance
- $CV_{R1}$  is the cell value as radiance from Section 1
- $L\uparrow$  is upwelling Radiance
- $L\downarrow$  is downwelling Radiance
- $\tau$  is transmittance
- $\epsilon$  is emissivity (typically **0.95**)

Fonte: Coll et al, 2010

Então, após feita a correção atmosférica, aplicou-se a seguinte fórmula para converter os valores em temperatura Kelvin (essa fórmula é utilizada para ambos os sensores Landsat, porém os parâmetros são distintos):

<sup>9</sup> [http://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php)

<sup>10</sup> <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>

**Figura 6-** Fórmula converter os valores em temperatura Kelvin

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_\lambda} + 1\right)} \tag{8}$$

Fonte: Landsat 7 Handbook

Onde,

T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin;

K2 = Constante de calibração 2, conforme valores do Quadro 3;

K1 = Constante de calibração de 1, conforme valores do Quadro 3;

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

O quadro 3 apresenta os valores que foram substituídos na fórmula para conversão em temperatura Kelvin.

**Quadro 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
Landsat 8	774.89	1321.08

Fonte: Landsat 7 Handbook

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 273,15. Por fim, a partir das imagens corrigidas e trabalhadas, criou-se a média anual destas, como dito anteriormente, a fim de reduzir os efeitos climáticos diários ou sazonais.

Já o NDVI foi também elaborado no aplicativo *ArcMap* utilizando as bandas do vermelho (banda 3 para o Landsat 7 e banda 4 para o Landsat 8) e do infravermelho próximo (banda 4 para o Landsat 7 e banda 5 para o Landsat 8) das mesmas imagens supracitadas. O primeiro passo realizado foi a correção atmosférica das imagens a serem utilizadas. Esta foi realizada no aplicativo *IDRISI Andes 15.0*<sup>11</sup> no módulo *ATMOSC* com o modelo Cos (t). Este modelo assume a irradiância como sendo 0,0; a transmitância é estimada a partir do coseno do ângulo solar zenital e a reflectância é presumida a partir do valor de DN de objetos escuros, como corpos d’água e mata densa.

As imagens corrigidas foram exportadas para o *ArcMap* e realizou-se a compilação destas, dando origem a uma imagem síntese anual para cada banda e, então, aplicou-se a fórmula:

<sup>11</sup> Idrisi é domínio da Clark Labs

$$\text{NDVI} = (\text{pIVP} - \text{pV}) / (\text{pIVP} + \text{pV}) \quad (9)$$

Onde,

NDVI: Índice de Vegetação Normalizada;  
 pIVP= Reflectância no infravermelho próximo;  
 pV= Reflectância no vermelho.

A aplicação desta fórmula faz com que a vegetação na imagem seja evidenciada com valores próximos a +1, enquanto que a não presença de vegetação ou vegetações com características de estresse hídrico sejam apresentadas com valores próximos a -1.

Para a criação de mapas que revelassem os condicionantes geourbanos e geoambientais foi utilizada uma imagem de radar do projeto TOPODATA. Sendo assim, as cartas de hipsometria e orientação das vertentes foram elaboradas a partir do modelo digital de elevação (MDE), obtido junto ao site do INPE<sup>12</sup>. Após as imagens serem processadas oferecem resolução espacial de 30 metros. Estas foram trabalhadas no aplicativo *ArcMap* e além das altitudes e orientação das vertentes foram extraídas também a drenagem e as curvas de nível, a fim de auxiliar nas análises.

As cartas de uso e ocupação da terra foram elaboradas no aplicativo *eCognition Developer*<sup>13</sup> a partir de imagens Landsat 7 e 8 utilizando processos de segmentação e classificação supervisionada. De acordo com as características detectadas foram criadas as classes de uso e ocupação para a cidade e depois de concluída a classificação, os polígonos foram exportados para o *ArcMap* a fim de proceder com a organização do *layout* final.

Por fim, a análise conjunta dos constituintes climáticos e os atributos geoambientais e geourbanos resultaram na caracterização do clima urbano em Paranavaí.

### 4.3 Modelagem espacial

A modelagem da ilha de calor urbana em Paranavaí foi realizada para dois períodos do ano, um relativo ao verão (janeiro) e outro ao inverno (julho). Os dados de temperatura do ar utilizados foram os coletados através de transecto móvel nos dias 30 de janeiro e 13 de julho. Para a correlação direta com os aspectos da superfície foram utilizadas imagens do satélite

<sup>12</sup> <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>

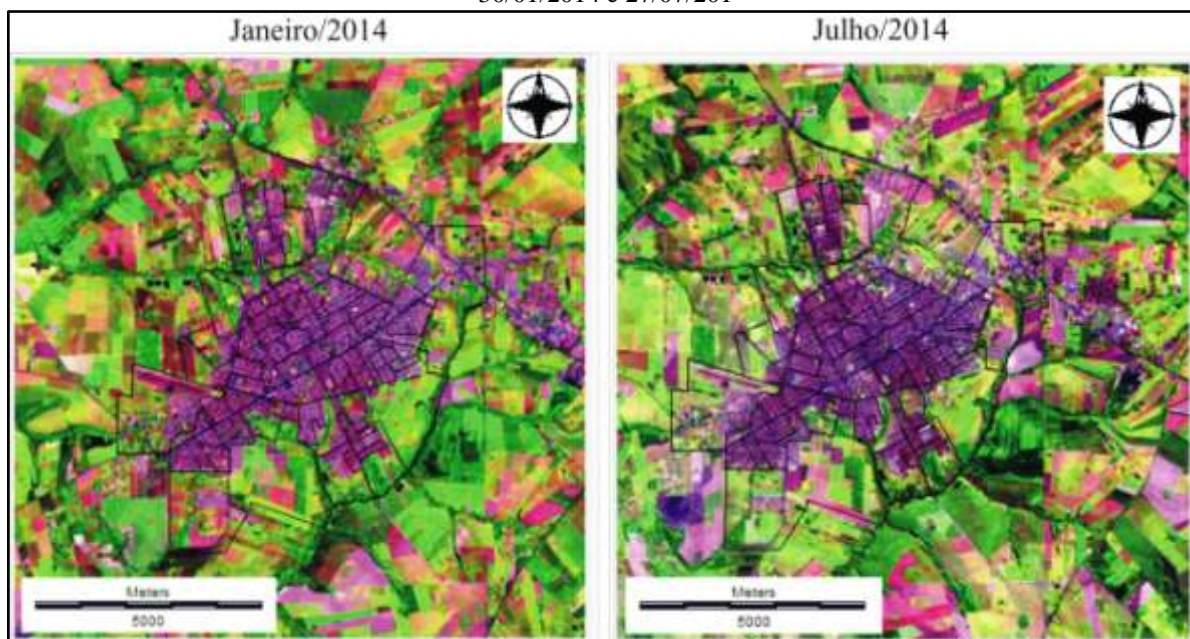
<sup>13</sup> eCognition Developer é domínio da Trimble

Landsat 8 tomadas nos meses citados e também a imagem de radar SRTM com informações de altimetria do local.

Essa modelagem foi executada no aplicativo IDRISI<sup>14</sup>, de acordo com a metodologia exposta por Amorim et. al (2015) e foi iniciada com a elaboração do mapa de classes de uso e ocupação da terra. O primeiro passo foi a elaboração de uma composição colorida RGB com as bandas 6 (SWIR 1) adicionada no R, 5 (Infravermelho próximo) no G e 4 (Vermelho) no B (Figura 7). Com esta composição foi possível fazer o recorte da área de estudo e distinguir visualmente a área urbana da rural, além de detalhes em escala média de cada uma delas.

O segundo passo foi a obtenção do NDVI (figura 8), que como citado anteriormente, através de cálculos matemáticos com as bandas do infravermelho próximo (banda 4) e do vermelho (banda 5) resulta em um produto que possibilita analisar a distribuição e a densidade de vegetação nos períodos, além de auxiliar na distinção entre as áreas urbana e rural e também ser um atributo a ser contemplado na elaboração da carta de uso e ocupação da terra.

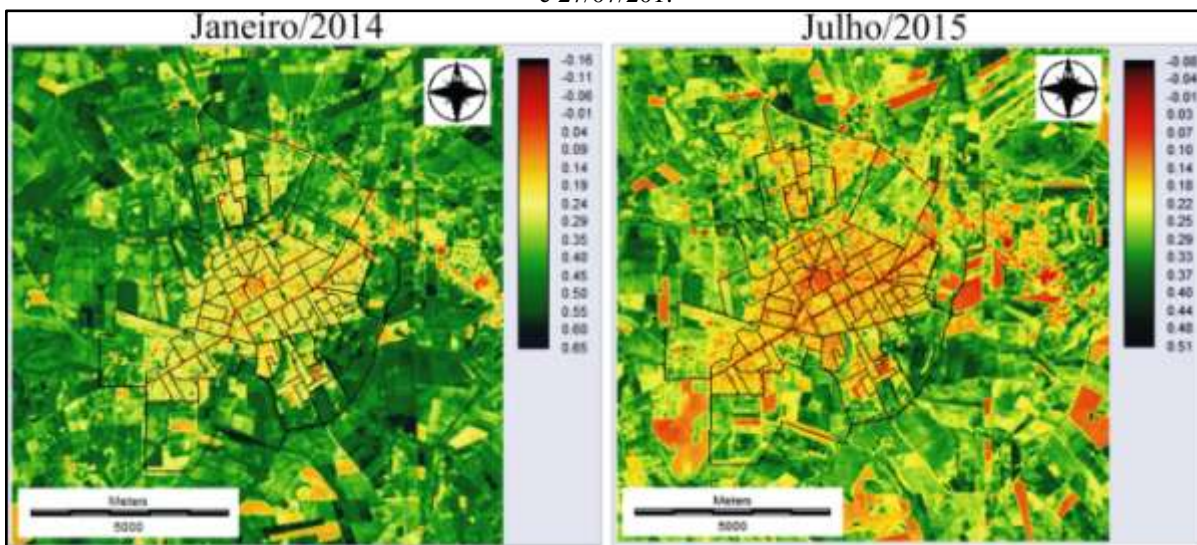
**Figura 7-** Composições coloridas de Paranavaí, elaboradas a partir das bandas 6, 5 e 4 da imagem Landsat 8, 30/01/2014 e 27/07/201



Fonte da imagem: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Elaboração: DORIGON, L.P.

<sup>14</sup> Idrisi é marca registrada da Clark University.

**Figura 8-** Cartas de NDVI de Paranaíba, elaboradas a partir das bandas 4 e 5 da imagem Landsat 8, 30/01/2014 e 27/07/2015.



Fonte da imagem: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Elaboração: DORIGON, L.P.

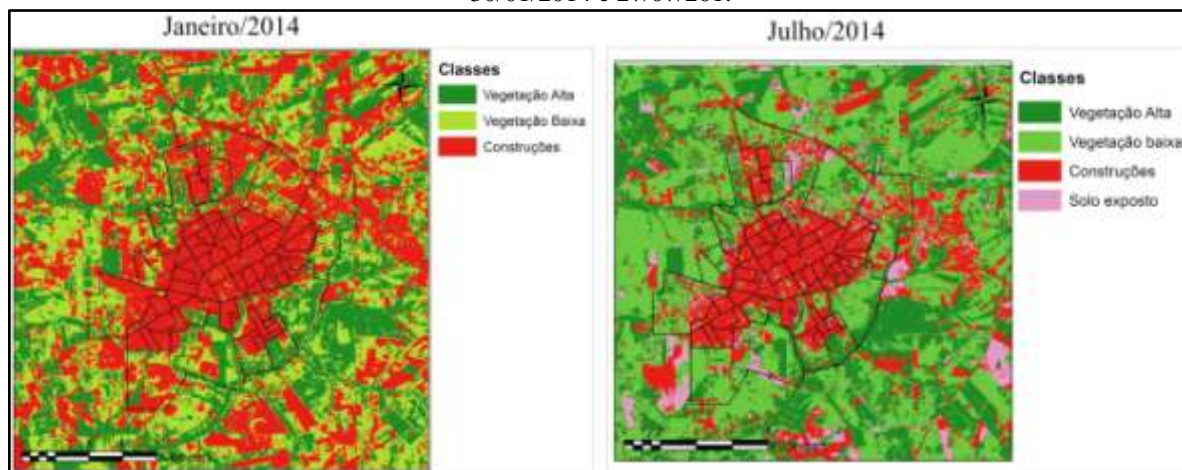
Na sequência, utilizando-se das bandas 6, 5 e 4 mais as informações contidas na carta de NDVI, realizou-se a classificação automática da imagem por “Cluster”, um método não supervisionado e que se utiliza da frequência de pico dos histogramas de cada imagem adicionada, ou seja, uma classe é determinada onde a frequência de seu pico do histograma for maior do que as dos seus vizinhos.

Para a intencionalidade desta pesquisa, foi necessário um refinamento da classificação a fim de agrupar as classes correspondentes. Sendo assim, foram criadas as classes de vegetação alta (área de preservação às margens dos córregos e fundos de vale, aglutinando também alguns locais com vegetação preservada na área rural), vegetação baixa (em sua maioria, locais de cultivo ou de pastagem), construções (áreas urbanas, densamente construídas) e solo exposto (Figura 9).

A partir de então, pode-se calcular a relação existente entre a temperatura do ar obtida em campo e as classes de uso e ocupação determinadas. Primeiramente calculou-se a frequência dos pixels de cada classe em torno dos pontos de temperatura do ar medida através de janelas móveis de tamanhos variáveis, entre 3x3 pixels (90 x 90 metros), 5x5 pixels (150 x 150 metros) e de 9x9 pixels (270 x 270 metros) e assim por diante, considerando que a resolução espacial do Landsat 8 nas bandas selecionadas é de 30 metros. Segundo Amorim et. al (2015, p. 38), “esse procedimento é fundamental porque não se sabe inicialmente qual a área de influência do uso da terra sobre as medidas de temperatura para cada ponto e isso justifica o teste com essas janelas de tamanho “móveis””. Para esta pesquisa, tanto para o

verão quanto para o verão, as janelas que mais adequadamente estabeleceram relações foram altas, entre 21x21 e 29x29.

**Figura 9-** Cartas de uso da terra refinadas elaborada a partir do método de Cluster, imagem Landsat 8, 30/01/2014 e 27/07/201.



Fonte da imagem: <http://earthexplorer.usgs.gov>/Elaboração: DORIGON, L.P.

Além do uso e ocupação da terra, sabe-se que o relevo configura-se em um importante fator que interfere na distribuição das temperaturas do ar, por isso optou-se por também acrescentá-lo na modelagem, através de dados de hipsometria de imagem de radar do projeto TOPODATA. Também a temperatura da superfície é um dado a mais para contribuir com a validação da modelagem e por isso foi incorporada através do tratamento da banda do infravermelho termal do Landsat 8 para cada período selecionado.

Por fim, essas informações foram relacionadas estatisticamente em regressões lineares individuais, para então os melhores resultados serem agregados em uma única regressão múltipla na qual foram discriminados os melhores indicadores espaciais para cada elemento selecionado, possibilitando assim, a estimativa de temperaturas do ar para toda a imagem.

## 5 CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS

### 5.1 Caracterização temporal dos elementos climáticos em Paranavaí para o período de 1976 a 2013.

De acordo com Souza (2010) ao citar Maack (2002), o clima do estado do Paraná é resultado de fatores como a latitude, a longitude e a circulação atmosférica (centros de ação anticiclônicos e depressionários, responsáveis pela individualização das massas de ar e seus deslocamentos). “Esses fatores e suas interações com as correntes marinhas, os ventos alísios de sudeste e a retração e expansão das massas de ar, determinam sobremaneira o clima geral do Paraná” (SOUZA, 2010 p. 70).

Assim, o clima da área de estudo é considerado como tropical. Esse tipo climático é normalmente caracterizado por um período chuvoso influenciado por sistemas tropicais e equatoriais, correspondente aos meses de primavera e verão; e outro período quando as chuvas diminuem fato ocasionado pela presença de sistemas polares, que corresponde às estações do outono e inverno.

Segundo Monteiro (1963), são quatro basicamente, os tipos de massa de ar que influenciam o clima no estado. Essas massas são orientadas pelo relevo, bem como pelo sistema de circulação do hemisfério Sul, sendo as massas polares de atuação predominante no inverno, e as tropicais marítimas no verão.

A Massa Tropical Atlântica (mTa) tem o atributo de ser uma massa quente, úmida e com tendência a estabilidade. Entretanto, no verão, com o aquecimento basal e o efeito orográfico ocasionado pelo sistema atlântico, torna-se instável. No inverno sua atuação é mais marcante quando, devido à maior pressão, avança sobre o continente, entretanto sua atuação ocorre durante todo o ano. A massa sofre modificações durante seu avanço pela área continental, sendo possível constatar um aumento de sua temperatura e um pequeno declínio em sua pressão e umidade. A partir desse momento, ela passa a ser chamada de Massa Tropical Atlântica Continentalizada (mTac) (MONTEIRO, 1963).

A massa tropical continental (mTc) tem sua origem em uma área quente e árida, a leste dos Andes e ao Sul dos Trópicos, e forma-se no final do inverno e início da primavera, antes de começar a estação chuvosa. Assim, sobre a área, forma-se uma condição de divergência



atmosférica, que dá origem a uma massa de ar quente e seca. Sua atuação é bem definida no verão<sup>15</sup>.

Ainda segundo o mesmo autor, a massa Equatorial Continental (mEc) se origina na porção centro-ocidental da planície Amazônica e apresenta como características principais: elevada temperatura, proximidade com a linha do equador, alta umidade e ventos predominantes do quadrante oeste.

A massa Polar Atlântica (mPa) é uma massa fria originada em superfície gelada no anticiclone polar atlântico, um dos ramos do anticiclone migratório polar. Sua atuação é mais marcante no inverno, quando entra na região Sul como uma frente fria, ocasionando chuvas e queda de temperatura com possíveis geadas. Durante seu avanço, a massa Polar Atlântica sofre um aumento de temperatura, sua pressão atmosférica declina e seus ventos passam a ser de leste a nordeste, passando a ser chamada de Massa Polar Velha (mPv).

Muller (2001) especifica as massas de ar atuantes na região do Norte Novíssimo do Paraná e suas principais funções. O caráter de zona de transição aparece ainda como fator importante, pois a área é marcada pelo contato entre as massas de ar tropical atlântica (mTa) e equatorial continental (mEc).

A massa tropical-atlântica é, para a região, a de maior importância, por agir em todas as estações, como se fosse um anticiclone semi-fixo; predominando na maior parte do ano, sofre no Verão ligeira oscilação para Leste, localizando-se sobre o oceano. Sua predominância determina dias claros e ensolarados, com tempo firme e seco. No Verão, quando a Ta se desvia para Leste, toma seu lugar a massa equatorial continental que, atraindo os ventos alísios do hemisfério norte, que aí chegam quentes e úmidos, é animada de forte movimento de convecção [...] (MULLER, 2001, p. 91).

Ainda de acordo com o mesmo autor, o regime de chuvas, intimamente condicionado pela alternância das massas de ar, apresenta-se com um período úmido no verão, dada a predominância de mEc, e um de secas no inverno, seguindo-se a instalação de mTa.

Partindo da caracterização dos principais sistemas atmosféricos atuantes, foram utilizados dados registrados pela Estação Experimental de Paranaíba que são organizados e controlados pelo SIMEPAR. A importância de tal análise visa esclarecer que devido à variabilidade climática na região podem ocorrer períodos mais quentes ou frios, mais chuvosos ou secos que certamente influenciam diretamente os resultados das medidas intraurbana.

---

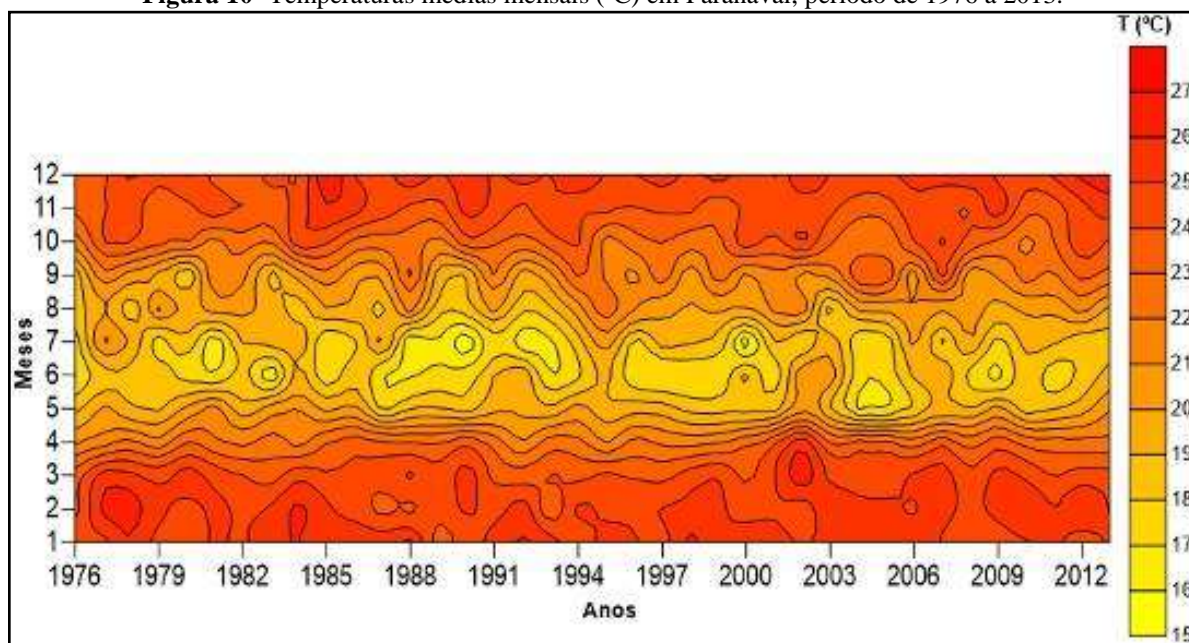
<sup>15</sup> Idem, Ibidem.

A série histórica disponível compreende o período de 1976 a 2013. Foram organizados gráficos e painéis a fim de apresentar e facilitar o entendimento da habitualidade da temperatura e da precipitação ao longo dos anos em Paranavaí, revelando assim, o padrão sazonal.

A figura 10 apresenta as temperaturas médias mensais registradas em Paranavaí. Destacam-se as características sazonais, com os meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) registrando as temperaturas médias mais elevadas, o inverno (junho, julho e agosto) com as menores temperaturas médias e a primavera (setembro, outubro e novembro) e outono (março, abril e maio) apresentando as temperaturas médias intermediárias.

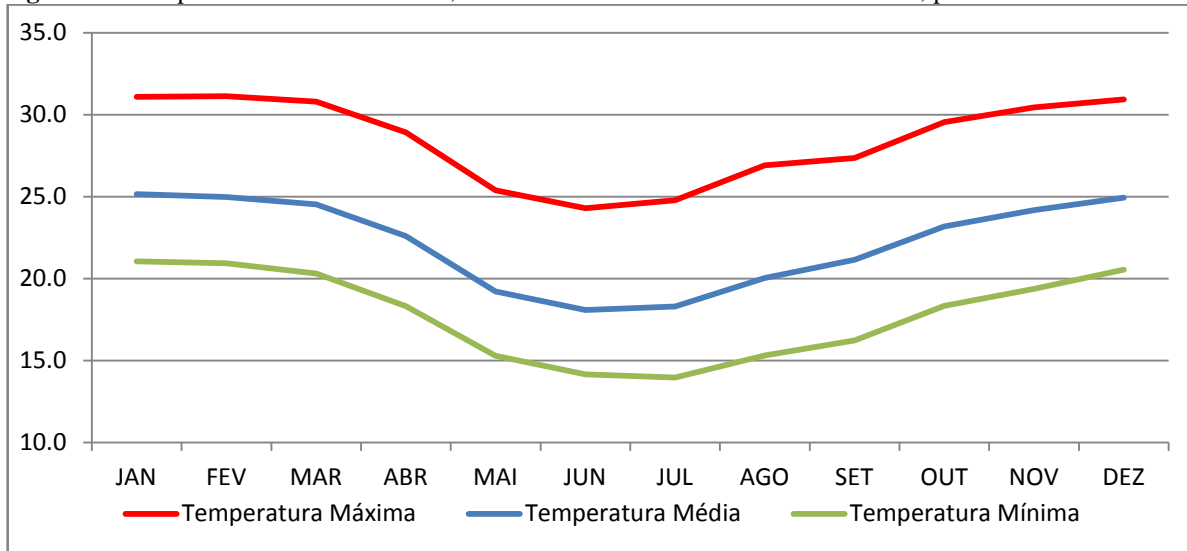
Já a figura 11 revela o padrão sazonal no que se refere também as temperaturas médias, porém apresentando conjuntamente os dados de temperaturas máximas e mínimas. Destaca-se que esses três dados mantiveram o mesmo padrão, tendo os maiores registros em dezembro e janeiro e os menores em junho e julho, sendo que a diferença entre as temperaturas máximas, quando comparada às temperaturas médias, se apresentaram maiores do que quando comparadas às temperaturas mínimas durante todo o período.

**Figura 10-** Temperaturas médias mensais (°C) em Paranavaí, período de 1976 a 2013.



Fonte: Estação Experimental de Paranavaí

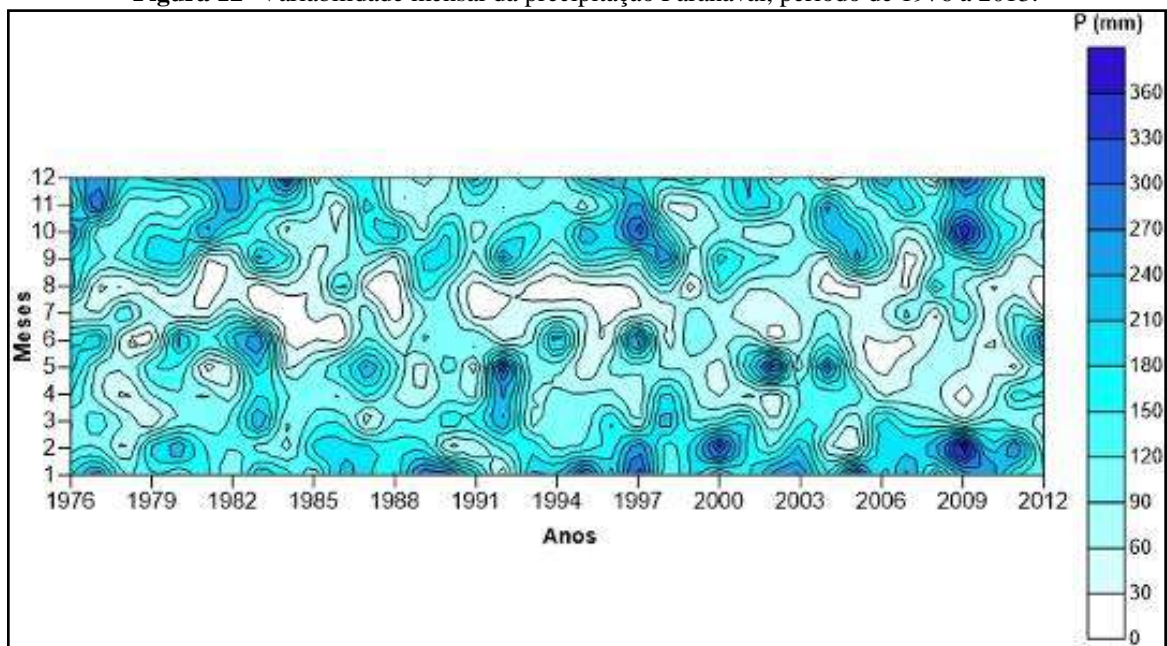
**Figura 11-** Temperaturas mensais médias, máximas e mínimas mensais em Paranaíba, período de 1976 a 2013.



Fonte: Estação Experimental de Paranaíba

Os dados de precipitação mostraram que aproximadamente 75% da precipitação anual, ocorre entre novembro e maio, sendo os meses de janeiro e dezembro os mais chuvosos, tendo em média 188,1 e 169,6 milímetros de precipitação, respectivamente, enquanto que junho, julho, agosto e setembro correspondem a somente 15% do total, sendo agosto o mês mais seco, com uma média de 49,3 milímetros (Figura 12).

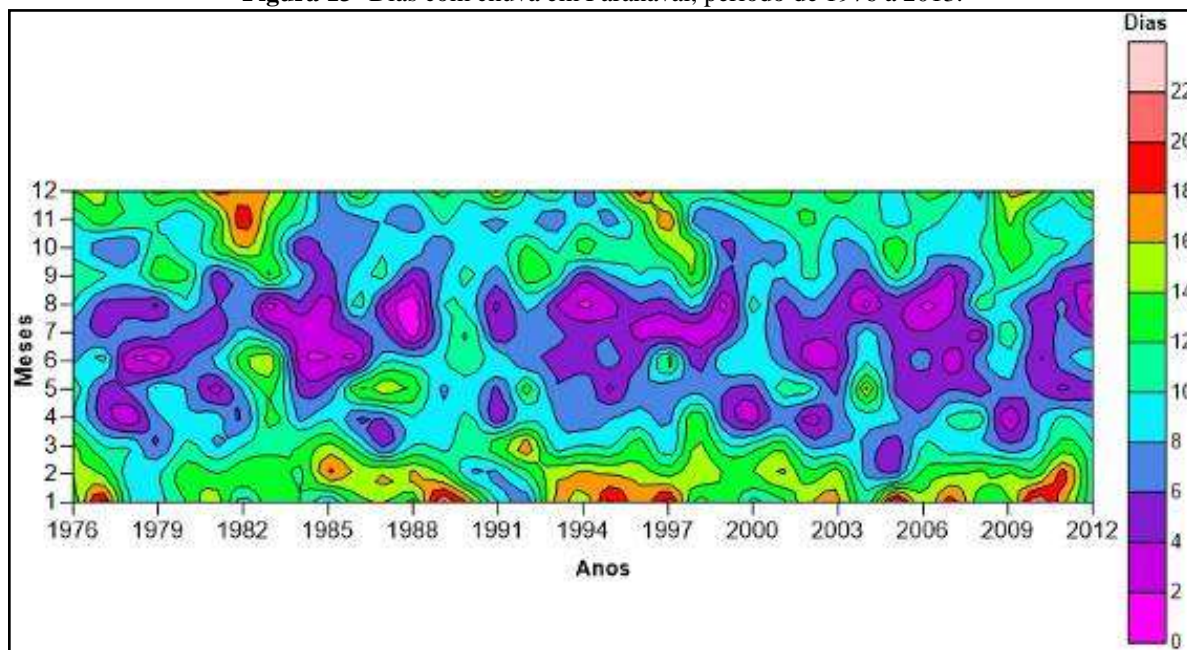
**Figura 12-** Variabilidade mensal da precipitação Paranaíba, período de 1976 a 2013.



Fonte: Estação Experimental de Paranaíba

A figura 13 apresenta o número de dias com chuva registrados na Estação Meteorológica de Paranaíba. Destaca-se que, mantendo o padrão da variabilidade mensal de precipitação, os meses de novembro a maio concentram o maior número de dias chuvosos, enquanto que junho, julho e agosto apresentam-se como meses mais seco, sendo assim possuem menos dias em que ocorrem registros de precipitações.

**Figura 13-** Dias com chuva em Paranaíba, período de 1976 a 2013.



Fonte: Estação Experimental de Paranaíba

A partir da organização e análise destes dados, entende-se que a estação de Paranaíba foi mantida no mesmo local desde o início de seus registros, uma vez que não foi apresentada nenhuma mudança brusca nos dados e foram mantidos todos os padrões, fato este confirmado por funcionários da Secretaria de Meio Ambiente do município.

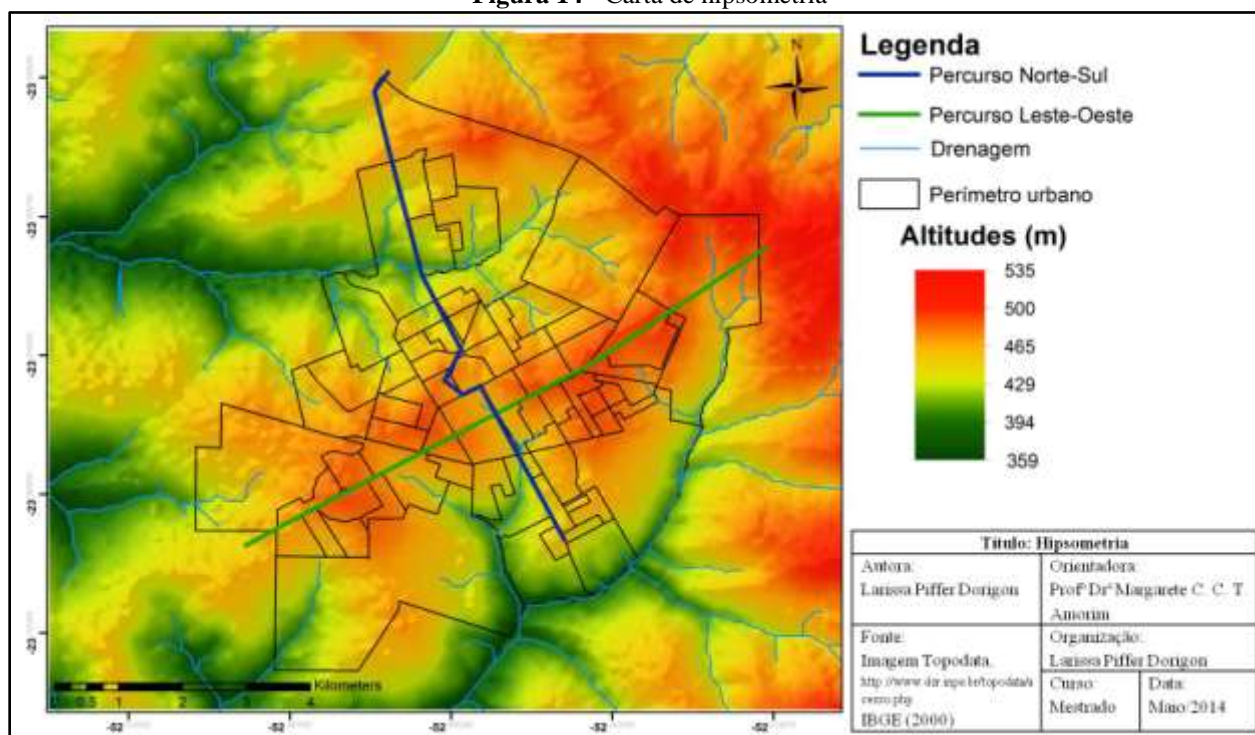
Portanto, destaca-se que a análise da série histórica de temperatura e precipitação vem confirmar as características climáticas regionais descritas na literatura. As análises dos painéis temporais e dos gráficos revelam que a região estudada encontra-se em uma área de transição climática influenciada por sistemas atmosféricos intertropicais, extratropicais, frontais e episódios especiais da Zona de Convergência do Atlântico Sul, e que o clima na área de estudo é caracterizado por apresentar alternadamente durante o ano um período seco e outro chuvoso.

## 6 CARACTERÍSTICA GEOAMBIENTAIS E GEOURBANAS

As cartas de atributos geoambientais e geourbanos representam as características físicas e urbanas de Paranaíba. Essas cartas objetivam expor a situação do sítio urbano no momento da coleta dos dados, oferecendo aporte para a compreensão da relação existente entre os elementos climáticos e os indicadores ambientais e urbanos.

A carta de hipsometria (Figura 14) revelou uma variação em torno de 170 metros entre a maior e a menor altitude encontrada em Paranaíba. Nota-se que as altitudes mais baixas estão todas relacionadas diretamente aos cursos d'água, ou seja, os fundos de vale são os terrenos mais baixos. Vale destacar que em Paranaíba os córregos e rios são geralmente abertos, não sendo comum a canalização fechada.

Figura 14 - Carta de hipsometria



A porção leste do município apresenta as maiores cotas altimétricas, em torno de 520 metros, sendo que a região da Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado, no qual foi percorrido o caminho Leste-Oeste dos transectos móveis, é a região mais elevada dentro do perímetro urbano, em torno de 480 metros.

O percurso noroeste-sudeste conta com diferenças altimétricas maiores. Partindo de uma cota de 460m, este percurso passa por um fundo de vale de 420 metros, sobe até a

Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado com 480 metros, continua em uma área com cota de 460 metros até ser finalizado em outro fundo de vale, estando na cota de 420 metros.

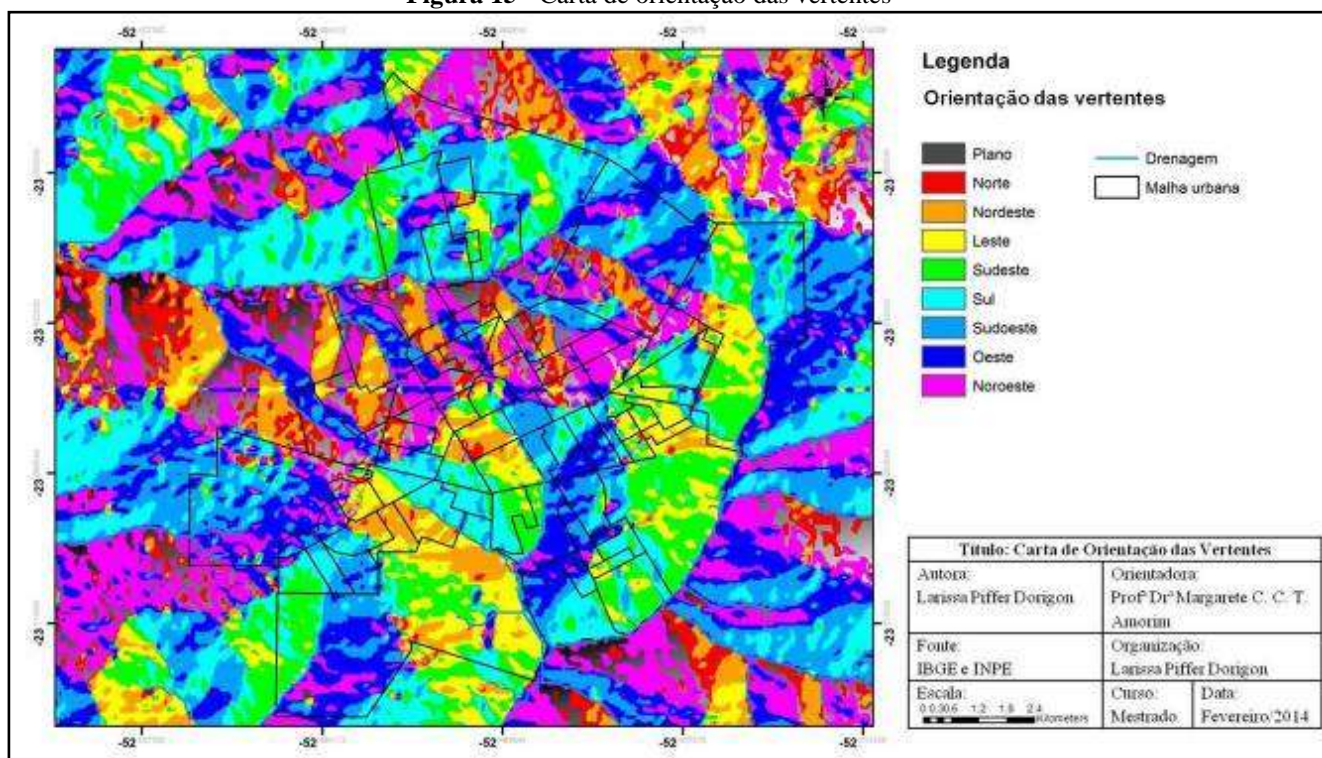
Revela-se assim que o caminho leste-oeste é também homogêneo em suas características de altitude, enquanto que o percurso norte-sul se releva muito mais heterogêneo, variando em torno 50 metros, valor que para a temperatura e umidade relativa do ar dentro da malha urbana pode resultar em alguma diferença.

Para se entender a influência que a orientação das vertentes tem no aquecimento diferenciado de determinado local é necessário compreender que nas áreas subtropicais os raios solares atingem a superfície terrestre em um ângulo sempre menor que 90° e que, de acordo com o movimento aparente do sol, as vertentes orientadas para o quadrante norte e oeste recebem intensa insolação a partir do meio dia até metade do período da tarde, momento em que as temperaturas são mais elevadas, por isso, as vertentes norte, nordeste, oeste e noroeste são sempre mais quentes quando comparadas as de outras orientações.

No entanto, Ugeda Junior (2013) destaca que é na área rural que a relação entre orientação das vertentes e temperatura é mais clara, visto que as intervenções antrópicas são menos significativas, pois como já explicitado por Monteiro (1976), o homem pode ser entendido como um fator determinante na configuração climática, sobretudo, em áreas urbanas.

Ao analisar a carta de orientação das vertentes elaborada para Paranavaí (Figura 15), nota-se que as áreas ao norte e ao sul do município contam com predomínio de vertentes direcionadas ao noroeste e oeste. Ao se tratar especificamente do perímetro urbano, verifica-se que as porções norte e nordeste tem presença majoritária de vertentes voltadas ao sul, sudeste e oeste; o sudeste, sul e sudoeste da cidade contam com predomínio de vertentes direcionadas ao nordeste, leste e sudoeste, enquanto que a área central e noroeste tem maior quantidade de vertentes voltadas ao noroeste, oeste e alguns casos ao norte.

Figura 15 - Carta de orientação das vertentes



Partindo para os atributos geourbanos, Ugeda Junior (2013) afirma que diagnosticar e compreender o uso e ocupação da terra no espaço urbano é uma das principais informações para quem busca conhecer as condições climáticas de uma cidade, visto que essas informações são de extrema relevância para se diferenciar as paisagens e quais as suas relações com o clima urbano.

Utilizando uma imagem do Satélite Landsat 8 e através dos processos de segmentação e classificação supervisionada foram criadas 7 classes de uso e ocupação da terra para Paranavaí, baseadas principalmente na quantidade de construções e na arborização existentes (Figura 16).

As classes identificadas foram:

- Agropecuária: adotou-se essa classificação para todas as regiões das imagens que apresentassem características agrícolas e/ou agropecuárias, ou seja, atividades de cultivo ou pastagem. O reconhecimento dessas características no sensoriamento remoto se deve, sobretudo, ao formato dos lotes, geralmente, em forma de polígono, além é claro, da assinatura espectral, baseadas em valores médios na escala de cinza.
- Solo exposto: essa classificação partiu do mesmo princípio de seleção da classe “Agropecuária”, no entanto além da forma do lote considerou-se também a

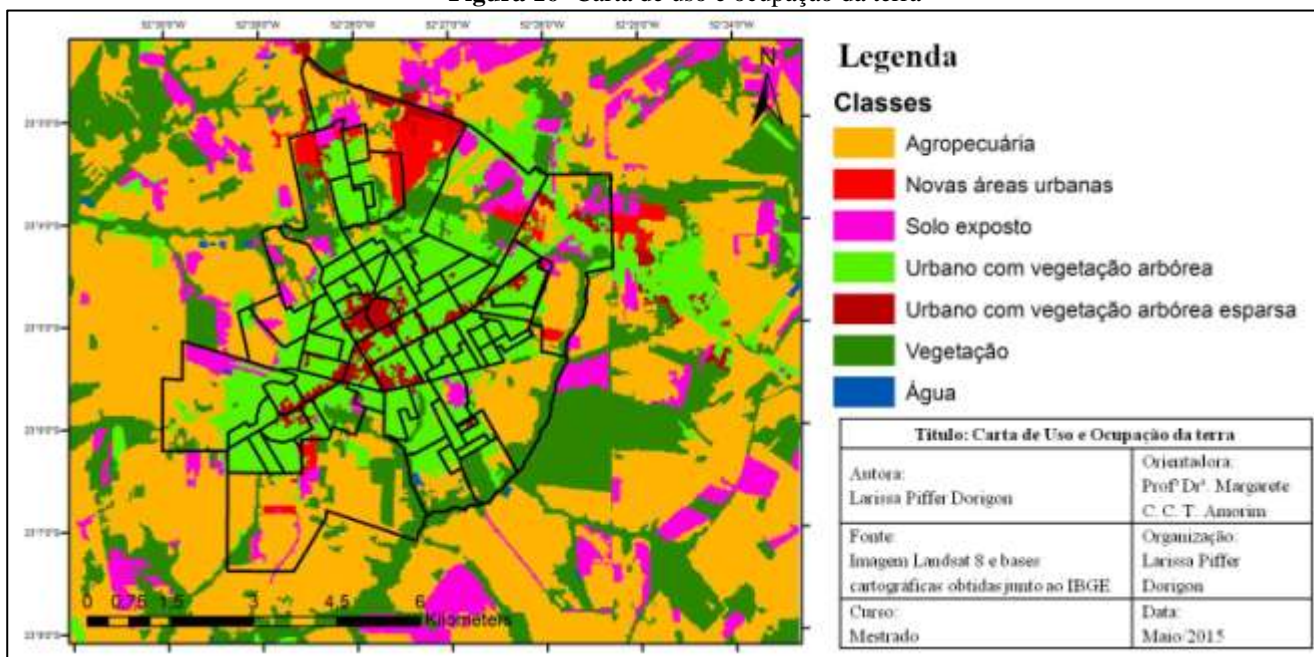
assinatura espectral dos alvos, uma vez que o solo exposto reflete irradiação eletromagnética em quantidades muito maiores do que os solos cobertos com pastagem e cultivo.

- Novas áreas urbanas: dentro dessa classe encontram-se regiões de Paranavaí que estavam sendo estruturadas para receberem loteamentos, ou seja, estavam sendo implantado arruamento e a divisão dos lotes. Devido a essas características, essas áreas refletem maiores quantidades de irradiação eletromagnética, porém, diferentemente da classe “Solo exposto” que, majoritariamente se apresenta com textura heterogênea, a classe “Novas áreas urbanas” demonstram certa rugosidade.
- Urbano com vegetação arbórea: essa classe foi determinada de acordo com rugosidade e cor detectadas nas imagens de satélite. No que se refere à rugosidade, em sua maioria, essa classe segue o mesmo padrão da anterior, no entanto são observadas formas e cores que revelam as árvores existentes junto às estruturas urbanas.
- Urbano com vegetação arbórea esparsa: esta classe, junto à “Solo exposto”, é uma das que mais reflete irradiação eletromagnética, ou seja, são as áreas mais brilhantes da imagem da satélite, além de serem rugosas.
- Vegetação: considerou-se para essa classe os locais com vegetação densa, que para Paranavaí corresponde as margens dos principais córregos do município, alguns pontos de reserva de vegetação nativa, além do bosque e herbário do município. Nas imagens de satélite esses locais são facilmente visualizados devido a sua coloração escura e a rugosidade, causada pelas amplas copas das árvores.
- Água: dentre os elementos existentes nas imagens de satélite, a água é o que menos reflete irradiação, ou seja, é um dos elementos mais escuros. Além disso, possuem formato particular, sendo que no recorte de Paranavaí a classe água foi somente detectada em algumas lagoas que, possivelmente, são utilizadas para desedentação animal.

A classe de predomínio dentro do recorte selecionado a fim de apresentar o urbano e o rural próximo de Paranavaí é a “Agropecuária”, na qual são identificadas atividades voltadas à agricultura ou a pecuária.

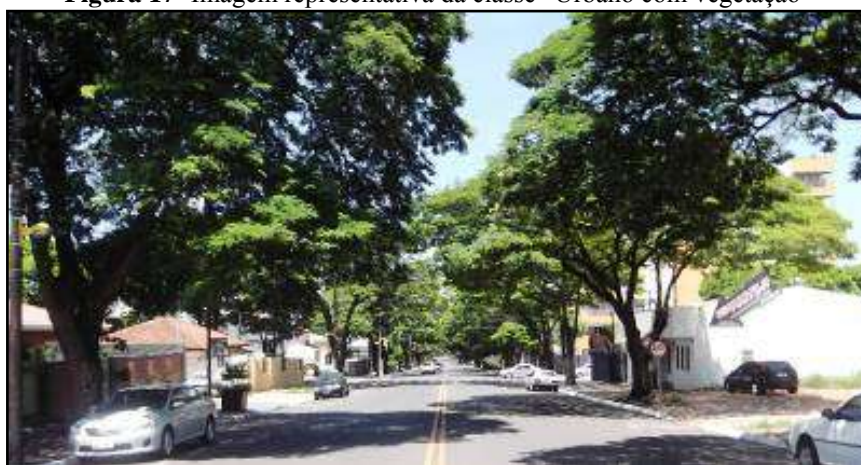


Figura 16- Carta de uso e ocupação da terra



Já ao se analisar o espaço urbano em si, onde são concentradas as atividades comerciais e as residenciais, visto que Paranavaí não conta com grandes indústrias e por isso não existe no município distritos industrial, nota-se que a classe predominante é a “Urbano com vegetação arbórea”, uma vez que em toda a periferia da cidade esta é a classe presente. Encontram-se nessas áreas grande quantidade de residenciais e alguns poucos estabelecimentos comerciais, sendo somente para abastecimento local, porém o grande diferencial é a quantidade de vegetação, como pode ser visto na figura 17.

Figura 17- Imagem representativa da classe “Urbano com vegetação”



Fonte: Dados da pesquisa

A classe “Novas áreas urbanas” abarca os loteamentos recentes existentes na cidade, nos quais ainda não foi realizada a pavimentação das ruas, porém as residências já estão

construídas (Figura 18). Um destaque que se faz aqui é referente à arborização, uma vez que na maioria destes locais são encontradas árvores plantadas, no entanto estas ainda estão em fase de crescimento.

Figura 18- Imagem representativa da classe “Novas áreas urbanas”



Fonte: Google Earth™ mapping service/NASA/TerraMetrics copyright (acesso: maio de 2014).

A área central da cidade e grande parte da Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado (Figura 19) foram classificadas como “Urbano com vegetação arbórea esparsa”. Estes são locais onde há o predomínio de comércios, com tráfego intenso de automóveis e pessoas durante o dia, porém são também espaços que contam com uma pequena quantidade de vegetação arbórea, sendo que na Avenida citada, existem somente palmeiras.

Figura 19- Imagens representativas da classe “Área densamente construída e com vegetação arbórea esparsa”



Fonte: Dados da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa

A classe “Vegetação”, foi definida a partir da identificação de mata ciliar significativa nas margens dos córregos que atravessam a malha urbana de Paranavaí, além de duas áreas com vegetação arbórea concentrada. Já a classe “Solo exposto” é encontrada somente na área

rural ao perímetro urbano de Paranavaí e é mantida, em sua maioria, de acordo com o ciclo fenológico de cada cultura, podendo ou não existir em determinados períodos do ano. Enfim, a classe “Água” foi identificada de acordo com a coloração do pixel e a forma da área, sendo encontrado somente em algumas lagoas que são usadas, provavelmente, para desedentação animal.

## **7 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DOS DADOS METEOROLÓGICOS E OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES.**

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos por meio da técnica de transecto móvel, percorrendo-se áreas específicas da malha urbana. Assim, adentrou-se a cidade para o registro das diferenças termo-higrométricas em escala detalhada.

Com o objetivo de pormenorizar essas medições serão descritas as características físicas, urbanas e atmosféricas da cidade de Paranavaí durante os dias de trabalho de campo. Sendo assim, este capítulo caracteriza os usos e ocupações da terra nos percursos selecionados para a tomada de temperatura e umidade relativa do ar, além de apresentar as condições sinóticas desses dias específicos.

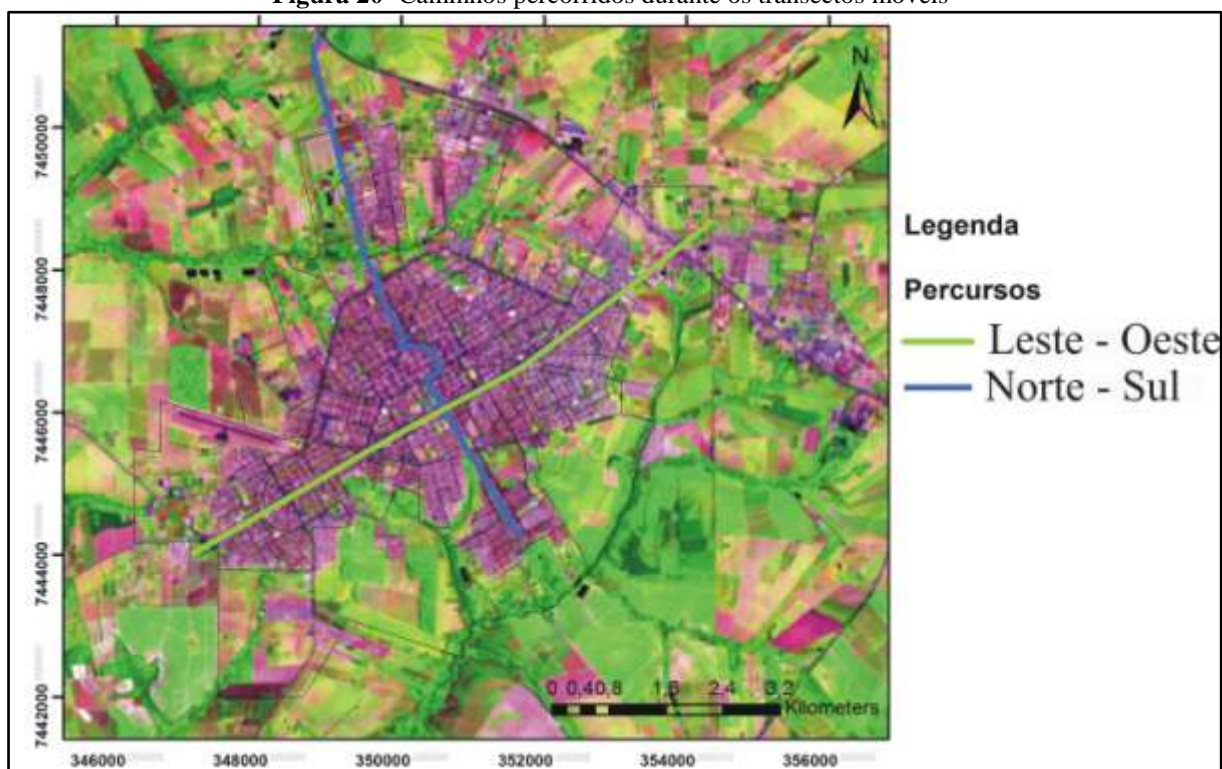
### **7.1 Caracterização das áreas de registro dos dados meteorológicos**

Os dados meteorológicos foram coletados através de transectos móveis que percorreram dois caminhos (o primeiro partindo de leste em sentido oeste e o segundo de norte para sul) dentro da área urbana de Paranavaí, englobando a área rural circunvizinha próxima (Figura 20). A seleção destes percursos ocorreu baseada, sobretudo, nas cartas temáticas que caracterizaram os atributos geoambientais e geourbanos na elaboração de uma carta de temperatura da superfície, além da análise da estrutura urbana do município, possibilitada pelo acesso às imagens de satélite de alta resolução do Google Earth<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Google Earth é um produto de Google Inc.

**Figura 20-** Caminhos percorridos durante os transectos móveis



Fonte da imagem: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Elaboração: DORIGON, L.P.D.

O primeiro caminho percorrido (Figura 21), tendo sempre seu início às 21h, foi o de sentido Leste - Oeste, partindo do cruzamento entre a Rodovia Governador Ney Braga e a Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado, percorrendo-a toda até o ponto em que novamente a avenida se transforma em rodovia.

Como pode ser observado na figura 21, a Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado é uma via larga, de trânsito intenso e conta com a circulação constante de veículos pesados, uma vez que esta é uma rodovia que corta a cidade. Predominantemente, esta área de Paranavaí tem uma ocupação homogênea, com uso comercial e vegetação arbórea escassa. Ao longo de praticamente toda a avenida encontra-se somente espécies de palmáceas, sendo que estas não exercem a função de sombreamento, não auxiliando assim, na diminuição da temperatura e na redução da sensação de desconforto térmico (Foto 1).

No entanto, ao se aproximar do final desta avenida é possível notar uma modificação em seu padrão de uso e ocupação, o que antes era somente comercial e com pequenas palmeiras, com a aproximação da área rural, o uso residencial e misto passam a ser majoritários. A avenida se estreita e a vegetação de porte arbóreo também se afirma como uma constante (Foto 2).

**Figura 21-** Áreas destacadas para caracterização do percurso Leste - Oeste dos transectos móveis.

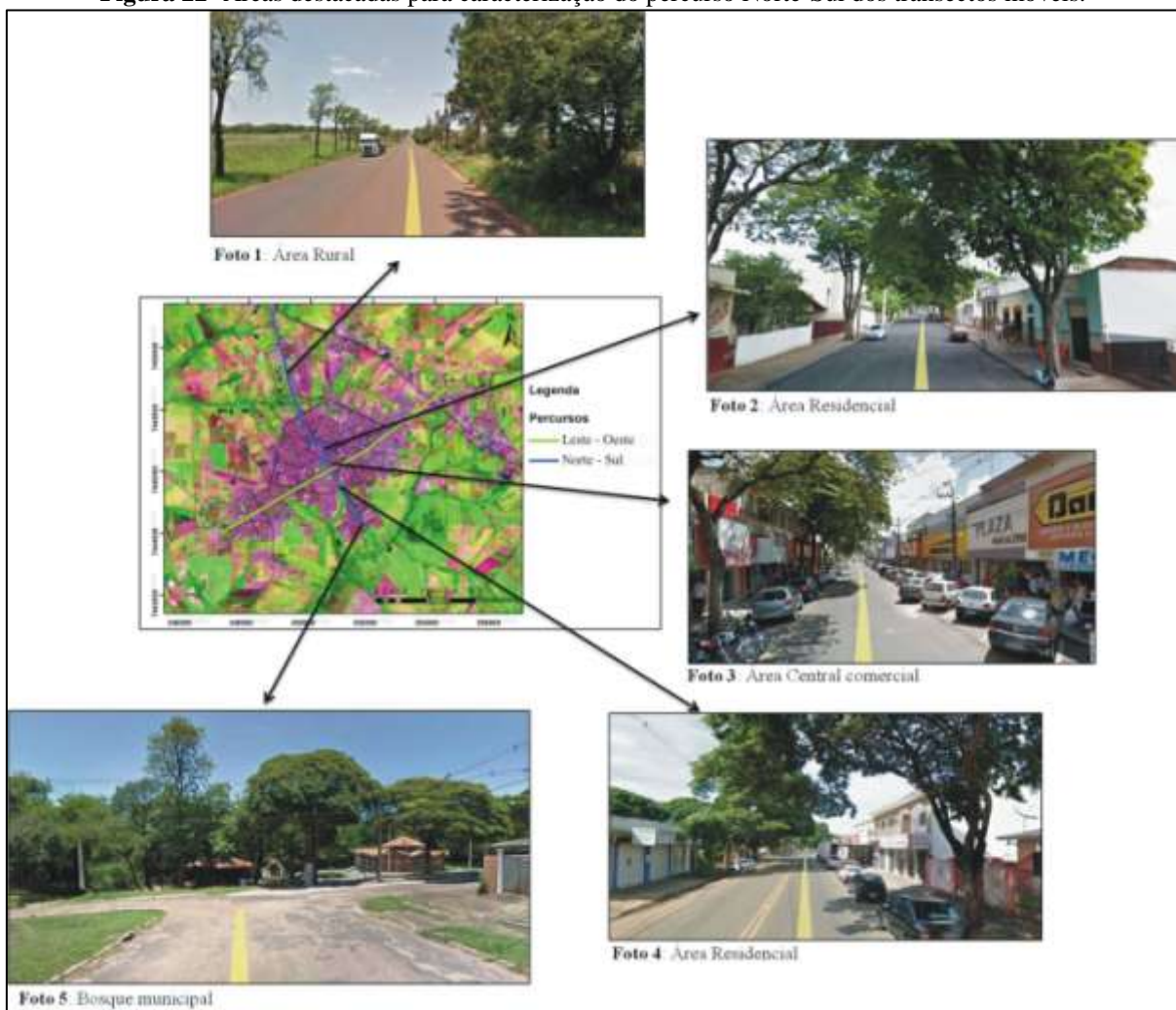


Fonte: Dados da pesquisa e Google Earth, acesso em março de 2014.

Já no percurso Norte-Sul, que se iniciava em torno de 21h35, o uso e a ocupação da terra é muito mais heterogêneo (Figura 22). Partindo-se do cruzamento entre a Rodovia Governador Ney Braga e a Avenida Gabriel Esperidião, tem-se o uso predominantemente rural, com vegetação rasteira e algumas criações de animais (Foto 1). Já na Rua Piauí que dá acesso ao centro da cidade, o uso misto entre residências e comércio é predominante e a vegetação arbórea é uma constante (Foto 2). A foto 3 apresenta a área central de Paranaíba, que conta com uso majoritariamente comercial e, se comparado ao restante da cidade, possui vegetação arbórea em menor número.

Já a foto 4 revela a Avenida Martin Luther King que ao se distanciar da região central da malha urbana, tem seu uso predominantemente residencial, com pequenos comércios de bairro e a vegetação arbórea nas calçadas é de grande quantidade e recobre todo o perímetro da rua. Por fim, a foto 5 apresenta o fim deste percurso, ocorrido sempre em torno de 21h50, e destaca o Bosque Municipal que se encontra no final da Avenida Martin Luther King, local este caracterizado pela presença maciça de árvores.

**Figura 22-** Áreas destacadas para caracterização do percurso Norte-Sul dos transectos móveis.



Fonte: Dados da pesquisa e Google Earth, acesso em: março de 2014.

Portanto, entende-se que mesmo sendo Paranavaí uma cidade de porte médio, é possível detectar em sua malha urbana distintas formas de uso e ocupação da terra, e que estas características, agregadas aos elementos e fatores ambientais, principalmente os atmosféricos e os de relevo, produzem diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ar. Para auxiliar na compreensão da intensidade das ilhas de calor, na sequência serão apresentadas as condições sinóticas ocorridas durante os dias de medições.

### **7.2 Análise das condições sinóticas nos dias de realização dos transectos móveis**

A caracterização das condições sinóticas encontradas durante os dias de coleta dos elementos climáticos em janeiro e julho de 2014 foi feita através dos registros da estação automática cedidos pelo SIMEPAR, localizado no ambiente rural de Paranavaí, também com

as imagens do satélite Goes disponibilizadas pelo CPTEC/INPE e as cartas sinóticas da Marinha do Brasil.

O trabalho de campo em Paranavaí, a fim de coletar os dados de temperatura e umidade relativa do ar no período de verão, ocorreu durante dois momentos distintos, uma vez que as condições sinóticas não foram ideais para que se fizesse uma única sequência. A seguir na figura 23, detalham-se as características dos elementos climáticos durante estes dias, sendo que estão dispostos em forma de gráfico de análise rítmica que permite a visualização da variação dos dados em relação aos sistemas atmosféricos atuantes. Destaca-se que a estação meteorológica de Paranavaí não possui registro de nebulosidade e por isso estas não estão representadas nos gráficos, no entanto através das imagens do satélite Goes é possível detectar visualmente a presença ou ausência de nuvens.

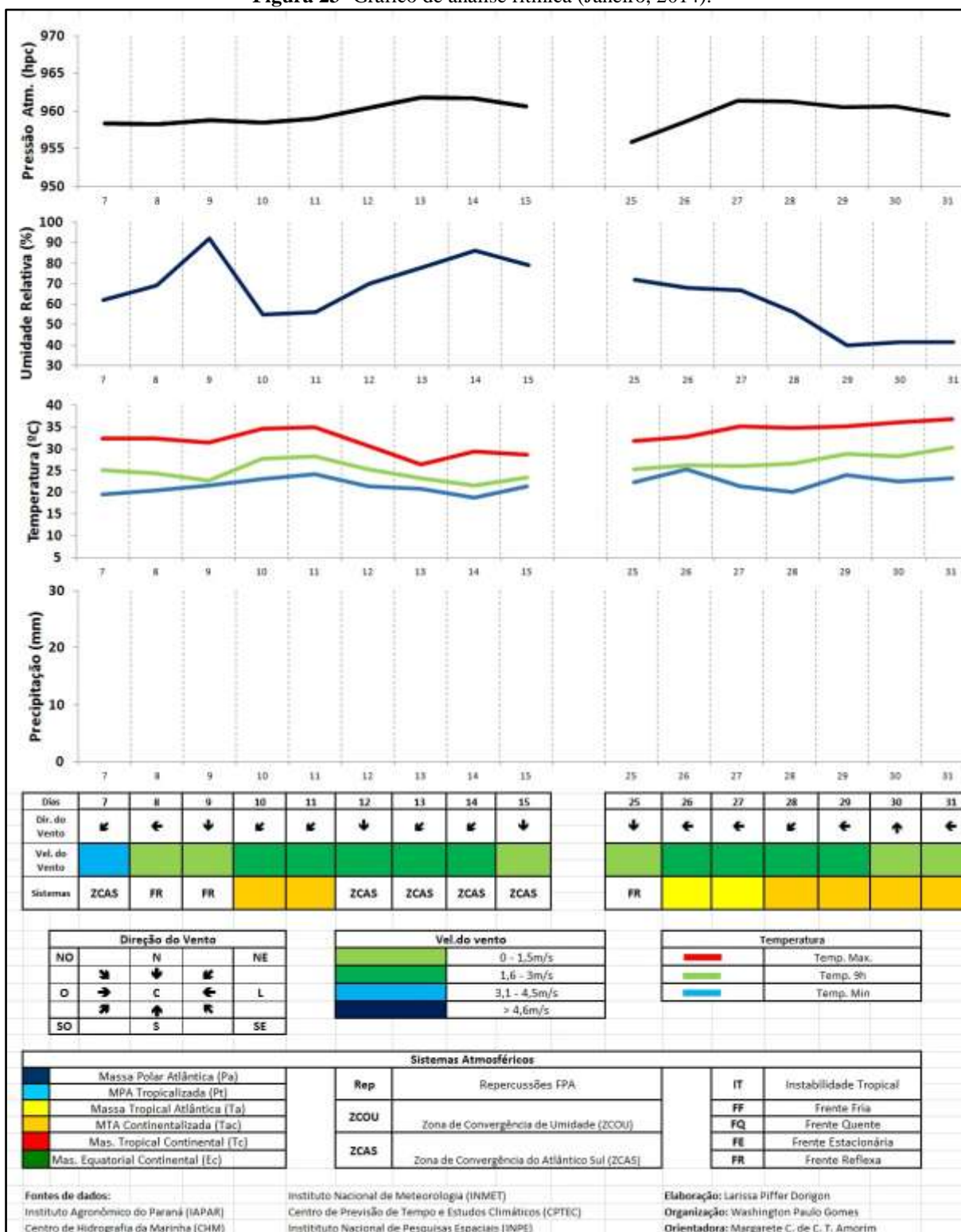
Usualmente, a análise rítmica é realizada para todo um mês, porém neste trabalho, devido a escolha por coletas móveis, optou-se por enfatizar um período de 3 dias antes e 3 após a efetivação dos transectos, possibilitando o entendimento da dinâmica atmosférica local no período.

Os três dias antecedentes ao período de tomada de temperatura e umidade foram caracterizados por forte instabilidade, principalmente no que se refere à nebulosidade. Além disso, especificamente no dia 7 os ventos foram mais fortes do que todos os outros, 3,7m/s, e a umidade relativa do ar no dia 9 também foi bastante alta, 92%. Esta instabilidade foi ocasionada primeiramente pela atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) no dia 7 e, posteriormente, com a diminuição de sua intensidade, a banda de nebulosidade foi reduzida e por isso, caracterizou-se como uma Frente Reflexa (FR).

Os primeiros dias de coleta foram 10, 11 e 12 de janeiro de 2014. Durante o dia 10 foi registrada pressão atmosférica média de 956,65hPa, a umidade relativa média do ar estava praticamente em 55%, enquanto que a temperatura teve uma amplitude térmica de 9,5°C, tendo o maior registro às 14h (32,9°C) e o menor às 3h e às 6h (23,4°C). Destaca-se que o vento predominante foi de sudoeste e que sua velocidade média foi de 1,85 m/s. De acordo com a imagem do satélite Goes, neste dia, Paranavaí apresentou céu limpo, com pouca presença de nebulosidade, caracterizando-se pela estabilidade atmosférica proporcionada pela Massa Tropical Atlântica Continentalizada (mTac), sendo que estas são consideradas adequadas para a manifestação do clima urbano.



Figura 23- Gráfico de análise rítmica (Janeiro, 2014).



Com a elevação da temperatura para a máxima de 34,1°C às 16h e a mínima de 24,5°C às 6h, a pressão atmosférica manteve-se constante, a umidade média caiu de forma sensível, para 49%, os ventos preservaram a mesma direção e a velocidade passou para 1,95m/s. Este

dia apresentou poucas nuvens, devido a uma frente fria instalada na região de Santa Catarina. Assim, o dia 11 de janeiro, apesar de ainda estar sob atuação da mTca, se caracterizou como intermediário para a coleta de dados, uma vez que a nebulosidade predominante ao longo de todo o dia não contribuiu para a completa estabilidade atmosférica.

Já no dia 12, a frente fria se aproximou ainda mais e encontrou-se com uma banda de nebulosidade oriunda do norte do país e assim, formou a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) causando maior nebulosidade em Paranavaí, aumento da pressão atmosférica (959,75hPa) e da umidade relativa (67%), além de queda nas temperaturas (máxima de 29,6°C e mínima de 21,6°C). A velocidade do vento foi somente 0,10m/s maior, possibilitando assim, como no dia anterior, a coleta de dados, mesmo que não em condições ideais.

Destaca-se que durante esses dias de medições não ocorreu precipitação e, mesmo os dias 11 e 12 não apresentando condições sinóticas ideais para a realização dos transectos móveis, estes possibilitaram a espacialização dos dados e mantiveram minimamente os padrões de diferenças termo-higrométricas, permitindo distintas aferições sobre as relações existentes entre os elementos climáticos e os atributos geoambientais e geourbanos em Paranavaí.

A não continuidade de medições ocorreu como dito anteriormente, devido à instabilidade atmosférica causada pela ZCAS nos dias 13, 14 e 15, sobretudo no que se refere a grande quantia de nuvens, conforme se verificou nas imagens do satélite Goes e o consequente aumento da umidade.

Durante o segundo período de trabalho de campo, entre os dias 28, 29 e 30 de janeiro de 2014, foram encontrados dias ideais para a tomada dos dados meteorológicos, visto que não ocorreu precipitação e a nebulosidade foi inexistente devido a presença marcante da mTac. Este período se iniciou no dia 28, com pressão atmosférica de 959 hPa, temperaturas menores, se comparado aos dias anteriores, máxima de 33,8°C às 16h e mínima de 20,6°C às 6h, umidade relativa média em 58%, direção do vento predominantemente de sudoeste e velocidade de 1,5 m/s.

Já no dia 29 foi mantida a mesma pressão e direção do vento, no entanto as temperaturas máxima e mínima se elevaram, passando para 33,8°C (17h) e 23,7°C (6h), respectivamente. A umidade média diminuiu para 43% e o vento foi considerado em estado de calmaria, em 0,70 m/s. Por fim, no dia 30, mantiveram-se praticamente as mesmas características do dia anterior, ocorrendo uma sutil elevação na temperatura máxima (35,15°C às 16h) e queda na umidade relativa média, 36%. Sendo assim, esses três últimos dias de

medições foram os que melhor representaram a estrutura termo-higrométrica de Paranavaí em escala detalhada.

Para finalizar esse período de análise, destaca-se que nos dias posteriores a realização dos transectos, as características atmosféricas mantiveram-se estáveis, basicamente idênticas aos dias anteriores, uma vez que até o dia 31 a Massa Tropical Atlântica Continentalizada continuou atuando.

Em julho de 2014, entre os dias 11 e 15, foi realizado o segundo trabalho de campo para a tomada da temperatura e umidade em Paranavaí, sendo este característico do período de inverno, portanto a análise rítmica foi realizada entre os dias 8 e 18 (Figura 24). Inicialmente, os dias 8 e 9 foram marcados pela instabilidade ocasionada pela passagem de uma Frente Fria, com alta cobertura de nuvens e 0,5 mm de precipitação no dia 9. Já no dia 10, a nebulosidade diminuiu significativamente e as temperaturas decresceram, caracterizando o primeiro dia de estabilidade proveniente da atuação da Massa Polar Atlântica (mPa).

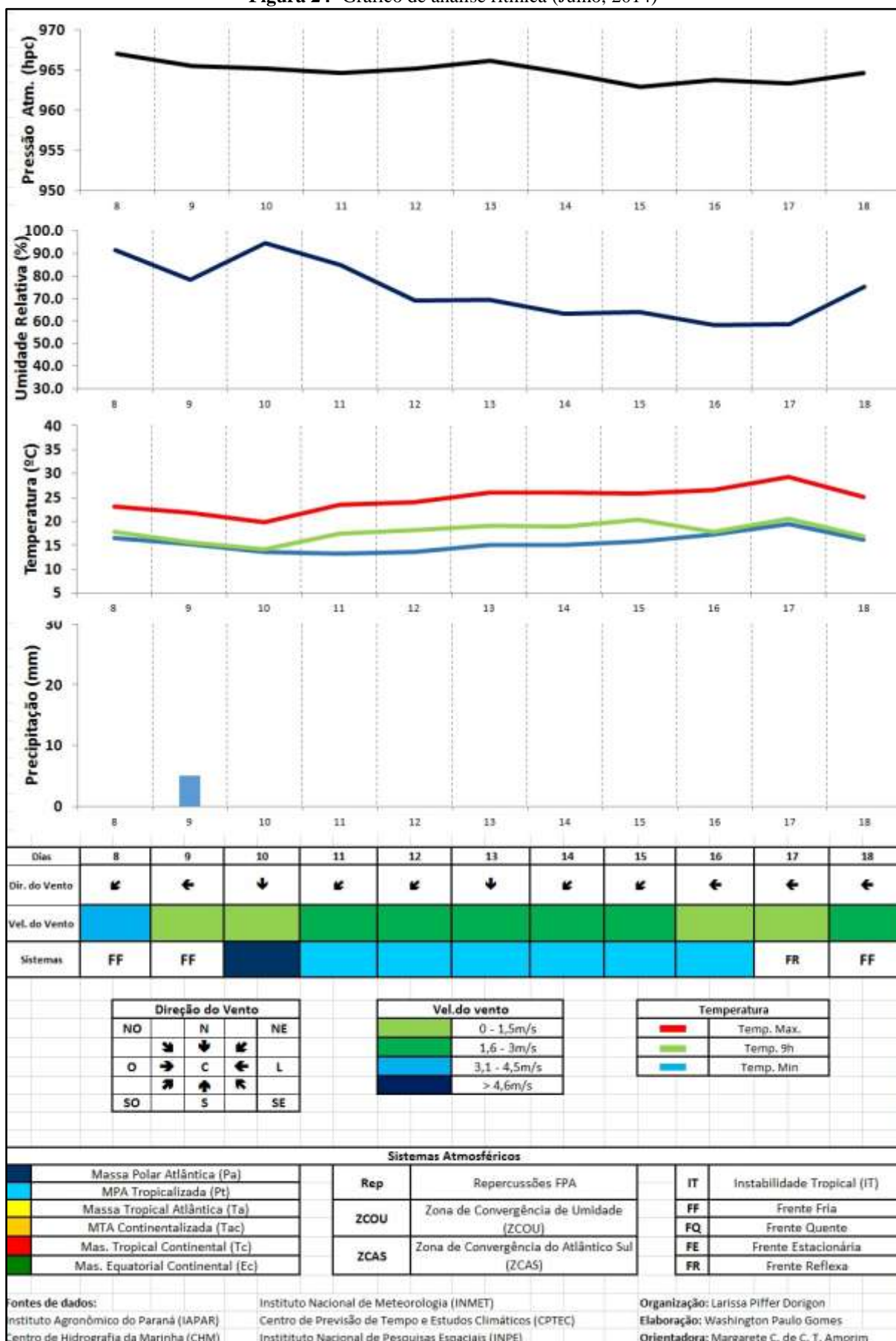
De modo geral, estes 5 dias apresentaram condições ideais para a realização dos transectos móveis, sobretudo pela não ocorrência de precipitação, ventos calmos e não presença de nuvens, características típicas da Massa Polar Atlântica Tropicalizada (mPat) que esteve em atuação. A seguir detalham-se as características diárias deste período.

Como pode ser observado na figura 24, se comparada com os dias anteriores, esta sequência de inverno apresentou temperaturas menores e pressões mais elevadas, no entanto os registros de umidade relativa e velocidade dos ventos mantiveram-se semelhantes. O primeiro dia de medição (11) foi o mais frio do período, com temperaturas variando entre 13,2°C (às 6h) e 23,6°C (às 16h). A umidade relativa média nesse dia foi alta, 85,1%, enquanto os ventos sopravam de leste com velocidade de 1,7m/s. Neste sentido, definiu-se este dia como ideal para a realização do transecto.

No dia 12, as temperaturas se elevaram em praticamente 0,5°C, sendo a máxima de 24,1°C (16h), a mínima de 13,5°C às (7h) e a média de 18,2°C. A umidade neste dia diminuiu (69%), e a pressão atmosférica se elevou para 965 hPa. Os ventos continuaram a soprar da mesma direção, porém com velocidade sensivelmente maior, 1,8m/s e não houve nebulosidade durante todo o dia. Foi neste dia que as diferenças térmicas e higrométricas foram maiores, em razão, sobretudo, da estabilidade.

No dia 13, as temperaturas subiram ainda mais passando a máxima para 26°C às 16h, a mínima para 15°C (7h). A pressão e a umidade se elevaram sensivelmente, 966,4hPa e 69%, respectivamente, enquanto os ventos mantiveram-se de leste, em 2,1m/s.

Figura 24- Gráfico de análise rítmica (Julho, 2014)



No tocante ao dia 14, destaca-se que as temperaturas aumentaram novamente, sendo a máxima de 26°C às 15h, a mínima de 15,1°C às 7h. Como a umidade relativa é inversamente proporcional à temperatura, neste dia ela diminuiu, passando para 63%, e também a pressão declinou para 964,7hPa. Estes dois dias foram os que apresentaram as menores diferenças térmicas e higrométricas, no entanto a espacialização destas ainda manteve o padrão.

No último dia de coleta, 15 de julho, as condições atmosféricas proporcionaram o desenvolvimento das distinções termo-higrométricas, sendo que este foi o segundo dia que apresentou as diferenças mais elevadas. No que se refere aos valores absolutos, notou-se que a temperatura máxima manteve-se igual ao dia anterior, 26°C (às 15h), enquanto a mínima e a média se elevaram, 15,9°C (8h) e 20,4°C, respectivamente. As umidades neste dia foram levemente mais altas, 64%, enquanto a pressão foi de 964,7hPa e os ventos continuaram de leste com velocidade de 3m/s. Destaca-se que nos dias 13, 14 e 15 não teve presença de nuvens.

Nos dias posteriores a realização dos transectos, notou-se que as características atmosféricas mantiveram-se estáveis no dia 16, com o mesmo padrão dos dias anteriores, visto que a Massa Polar Atlântica Tropicalizada continuou influenciando a região. No entanto, nos dias 17 e 18, a instabilidade voltou a atuar, primeiramente através de uma Frente Reflexa (17) que causou aquecimento pré-frontal e uma Frente Fria no dia 18, a qual elevou a umidade e as nuvens se fizeram presentes, além da diminuição da temperatura.

## 8 CARACTERÍSTICAS DA TEMPERATURA E UMIDADE DO AR POR MEIO DE TRANSECTOS MÓVEIS

Para este trabalho optou-se por realizar as medições em todos os quarteirões dos caminhos pré-definidos, o que totalizou 117 pontos medidos. Sendo assim, a seguir detalham-se as medições realizadas e relacionam-se a estas os condicionantes geoambientais e geourbanos, buscando explicar as diferenças termo-higrométricas detectadas no espaço intraurbano de Paranavaí.

### 8.1 Os transectos em episódios de verão

Os transectos de verão podem ser divididos em 2 períodos distintos, visto que foram realizados separadamente devido as condições atmosféricas. Inicialmente estes ocorreram entre os dias 10 e 12 de janeiro de 2014, sendo que no primeiro dia (10) o céu apresentava poucas nuvens e com ventos de baixa velocidade (0,9m/s) vindos de sul, ou seja, em boas condições para a realização dos transectos móveis, sob atuação da mTac, entretanto o segundo (11) e terceiro (12), como dito na caracterização atmosférica, não apresentaram as condições ideais, devido, principalmente, a grande quantidade de nuvens que perdurou ao longo dos dois dias. No entanto, no horário das 21h quando ocorreu a medição o céu estava limpo e por isso ainda é possível a análise dos dados, posto que o padrão detectado foi mantido.

Como pode ser observado na tabela 3, a maior diferença térmica foi obtida no dia 11 (4,7°C), porém no dia 10 a diferença de temperatura entre os pontos foi muito parecida (4,4°C). A diferença higrométrica foi maior no dia 10, com 5,1g/kg e 3,6g/kg no dia 11.

**Tabela 3-** Diferenças termo-higrométricas máximas e mínimas dos 3 primeiros dias do transecto móveis de verão (janeiro/2014)

DIAS	TEMP. MÁXIMA	TEMP. MÍNIMA	DIFERENÇA TÉRMICA	U.E. MÁXIMA	U.E. MÍNIMA	DIFERENÇA HIGROMÉTRICA
10	29.7 (°C)	25.3 (°C)	4.4 (°C)	19.1 (g/kg)	13.9 (g/kg)	5.1(g/kg)
11	31.6 (°C)	26.9 (°C)	4.7 (°C)	16.7 (g/kg)	13.2 (g/kg)	3.6 (g/kg)
12	27.7 (°C)	24.2 (°C)	3.5 (°C)	16.2 (g/kg)	14.7 (g/kg)	1.4 (g/kg)

Fonte: Trabalho de campo realizado em janeiro de 2014

Já no segundo período de medições, nos dias 28, 29 e 30, as condições atmosféricas estavam estáveis e propícias à realização dos transectos, com ventos fracos, levemente mais intensos no dia 28 (em média, 1,5 m/s). Não se observou a presença de nuvens e a insolação foi intensa durante todo o dia, sob atuação da mTca. Nota-se, de acordo com a tabela 4, que as

diferenças de temperatura ficaram a cima de 5°C nos dias 29 e 30, enquanto que as umidades específicas foram mantidas praticamente com os mesmo valores de diferenças dos dias anteriores.

**Tabela 4-** Diferenças termo-higrométricas máximas e mínimas dos 3 últimos dias do transecto móveis de verão (janeiro/2014)

DIAS	TEMP. MÁXIMA	TEMP. MÍNIMA	DIFERENÇA TÉRMICA	U.E. MÁXIMA	U.E. MÍNIMA	DIFERENÇA HIGROMÉTRICA
28	28.5 (°C)	26.2 (°C)	2.3 (°C)	15.2 (g/kg)	13.7 (g/kg)	1.5 (g/kg)
29	30.8 (°C)	25.4 (°C)	5.4 (°C)	14.2 (g/kg)	10.8 (g/kg)	3.4 (g/kg)
30	31.4 (°C)	25.9 (°C)	5.5 (°C)	14.6 (g/kg)	10.7 (g/kg)	3.9 (g/kg)

Fonte: Trabalho de campo realizado em janeiro de 2014

Ao espacializar e analisar os dados coletados em campo, notou-se que nos 6 dias o padrão detectado foi o mesmo, variando somente o valor absoluto de temperatura e umidade, porém as mais altas e baixas foram detectadas nos mesmos pontos, como pode ser observado nas figura 25, 26 e 27. A concentração de temperaturas mais elevadas e umidades mais baixas foram registradas na região considerada como o centro urbano de Paranavaí. Nesta área existe maior adensamento de construções, além de intensa circulação de veículos e pessoas, enquanto que as temperaturas mais baixas e umidades mais altas foram registradas nos fundos de vales vegetados, especialmente encontrados no percurso Norte-Sul, na região de transição entre o ambiente rural e o urbano.

O percurso (Leste-Oeste) caracterizou-se pela homogeneidade, tanto no que se refere às representações de usos e ocupações da terra, como ao relevo, sendo que as cotas altimétricas ficaram entre 464 e 478 metros de altitude. Essas características resultaram em variações menores nas temperaturas e umidades específicas, sendo que as máximas diferenças termo-higrométricas foram detectadas no dia 11, 2,1°C e 2,5g/kg, respectivamente, entre os pontos extremos.

Figura 25- Paranavaí: Temperatura e umidade específica do ar às 21h – 10 e 11/01/2014

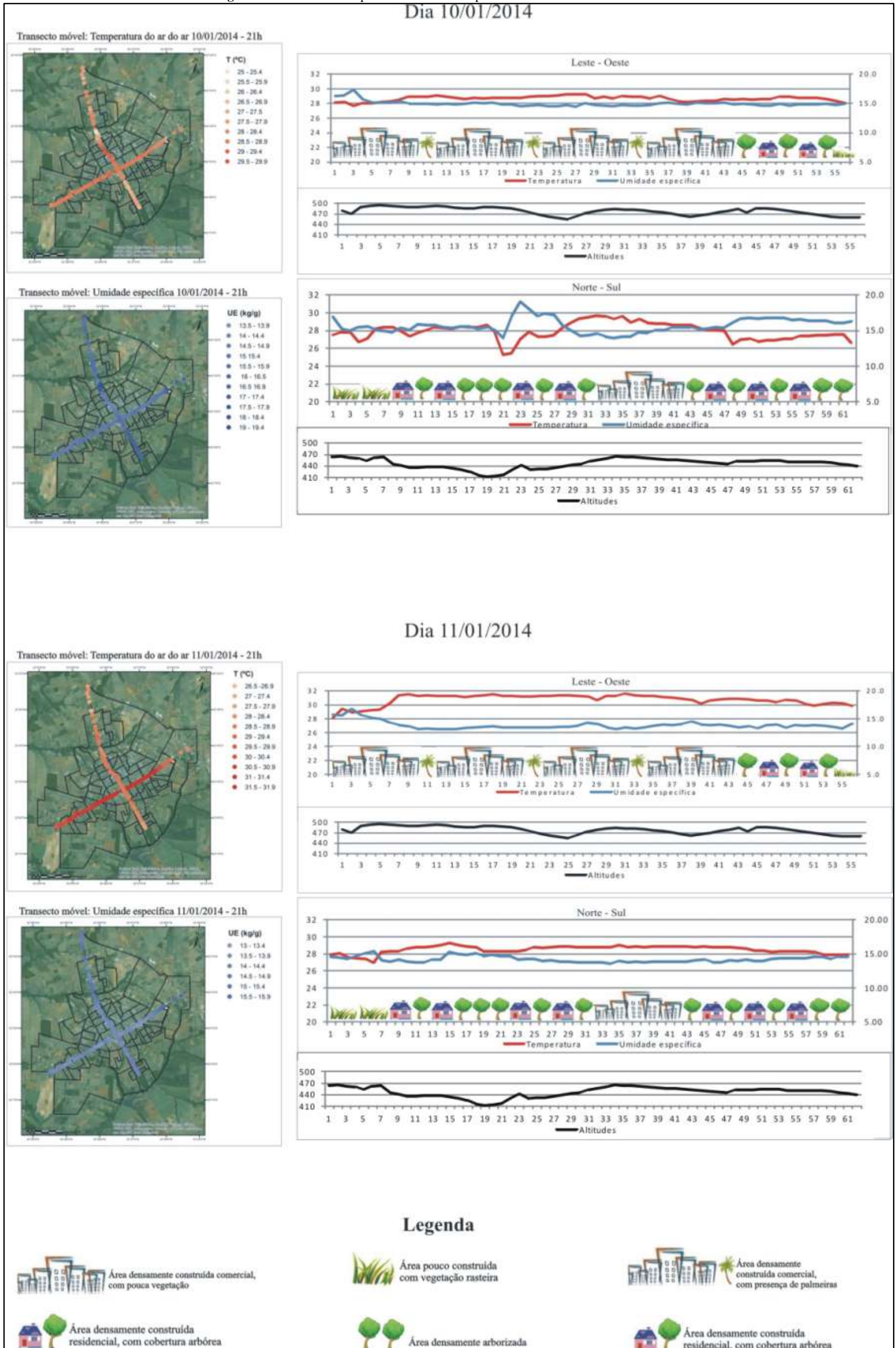




Figura 26- Paranavaí: Temperatura e umidade específica do ar às 21h – 12 e 28/01/2014

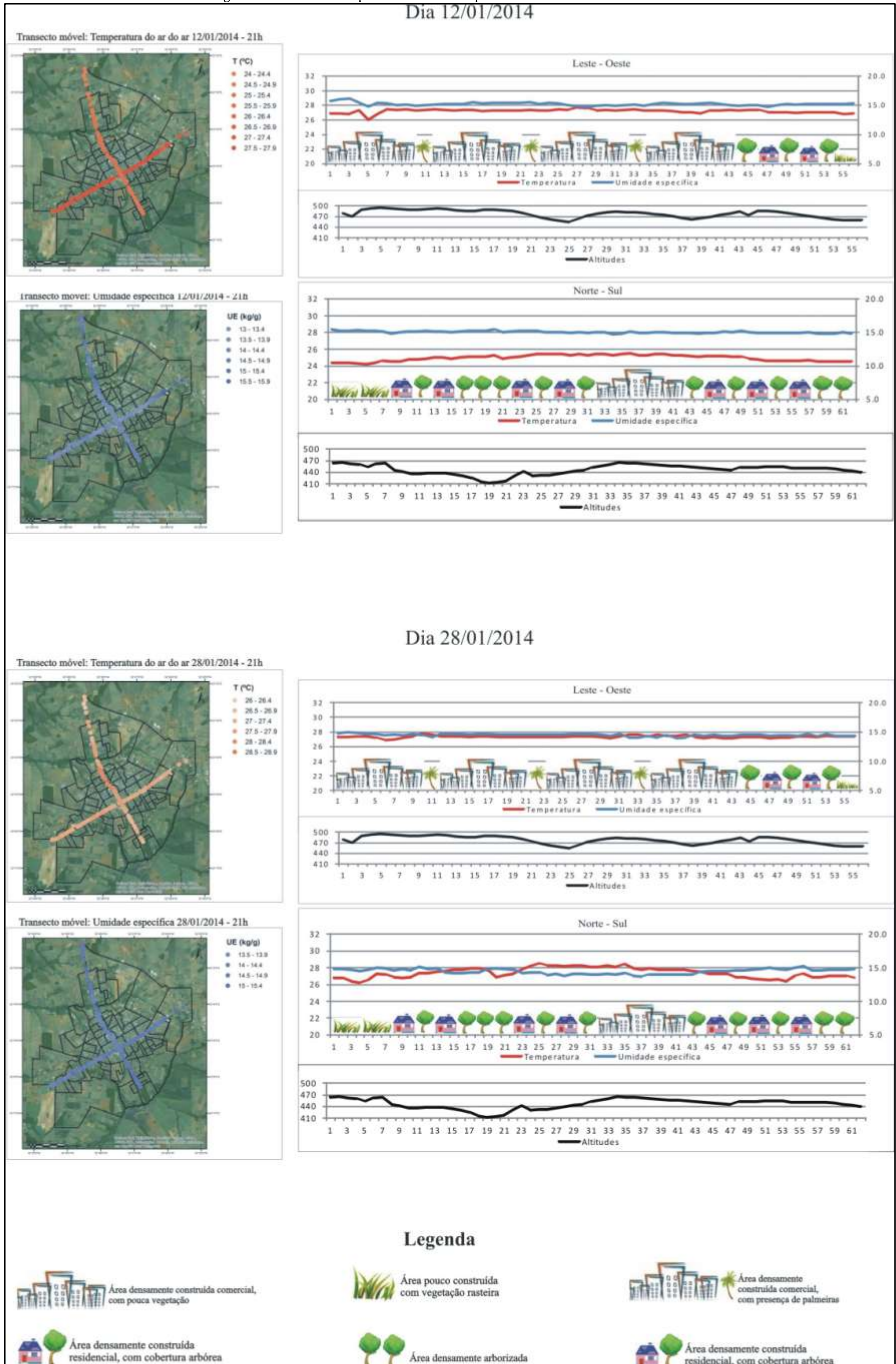
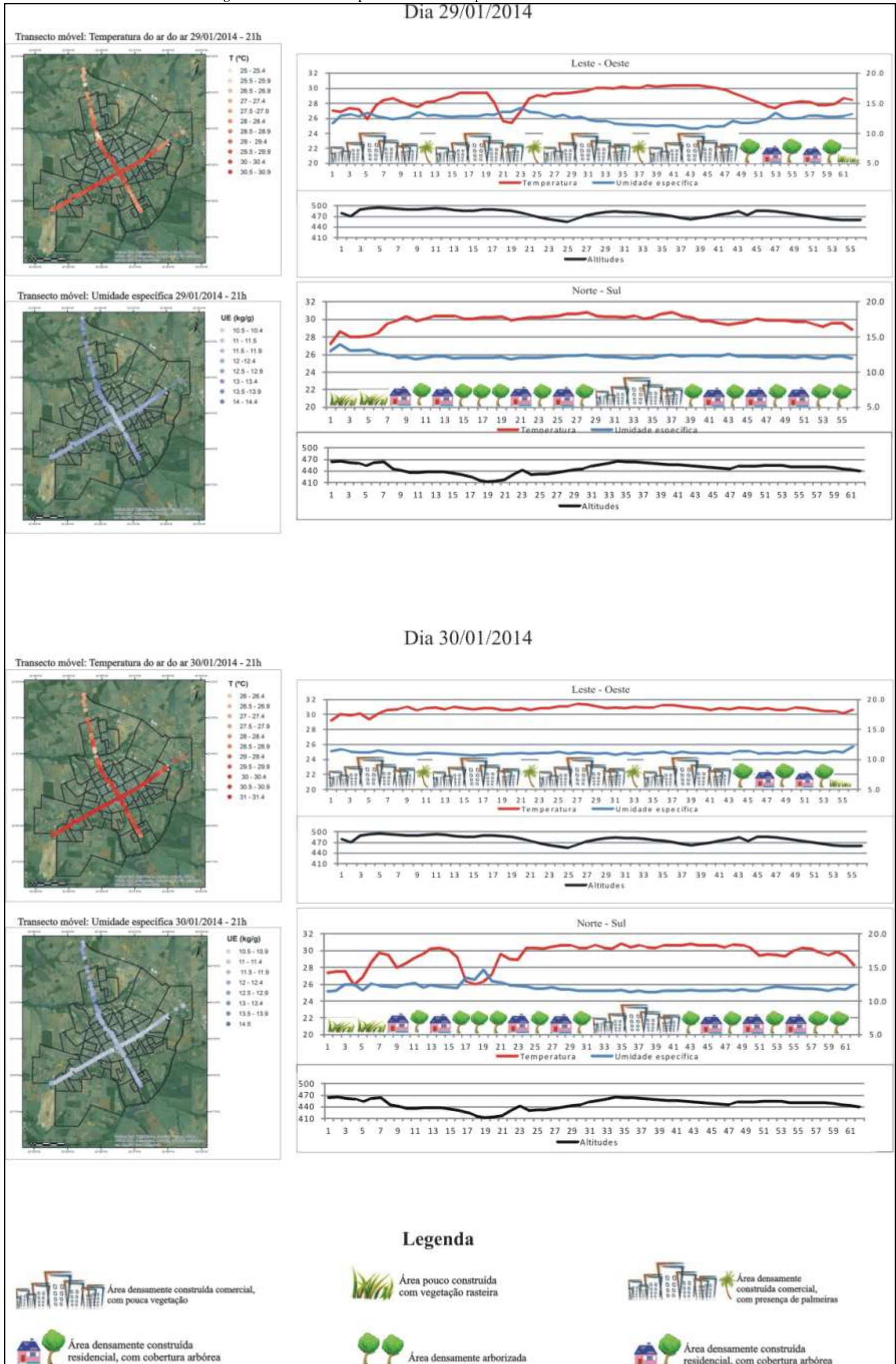


Figura 27- Paranavaí: Temperatura e umidade específica do ar às 21h – 29 e 30/01/2014



No primeiro ponto deste percurso, na rodovia de acesso à cidade (início da Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado), foram registradas temperaturas consideradas entre amenas e médias. Nesta área, havia alta densidade de construções, entretanto, logo na sequência a existência de um vazio urbano com lotes não ocupados, mesmo sendo este pequeno, foi suficiente para diminuir a temperatura em até  $0,6^{\circ}\text{C}$ , como ocorrido no dia 29 quando as temperaturas passaram de  $28,6^{\circ}\text{C}$  para  $28^{\circ}\text{C}$ .

A partir do segundo ponto as temperaturas começaram a se elevar, mantendo o aumento sempre acima de  $1^{\circ}\text{C}$ , sendo que no dia 11 a elevação foi de  $2,2^{\circ}\text{C}$  e inversamente, as umidades específicas diminuíram em torno de  $2\text{g/kg}$ , chegando a atingir  $31,6^{\circ}\text{C}$  (o maior registro do período de verão) e  $13,6\text{g/kg}$  no ponto 25 também no dia 11. Tais valores foram registrados no centro de Paranavaí, no cruzamento com a Rua Souza Naves, onde os dois percursos se cruzavam (Leste-Oeste e Norte-Sul). Nesta área ocorreu o predomínio de construções com usos comerciais, além de a vegetação ser somente de palmáceas, espécie que não contribui para amenizar as altas temperaturas.

Já entre os pontos 38 e 44 da mesma avenida, as temperaturas registradas diminuíram em torno de  $0,5^{\circ}\text{C}$ , enquanto que as umidades elevaram-se aproximadamente  $0,3\text{g/kg}$  ou mantiveram-se estáveis. Atribui-se essa oscilação a mudança na estrutura urbana local, uma vez que a partir desse ponto mesclaram-se os usos residenciais e comerciais, e o mais importante, a vegetação passou a ser constituída de espécies arbóreas com copas amplas.

Entre os pontos 45 e 55 detectou-se elevação das temperaturas e queda das umidades, devido, essencialmente, a diminuição da quantidade de vegetação arbórea no canteiro central da avenida e a mudança para grandes lotes vazios. Estes lotes apesar de não contarem com edificações também não possuíam árvores somente vegetação rasteira ou solo exposto. Por fim, no ponto 56 detectou-se ligeira diminuição de temperaturas, em torno de  $0,4^{\circ}\text{C}$  e aumento de umidade de  $0,2\text{g/kg}$  aproximadamente, fato explicado pela entrada na área rural do município.

No tocante ao perfil Norte-Sul, como pode ser observado nas figuras 25, 26 e 27, destaca-se a heterogeneidade ali encontrada com usos e ocupações diversos da terra e as altitudes apresentando diferença de 55 metros entre o ponto mais alto e o mais baixo do percurso. Essas características resultaram em diferença de temperatura de até  $4,8^{\circ}\text{C}$  no dia 30, com valores absolutos de  $30,8^{\circ}\text{C}$  (maior registro do percurso para este período) e  $25,9^{\circ}\text{C}$  no mesmo dia. A maior diferença de umidade foi de  $5,1\text{g/kg}$ , além de que como pode ser observado nas figuras, os perfis de uso e ocupação foram diversos.

O transecto teve seu início na área rural com predomínio de uso agrícola e cobertura de pastagem. Os registros de temperaturas nesse local foram menores do que os detectados no início do percurso anterior, sendo que este apresentou os segundos menores valores de temperatura e maiores de umidade de todo o percurso. Os próximos dois pontos apresentaram o mesmo padrão, no entanto nos pontos 4 e 5 ocorreu a diminuição de praticamente 1°C de temperatura e elevação de 0,1g/kg de umidade, fato atribuído a diminuição da cota altimétrica em 10m, além da presença de um pequeno espaço contínuo de vegetação às margens da avenida.

Na sequência, os pontos 6, 7 e 8 apresentaram temperaturas mais elevadas (aproximadamente 0,7°C, chegando a atingir 1°C de elevação nos dias 29 e 30) e umidade em declínio (em torno de 0,4g/kg) devido, sobretudo, as características de uso e ocupação da terra que continuaram a ser rurais, com destaque para solos expostos ou pastagem.

A partir do ponto 9, notou-se que o uso e a ocupação da terra, predominante, não foram mais os voltados as atividades agrícolas, mas sim aos usos e ocupações urbanas ainda que não em grande densidade de construções. Teoricamente os pontos 9 e 10 deveriam apresentar maiores temperaturas e menores umidades se comparados aos anteriores, porém isso não aconteceu devido a uma pequena queda de altitude e a presença maciça de vegetação arbórea na margem esquerda da avenida, local por onde o carro passou. Ou seja, as árvores nesses dois pontos foram determinantes para ocorrência de temperaturas mais amenas.

Do ponto 11 até o 19 as características urbanas foram similares, com a presença de residências e vegetação arbórea. Nesses pontos, as temperaturas se elevaram e as umidades específicas diminuíram quando comparadas aos pontos anteriores. Entretanto, estas se mantiveram padronizadas até o ponto 20, no qual ocorreu uma queda brusca das temperaturas e aumento das umidades.

Os pontos 20, 21 e 22 revelaram diretamente a influência do relevo como condicionante geocológico nas diferenças térmicas e higrométricas dos espaços intraurbanos. A carta de hipsometria mostrou que na região dos pontos 18, 19 e 20 a altitude foi a menor detectada dentro da malha urbana de Paranaíba (entre 412m e 417m), pois ali se encontrava um fundo de vale. Somado a isso, de acordo com a carta de uso e ocupação da terra, confirmou-se que os corpos d'água em Paranaíba contavam com a vegetação nas suas margens protegidas, ou seja, esses pontos (18, 19 e 20) possuíam cotas altimétricas baixas e cobertura vegetal arbórea densa.

Destaca-se que devido ao pequeno atraso na sensibilidade de captação de temperatura e umidade que possui o sensor, a resposta das características supracitadas foi expressa nos pontos conseguintes, ou seja, nos pontos 20, 21, 22 e 23. O ponto 22 apresentou as menores temperaturas de todas as cartas, declinando  $0,2^{\circ}\text{C}$  do ponto anterior, as maiores umidades foram detectadas no ponto 23, sendo a máxima desse período de verão de  $19,1\text{g/kg}$ , coletada no dia 10.

Desse ponto até o número 43, as temperaturas aumentaram gradativamente até se estabilizariam em torno de  $0,5^{\circ}\text{C}$  e as umidades reduziram-se, devido às características de alta densidade construtiva e pouca presença de vegetação no centro da cidade. Foi dentro desta série que se estabeleceu o maior registro de temperatura e o menor de umidade específica do percurso,  $29,3^{\circ}\text{C}$  e  $10,8\text{g/kg}$ , respectivamente, em pontos nas proximidades da Avenida Deputados Heitor de Alencar Furtado. Destaca-se que esses valores também foram detectados no percurso Leste-Oeste, na mesma região de cruzamento entre as duas avenidas e que estes foram os registros mais extremos, detectados no dia 10.

Deste ponto em diante os valores das temperaturas diminuíram e os das umidades aumentaram. Nota-se que o perfil de uso e ocupação da terra também foi diferenciado, uma vez que esta área estava mais afastada da região central de Paranavaí com predomínio de uso residencial com vegetação arbórea de grande porte.

Por fim, o último ponto de coleta de dados meteorológicos foi o portão de entrada do Bosque Municipal, e por isso, as temperaturas decresceram em média  $1^{\circ}\text{C}$  e as umidades se mantiveram estáveis ou decresceram  $0,2\text{g/kg}$ , fato explicado pela presença maciça de vegetação no local e sem edificações.

## **8.2 Os transectos em episódios de inverno**

Os transecto característicos de inverno ocorreram entre os dias 11 e 15 de julho de 2014. Desta vez foram realizadas medições em dias consecutivos, sendo que estes apresentaram condições excelentes (estabilidade climática) para a tomada de dados e, evidentemente, apresentaram registros absolutos de temperaturas e umidades mais baixos quando comparados ao verão.

Como podem ser observadas na tabela 5, as diferenças termo-higrométricas foram menores, variando entre  $1,5^{\circ}\text{C}$  e  $2^{\circ}\text{C}$  e  $0,5\text{g/kg}$  e  $1\text{g/kg}$ , respectivamente. No entanto, cabe

ressaltar o dia 13, no qual foi registrada distinção térmica de 4,9°C entre um ponto no centro de Paranavaí e o ponto referente ao fundo de vale vegetado já destacado anteriormente.

Os dias em que ocorreram as medições de inverno apresentaram-se similares aos padrões dos transectos de verão (Figuras 25, 26 e 27), no entanto foi possível também notar algumas diferenciações, com destaque para o dia 11 no qual as maiores temperaturas não ocorreram no percurso Leste-Oeste, mas sim no Norte-Sul, como pode ser observado nas figuras 28, 29 e 30.

**Tabela 5-** Diferenças termo-higrométricas máximas e mínimas dos transectos móveis de inverno (julho/2014)

<b>DIAS</b>	<b>TEMP. MÁXIMA</b>	<b>TEMP. MÍNIMA</b>	<b>DIFERENÇA TÉRMICA</b>	<b>U.E. MÁXIMA</b>	<b>U.E. MÍNIMA</b>	<b>DIFERENÇA HIGROMÉTRICA</b>
<b>11</b>	18.4 (°C)	16.9 (°C)	1.5 (°C)	9.9 (g/kg)	9.2 (g/kg)	0.7 (g/kg)
<b>12</b>	19.4 (°C)	16.8 (°C)	2.6 (°C)	10.8 (g/kg)	9.9 (g/kg)	0.9 (g/kg)
<b>13</b>	20.4 (°C)	15.5 (°C)	4.9 (°C)	11.0 (g/kg)	9.1 (g/kg)	1.8 (g/kg)
<b>14</b>	19.9 (°C)	18.1 (°C)	1.8 (°C)	10.3 (g/kg)	9.6 (g/kg)	0.8 (g/kg)
<b>15</b>	21.4 (°C)	19.3 (°C)	2.1 (°C)	10.4 (g/kg)	9.9 (g/kg)	0.5 (g/kg)

Fonte: Trabalho de campo realizado em julho de 2014

Especificamente a respeito do percurso Leste-Oeste aferiu-se que o primeiro ponto, com características rurais, apresentou temperaturas entre os valores médios de registro quando comparadas aos outros pontos. A partir de então, até o ponto 40, as temperaturas foram mais altas e as umidades específicas diminuíram gradativamente. As temperaturas elevaram-se em torno de 1,5°C em todos os dias, atingindo o registro máximo de 21,4°C em 3 pontos no centro da cidade de Paranavaí no dia 15, enquanto as umidades mantiveram-se estáveis ou decresceram aproximadamente 1g/kg, com registro mínimo de 6,1g/kg nos mesmos pontos e dias.

Afastando-se da área central da cidade, tendo como principais características a diminuição da densidade de construções e a substituição das palmáceas por vegetação arbórea com copas largas, as temperaturas diminuíram em torno de 0,3°C enquanto as umidades se estabilizaram completamente, tendo como destaque novamente, os dois últimos pontos que devido a proximidade com o a área rural apresentaram temperaturas amenas e umidades mais elevadas.

Figura 28- Paranavaí: Temperatura e umidade específica do ar às 21h – 11 e 12/07/2014

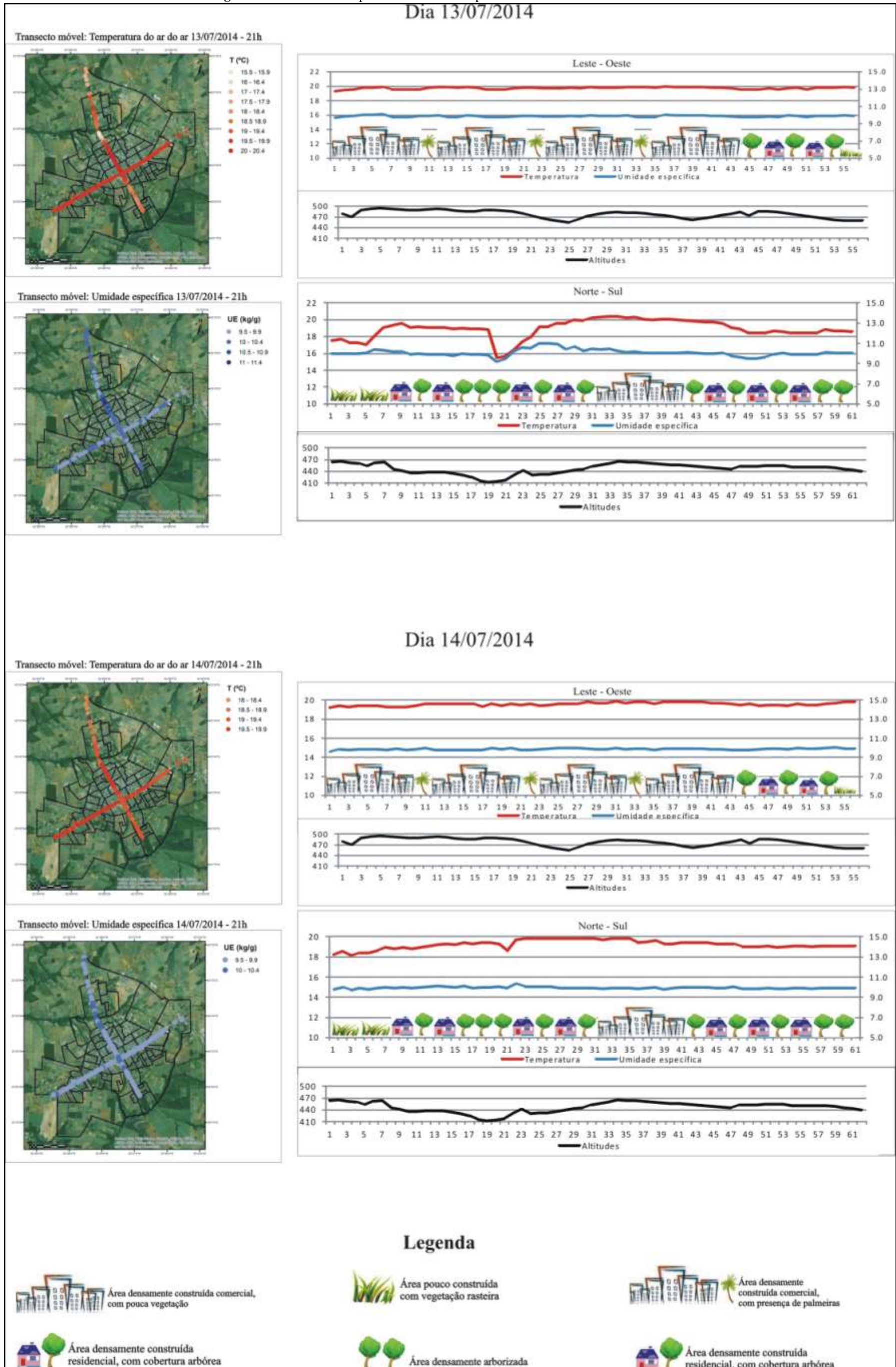


Figura 29- Paranavaí: Temperatura e umidade específica do ar às 21h – 13 e 14/07/2014

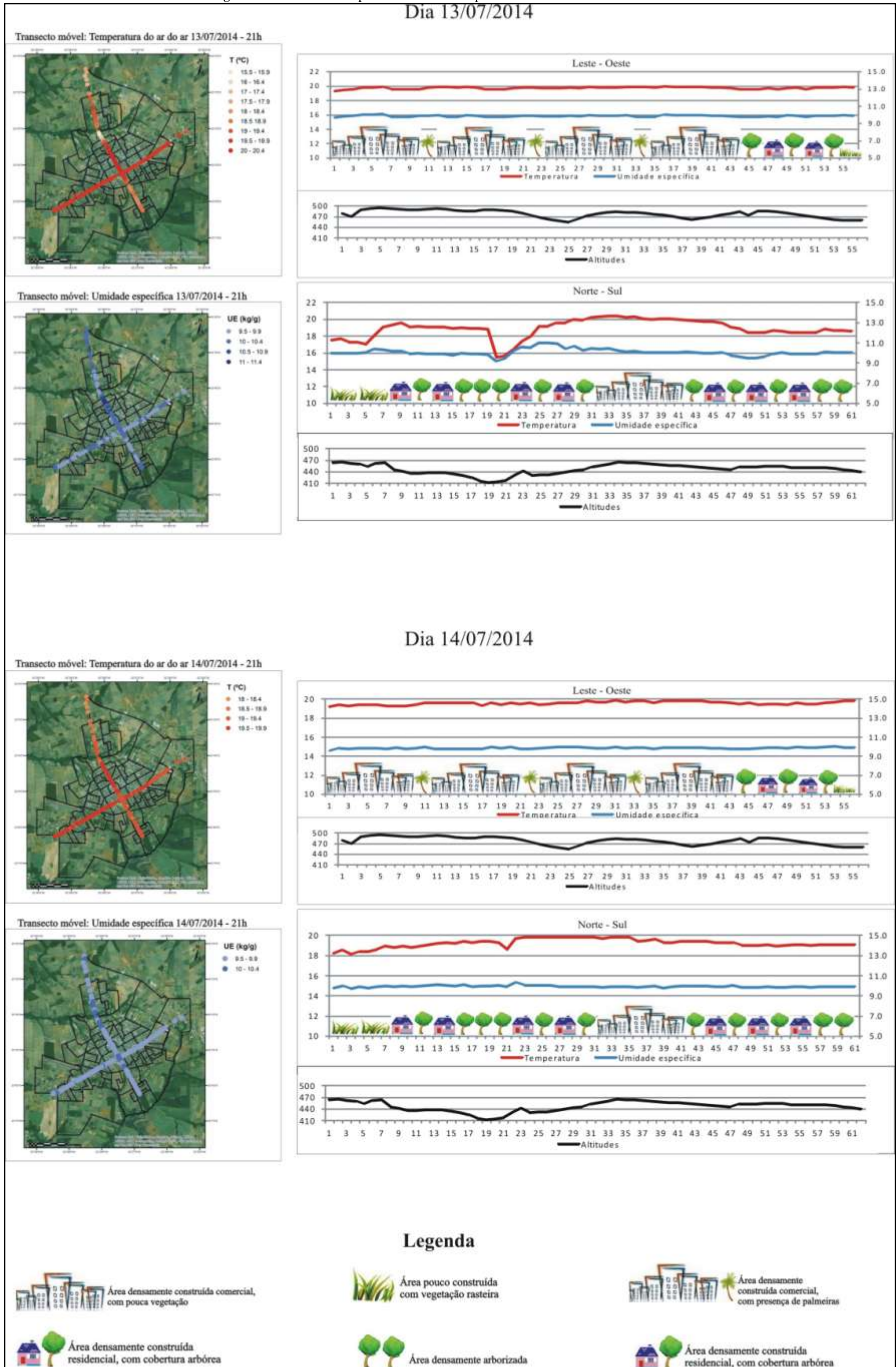
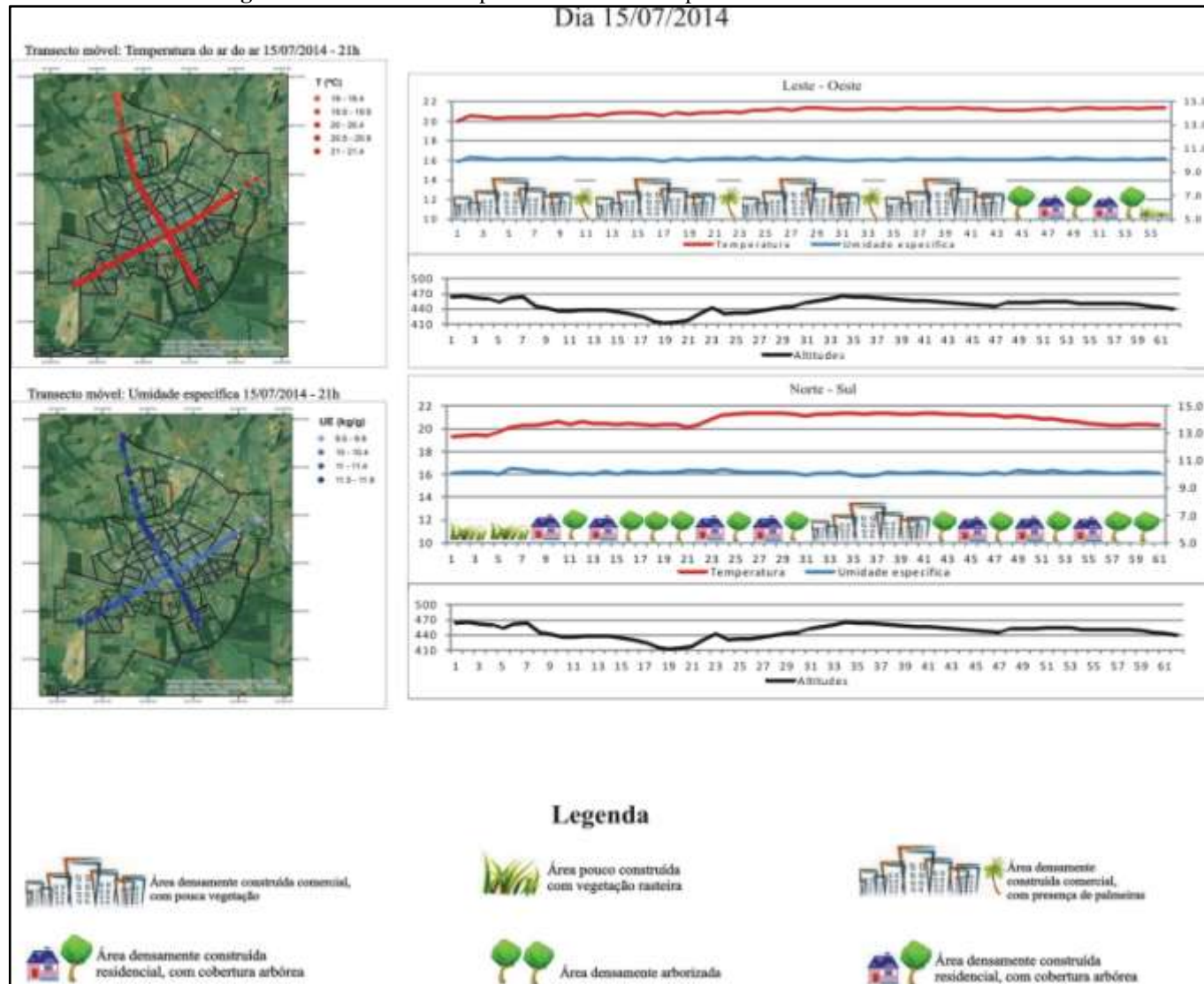




Figura 30- Paranaíba: Temperatura e umidade específica do ar às 21h – 15/07/2014



No tocante ao perfil Norte-Sul, o destaque se faz ao dia 11 que, diferentemente dos outros dias, neste percurso apresentou as maiores temperaturas além das maiores diferenças térmicas e higrométricas, sendo a máxima distinção térmica de  $1,8^{\circ}\text{C}$  e a higrométrica de  $0,7\text{g/kg}$ . Assim como nos episódios de verão, como pode ser observado nas figuras 32 e 33, os 5 primeiros pontos dessa medição apresentaram temperaturas amenas em razão, sobretudo, da proximidade com a área rural.

Na sequência, entre os pontos 6 e 43 a temperatura se elevou significativamente e as umidades diminuíram, exceto entre os pontos 20 e 23 que foram influenciados pelo relevo do fundo de vale e pela alta densidade vegetacional e por isso, tiveram queda de  $0,2^{\circ}\text{C}$  de temperatura enquanto a umidade se manteve estável ou  $0,2\text{g/kg}$  mais elevada. Partindo para o final do percurso, da mesma maneira dos dias de verão, os registros de temperaturas diminuíram cerca de  $0,2^{\circ}\text{C}$ .

Vários são os pontos interessantes a serem destacados nestes perfis e nos padrões detectados. Neste momento, como uma aproximação ao entendimento da influência dos atributos geoambientais, em especial o relevo, serão destacadas a série de pontos que apresentou a variação das altitudes em relação às temperaturas das proximidades ao fundo de vale vegetado encontrado no percurso Norte-Sul.

Dentro dos dois percursos do transecto esta foi a série de dados que apresentou maior variação de altitudes em um menor espaço percorrido, por isso ficaram evidentes também as oscilações de temperatura. As altitudes ficaram entre 464m e 412m, sendo o ponto 18 o mais baixo. No tocante às temperaturas, estas também variaram significativamente, e por isso, merecem o destaque.

De forma inicial ficou evidente a maior variabilidade de temperatura durante os dias de verão (janeiro), tendo como diferença máxima  $-2,9^{\circ}\text{C}$  entre os pontos 16 e 17 no dia 30, no entanto o comportamento deste dia de transecto não seguiu o padrão detectado e por isso não será utilizado para esta análise. No episódio de inverno (julho) as diferenças entre um ponto e outro, nesta série, foram mais estáveis, porém no dia 13 foi detectado  $-3,3^{\circ}\text{C}$  entre o ponto 19 e 20, devido, essencialmente, a diminuição de altitude do relevo.

Com estes recortes apreende-se a estrita relação entre o relevo e a temperatura, demonstrando que quanto menor a altitude, menor também os registros térmicos. Os primeiros pontos do percurso Norte-Sul, estavam em uma altitude de 465m, do ponto 4 ao 6 notou-se que o relevo se elevou e as diferenças de temperaturas seguiram o mesmo padrão, a

partir de então as altitudes diminuiram levemente até o ponto 15, quando iniciou-se a vertente de maior destaque dos percursos.

Especificamente o ponto 18 foi o de menor altitude (53m a menos do que o ponto 1), no entanto a resposta de temperatura ocorreu, principalmente entre os pontos 19 e 20, nos quais foi possível detectar queda térmica de até  $-3,3^{\circ}\text{C}$ , devido ao acúmulo de ar frio e denso que ocorre nos fundos de vales, sobretudo no período noturno, quando foram realizadas as medições.

Na sequência identificou-se que o relevo novamente se elevou e as temperaturas também, uma vez que as diferenças a partir do ponto 20, em muitos dias passaram a ser positivas. Sendo assim, confirma-se a influência do relevo na configuração de diferentes campos térmicos e esta série de dados, por não apresentar grandes distinções no uso e ocupação da terra, foi uma excelente exemplificação.

## 9 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA TERMOGRAFIA DA SUPERFÍCIE DE PARANAÍ.

As cidades ganham, atualmente, cada vez mais habitantes e se constituem no principal modo de vivência humana, devido à concentração de atividades e serviços nelas encontrados. Neste sentido, o aumento da população acontece na proporção do crescimento de áreas edificadas a fim de suprir a demanda básica do contingente de pessoas introduzidas em espaços reservados para habitação, comércio, serviços e indústrias.

Muito vem sendo produzido e pesquisado no que se refere aos impactos causados pelos processos de crescimento populacional e expansão das cidades, visto que em sua maioria, estas não são organizadas e planejadas adequadamente, são somente deixadas à mercê do mercado imobiliário ou de “jogos” políticos.

De acordo com Cavalheiro e Del Picchia (1992) as cidades, ao serem analisadas em sua estruturação física, são basicamente constituídas por espaços de construções (habitação, indústrias, escolas, hospitais, etc.), espaços livres (praças, parques, etc.) e espaços que unem e interligam ambos, os de interação urbana (rodovias, ferrovias, ciclovias, etc.). Ainda segundo os autores, para a manutenção de um equilíbrio é necessário que exista uma proporcionalidade entre estes espaços, entretanto, nota-se que dentro das cidades, poucos são os espaços livres encontrados.

Como dito anteriormente, Paranavaí em seu início foi planejada para ser um nó urbano da rede de cidades do Norte do Paraná, no entanto com o passar dos anos e, sobretudo, após 1960 surgiram loteamentos de formas e tamanhos variados que pela falta de critérios em relação ao planejamento inicial, deixou o traçado urbano com uma aparência de “Colcha de Retalhos”, chamado assim no Plano Diretor de 1994.

Com o avanço das técnicas de sensoriamento remoto, a análise da superfície terrestre vem tornando-se cada vez mais eficiente e detalhada. Além disso, com a continuidade da série de satélites, como o projeto Landsat, a detecção e análise histórica vêm sendo uma possibilidade para muitas pesquisas.

Baseado nisso, este capítulo evidencia os resultados obtidos na busca de identificar a influência exercida pelos diferentes usos e ocupações da terra ao longo dos anos na estrutura térmica da superfície urbana de Paranavaí. Apresentam-se aqui as cartas de temperatura da superfície que permitiram a comparação das temperaturas entre a zona rural e urbana de Paranavaí, além da confrontação entre os diversos bairros da cidade. Sendo assim, a comparação de dois períodos distintos através do sensoriamento remoto, com intervalo de 12

anos, foi considerado o procedimento adequado encontrado para a discussão do desenvolvimento térmico da superfície de Paranavaí.

Somado a essas cartas, a fim de relacionar os condicionantes geoambientais e geourbanos, também foram elaboradas cartas de uso e ocupação da terra e de NDVI. Essa correlação possibilitou a interpretação das modificações termais intraurbanas através das transformações da estrutura urbana de Paranavaí, principalmente em analogia à criação ou consolidação de novos loteamentos, além do crescimento ou retirada de vegetação.

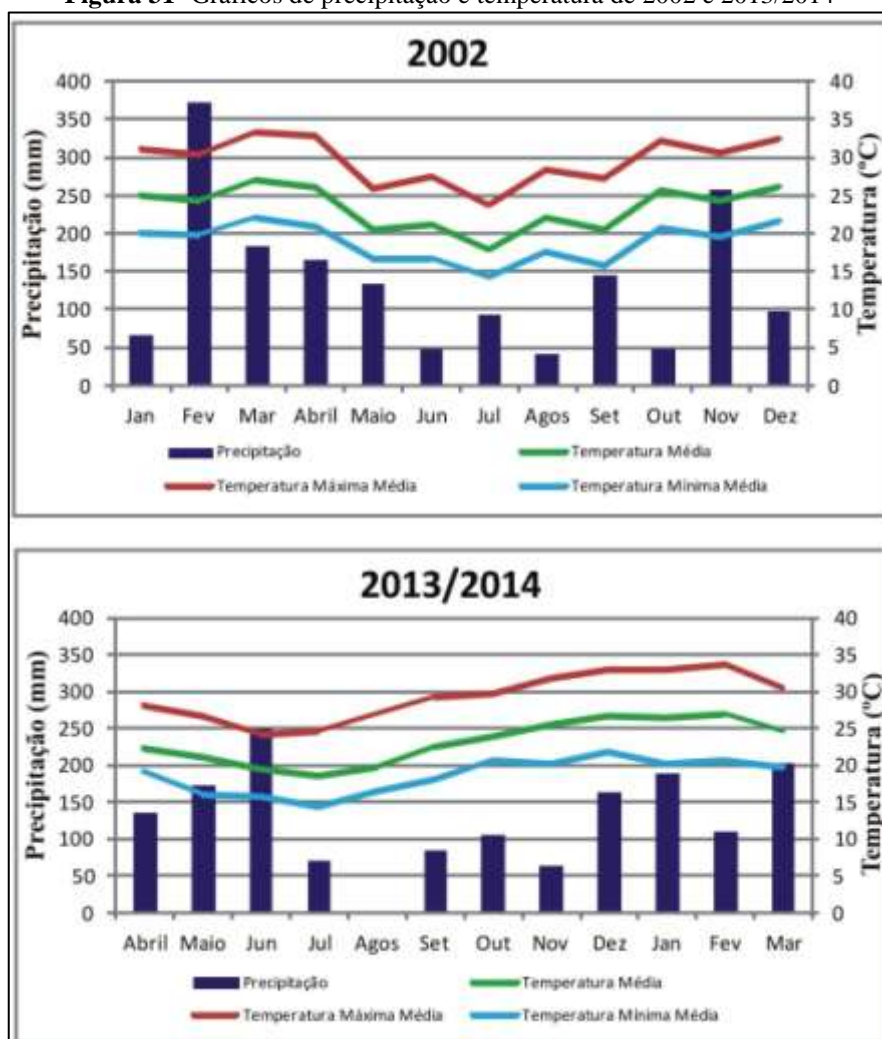
Como explicitado nos procedimentos metodológicos foram utilizadas 10 imagens do satélite Landsat 7 do ano de 2002 e outras 10 do Landsat 8 dos anos de 2013 e 2014, a fim de que estas envolvessem, ao menos parcialmente, as estações do ano e diminuíssem as diferenças de sazonalidade que poderiam interferir diretamente no resultado final.

No entanto, mesmo com esse processamento ainda foram detectadas distinções derivadas das características anuais de temperatura e precipitação, principalmente no que se refere ao Índice de Vegetação Normalizado que é condicionado à quantidade de umidade presente no solo ou na vegetação. Por isso, cabe aqui uma sintética caracterização climática dos anos e meses que foram utilizados para essa análise temporal.

No geral, como pode ser observado na figura 31, esses dois períodos, assim como é o esperado e previsto para os ambientes subtropicais, apresentaram semelhante padrão de distribuição de temperatura e precipitação, considerando o inverno mais fresco e seco e o verão com temperaturas mais elevadas e úmido. No entanto, ao analisar somente a distribuição das chuvas, nota-se uma disparidade significativa entre 2002 e 2013/2014.

O ano de 2002 se iniciou com total pluviométrico considerado baixo para o mês de Janeiro, somente 66 mm, porém em Fevereiro esse total se elevou muito, praticamente 370 mm e a partir de então as chuvas diminuíram até Junho quando foram registrados 93,2 mm. Na sequência, os meses de Julho e Agosto apresentaram baixos totais pluviométricos, em Setembro voltou a chover um pouco mais (145 mm), enquanto que em Outubro o registro foi de somente 47 mm. Os últimos dois meses do ano foram chuvosos, com registro de 258 mm em Novembro.

Figura 31- Gráficos de precipitação e temperatura de 2002 e 2013/2014



Fontes: SIMEPAR, estação automática de Paranavaí.

Em 2013/2014, foi possível identificar maior continuidade nos índices pluviométricos, sem grandes concentrações em meses específicos. Também se constatou menores precipitações durante o inverno, sendo que em Agosto não houve registro algum, porém diferentemente de 2002 as chuvas foram bem distribuídas, além de ter sido mais úmido (1652,8 mm em 2002 e 1547,6 mm em 2013/2014).

No tocante as temperaturas são evidentes às maiores variações termais ocorridas em 2002, porém, no geral, o padrão detectado foi o mesmo, com maiores registros no verão e menores no inverno. Cabe destacar os meses de Março e Abril que em 2002, foram significativamente mais quentes e os meses de inverno de 2013/2014, que foram ligeiramente mais frios. Apesar disto, as temperaturas destes períodos não se apresentaram muito distintas, visto que a temperatura média anual de 2002 foi de 23,3°C, enquanto que em 2013/2014 foi de 23,1°C.

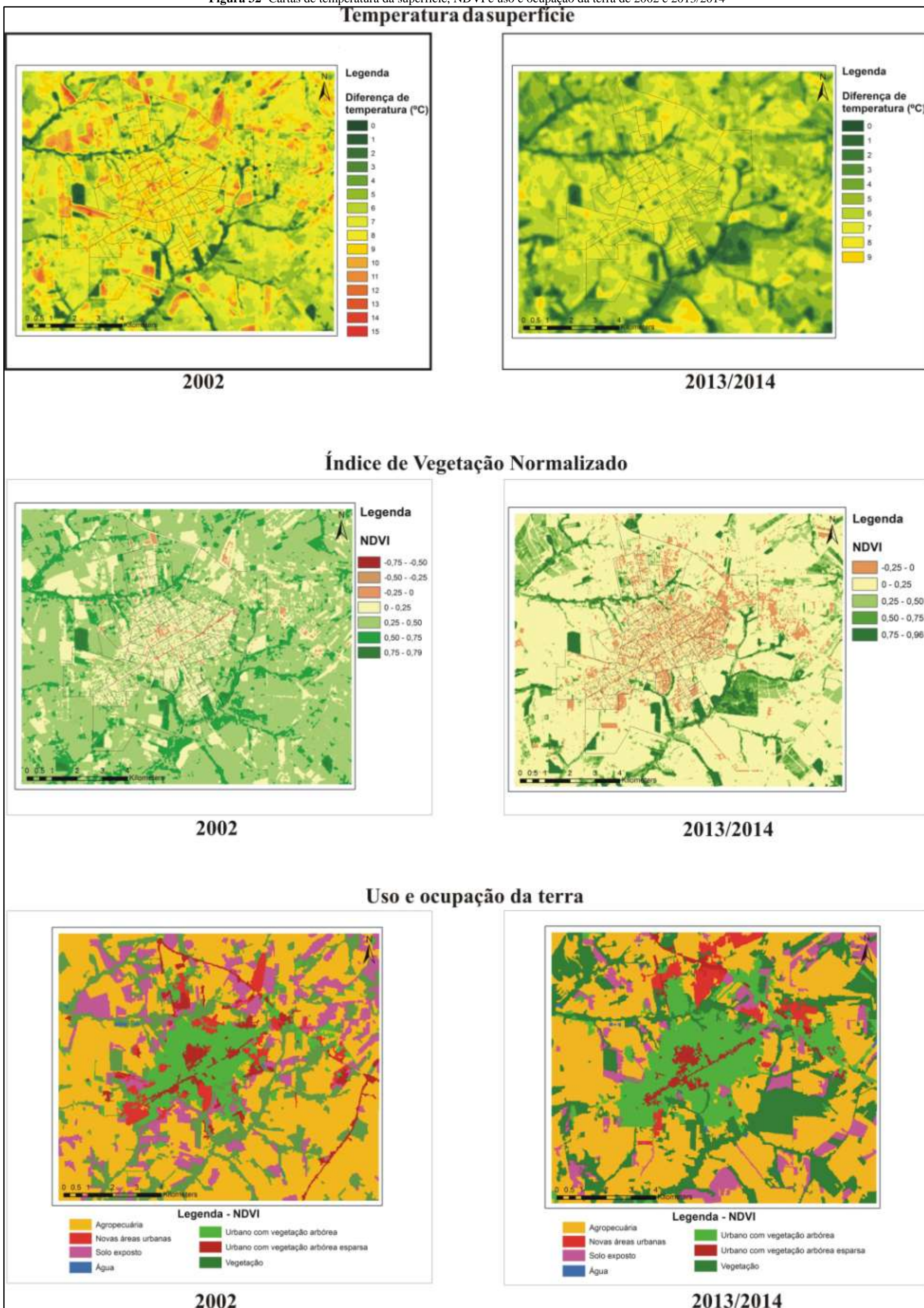
Além das interferências climáticas que neste caso foram evidenciadas pela diferença de precipitação, esta parte da pesquisa também requisitou maior atenção ao sensoriamento remoto e aos sensores disponíveis para aplicação da termografia da superfície. A série do satélite Landsat é extensa e conta com imagens desde 1984, porém a resolução da banda do infravermelho termal do Landsat 5 (120 m) não possibilitou a análise das diferenças de temperatura da superfície de Paranavaí, por isso não concretizou-se a elaboração de cartas anteriores a 2002.

Em 2013, foi lançado o satélite Landsat 8 que disponibilizou maiores quantidades de imagens de diferentes bandas espectrais e aprimorou a qualidade de níveis de cinza do imageamento, ou seja, possui melhor resolução espectral e radiométrica, contudo a resolução especial da banda 10 correspondente ao infravermelho próximo foi diminuída, passou de 60 metros que eram encontrados no Landsat 7 para 100 metros e após manipulação e processamento, as imagens infravermelhas do novo satélite são liberadas com 30 metros de resolução espacial. Portanto, a diferença espacial, particularmente o tratamento de reamostragem da imagem do Landsat 8 dificultou a elaboração das cartas e a comparação histórica.

A partir dessas informações inicia-se a análise histórica das cartas elaboradas. A figura 32 expõe as cartas síntese de cada período selecionado e verifica-se que, aparentemente o período de 2013/2014 pode ser entendido como menos quente e mais seco, uma vez que as temperaturas amenas são a maioria na carta de temperatura da superfície e as classes que se caracterizam por menor presença de vegetação ou menos umidade no solo são evidentes no NDVI. Entretanto, este fato ocorreu, sobretudo, em decorrência da diferenciação da distribuição das chuvas e das imagens utilizadas para o que se refere ao NDVI (5 das 10 imagens usadas para criar a síntese do período de 2013/2014 foram dos meses de inverno) e a distinta resolução espacial das imagens no tocante a temperatura da superfície.

As cartas de uso e ocupação da terra também sofreram influência da utilização de dois sensores diferentes, principalmente no que se refere à resolução radiométrica. As imagens do satélite Landsat 8 são obtidas com 16 bits, enquanto as do Landsat 7 com 8 bits, ou seja, os detalhes são melhores observados nas imagens captadas pelo novo sensor, por isso a segmentação e a classificação utilizadas se diferenciaram, porém em proporções muito pequenas, não afetando diretamente o trabalho.

Figura 32- Cartas de temperatura da superfície, NDVI e uso e ocupação da terra de 2002 e 2013/2014



Fonte das imagens: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Elaboração: DORIGON, L.P.



Ao adentrar o espaço urbano de Paranavaí, notou-se que a área central e suas proximidades não apresentaram mudanças significativas nos 3 atributos, ou seja, estas localizações são espaços consolidados e evidenciaram os mesmos padrões: usos e ocupações baseados nas classes “urbano com vegetação arbórea” nas proximidades do centro e “urbano com vegetação arbórea esparsa” no centro da cidade; diferenças de temperaturas da superfície próximas as máximas encontradas em cada carta, com destaque ao triângulo central formado pelo encontro de grandes avenidas e caracterizado pelo adensamento comercial; e NDVI com valores que revelam menores quantidade de vegetação se comparados ao restante da cidade.

Já a periferia apresentou as maiores distinções nas três cartas quando comparados os dois períodos, em consequência da expansão urbana baseada principalmente na criação de empreendimentos habitacional.

Segundo Nalesso e Felix (2011) a Prefeitura Municipal de Paranavaí, a fim de sanar parte da demanda habitacional existente firmou parceria com a Companhia de Habitação do Paraná (COHAPAR) em conjunto com a Caixa Econômica Federal e implementaram seis empreendimentos de habitação popular na cidade entre 1999 e 2002. O financiamento ocorreu através de hipoteca para as famílias com renda entre 3 e 5 salários mínimos e caução para as famílias que comprovassem até um salário mínimo. Não somente na periferia foram implantados loteamentos, estes também surgiram nas proximidades com o centro, porém em menor magnitude. O total de construções foi de 422 unidades habitacionais que se localizaram no Jardim São Jorge, Jardim Morumbi, Vila Operária e distritos de Graciosa e Mandiocaba.

Além das habitações sociais, Paranavaí também vem recebendo muitos incentivos privados e novos loteamentos particulares surgem a cada ano. Atribui-se isto ao crescimento da importância das cidades médias na rede urbana brasileira, que são procuradas por possuírem praticamente todos os serviços necessários à população e especificamente, em Paranavaí, a contribuição da indústria de beneficiamento da laranja e as granjas e avícolas são, atualmente, as duas grandes atividades que impulsionam o crescimento do município.

Neste sentido, devido à instabilidade e as fragilidades detectadas nas imagens que dificultaram as comparações, além da possibilidade de correlação com dados de estruturação urbana, são exibidos na sequência três recortes específicos que se destacaram nas cartas de temperaturas de superfície, todos relacionados à implantação de novos loteamentos.

## 9.1 Área selecionada 1: Vila Rural

A primeira área selecionada não está inserida dentro do perímetro urbano de Paranavaí e segundo informações obtidas junto à Prefeitura Municipal esta se constitui na mais recente vila rural do município. Segundo Bana (2001), Paranavaí contava em 2001 com 2 vilas concluídas e 3 em fase de estruturação, estas estão localizadas no Distrito de Mandiocaba, no Distrito de Sumaré, Distrito de Graciosa, Distrito de Piracema e no Jardim Morumbi.

O Programa Vila Rural foi criado em 1995, pelo governador do Estado do Paraná, Jaime Lerner (PONTE, 2003). O intuito do programa de Vilas Rurais é dedicar atenção a uma população que com o incremento de maquinários e a modernização da agricultura teve que migrar para as áreas urbanas, porém sem nenhum preparo prévio e com dificuldades de inserção no mercado de trabalho.

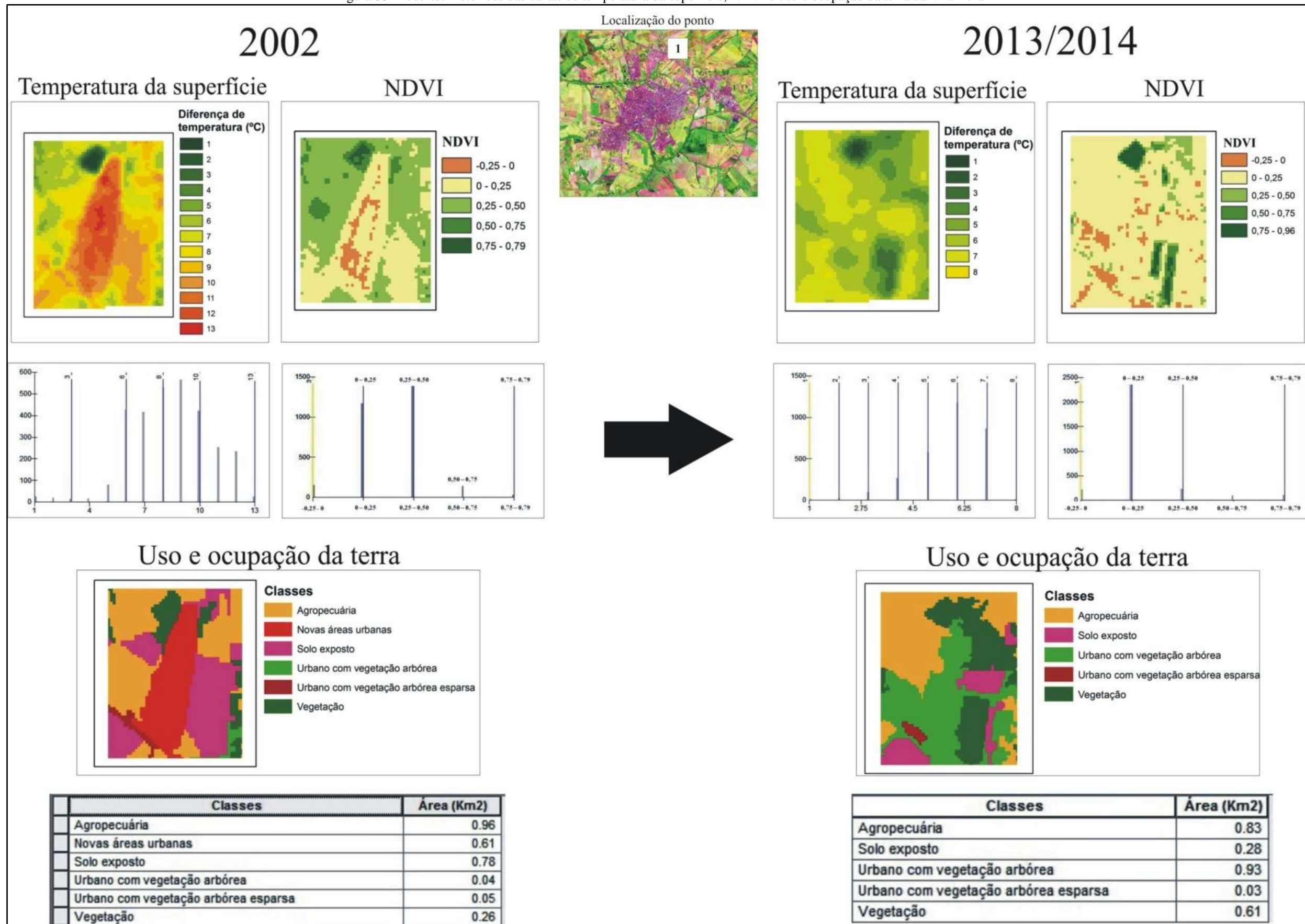
De acordo com Bana (2001), estas vilas, em sua prevalência, são implantadas próximas a núcleos urbanos consolidados, a fim de favorecer o acesso tanto ao mercado da cidade quanto ao agrícola. Sendo assim, é de fundamental importância a proximidade com rodovias, uma vez que são facilitados o escoamento e a comercialização de suas produções, além de favorecer o intercâmbio com os benefícios encontrados nas áreas urbanas.

Ainda segundo a autora, os lotes das vilas rurais possuem 5.000 m<sup>2</sup> que são definidos em função das condições físicas locais e demarcados individualmente. Para a autora estas são pequenas áreas, mas que podem auxiliar na geração de renda se exploradas de forma correta e com apoio técnico.

Durante o trabalho de campo realizado não foram obtidos dados qualitativos em relação a esta área da cidade, no entanto quanto a sua conformação e localização geográfica as características supracitadas foram detectadas: proximidade com a área urbana e a rodovia, padronização do dimensionamento dos lotes e o uso e ocupação da terra baseado em pequenas produções agrícolas.

A figura 33 apresenta as três cartas recortadas, a fim de exemplificar essencialmente esta área (ponto 1), além dos histogramas das cartas de temperatura da superfície e de NDVI e a tabela de atributos com a quantificação de cada classe das cartas de uso e ocupação da terra. De forma resumida e somente a título de informação, histogramas são muito utilizados na estatística e é uma representação gráfica da distribuição de frequências de uma massa de medições. Para o sensoriamento remoto, uma das utilidades do histograma e a qual foi empregada neste trabalho, diz respeito à mensuração de vezes que pixels de uma determinada cor se repetem na imagem.

Figura 33- Recortes históricos das cartas de temperatura da superfície, NDVI e uso e ocupação da terra da Vila Rural



Fonte das imagens: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Elaboração: DORIGON, L.P.

A carta de temperatura de superfície de 2002 exhibe claramente a delimitação do local onde estava sendo realizado o loteamento desta vila rural. A própria imagem aponta relevância para as diferenças de temperaturas entre 11°C e 13°C no local. Seu respectivo histograma releva predomínio de 9°C, no entanto deve-se ponderar que este considera o recorte como um todo.

No que se refere à vegetação ou a umidade do solo no local, em 2002, a carta de NDVI do mesmo ano mostrou-se com predominância das classes de -0,25 – 0 e 0 – 0,25, ou seja, valores baixos, revelando pouca presença de vegetação ou baixa umidade no local. Contudo, mais uma vez destaca-se que no geral, esse histograma revela as características do recorte.

A área total do loteamento foi identificada como “Novas áreas urbanas” no recorte da carta de ocupação da terra, sendo este valor de 0,61 km<sup>2</sup> em 2002, classe esta caracterizada essencialmente por estruturas que indicam terraplenagem, ou seja, total exposição do solo.

As cartas de 2013/2014 revelaram diminuição das temperaturas de superfície que ficaram essencialmente entre 7°C e 8°C de diferença e aumento de NDVI, com a considerável diminuição da classe -0,25 – 0 e a expressividade de valores classificados entre 0 – 0,25. Nestas duas cartas não foi mais possível a identificação exata do local onde foi instalado o loteamento, uma vez que este já foi homogeneizado com as características agropastoris da região.

Já no tocante a carta de uso e ocupação da terra constatou-se que a classe “Novas áreas urbanas” não foi mais identificada e em seu lugar, foi classificado o local como “Urbano com vegetação arbórea”, que foi a classe predominante no recorte, um total de 0,93 km<sup>2</sup>.

Neste contexto, identificou-se que, a evolução do campo térmico de Paranavaí, neste recorte específico, apresentou-se de uma forma bastante interessante, visto que, ao contrário do que habitualmente espera-se de uma área em que o predomínio era de uso agropecuário e passa por modificações e inserção de materiais construtivos, a temperatura da superfície não se elevou, mas sim diminuiu.

Atribui-se a este fato a modificação local da cobertura da terra e a capacidade de radiância de cada material. O que na carta de 2002 era somente solo exposto (retém maior quantidade de energia, ou seja, maior quantidade de calor interno que é convertido em energia radiante) em 2013/2014 foi identificado maior presença de vegetação, visto que a área estava cumprindo com sua função de produção agrícola.

Conclui-se que a presença de vegetação neste local, não necessariamente somente de porte arbóreo, foi o elemento que contribuiu com a diminuição da temperatura da superfície,

uma vez que além de ter seu papel na produção do efeito sombra, também retira do ambiente grandes quantidades de calor, através da transpiração das folhas, ou seja, quando transformam calor sensível em calor latente.

## **9.2 Área selecionada 2: Jardim Oasis, Jardim das Nações I e Jardim das Nações II**

A área selecionada neste recorte (Ponto 2) encontra-se na porção nordeste da malha urbana de Paranavaí as margens da BR-376 e se refere a 3 loteamentos, o Jardim das Nações I e II e o Jardim Oasis. De acordo com o Plano Diretor (2008) do município, especificamente na planilha Loteamento por data de aprovação, os bairros Jardim das Nações I e II foram aprovados em 25/10/2002 e o Jardim Oasis em 20/10/2004.

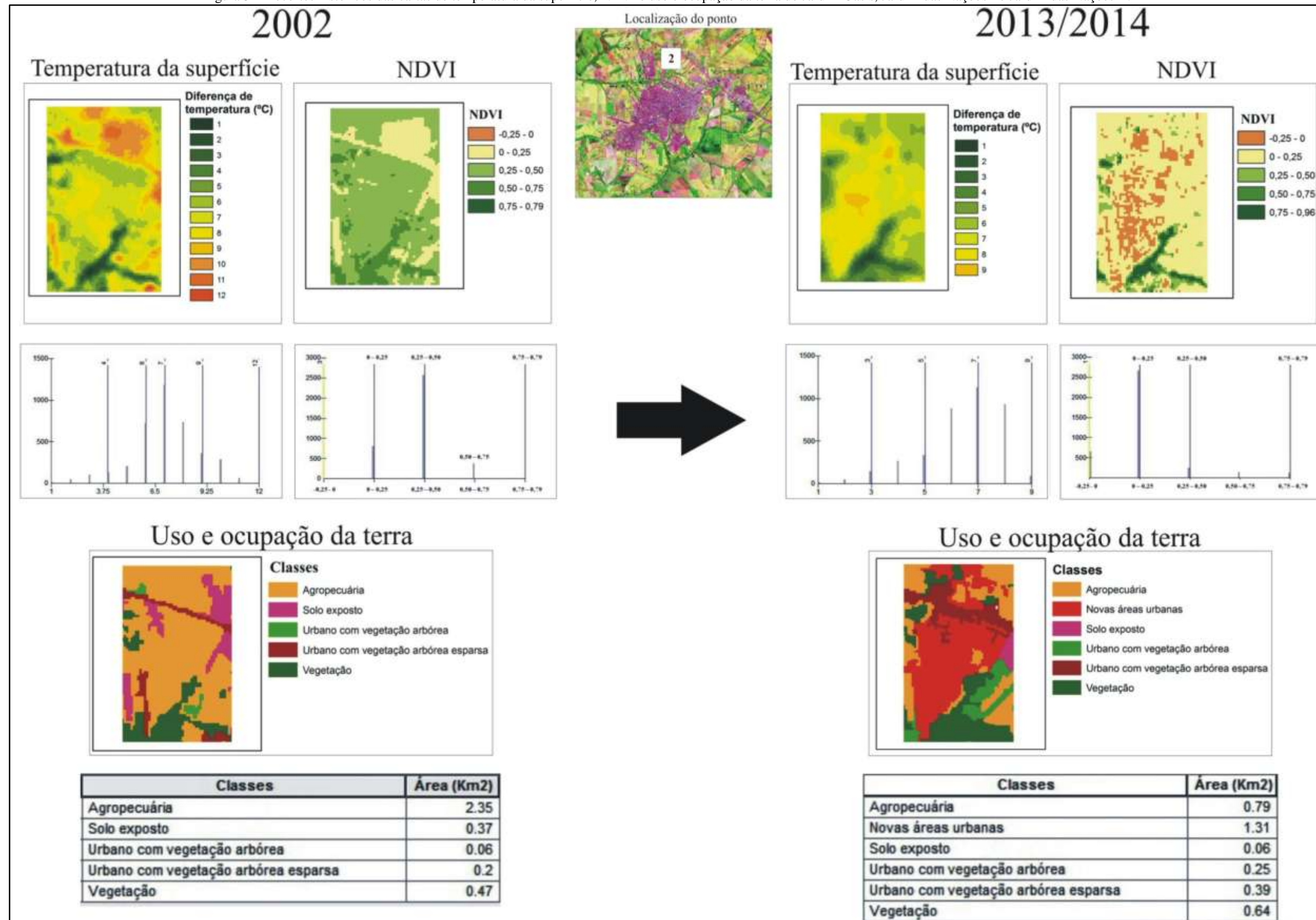
Ainda como consta no Plano Diretor e através de informações obtidas junto ao Gerente da Divisão de Controle Urbano, os novos loteamentos em Paranavaí, após aprovação, são liberados para início da implementação de infraestrutura urbana. Basicamente são exigidos o saneamento básico (abastecimento de água e coleta e destinação de esgoto e resíduos sólidos), iluminação pública, asfaltamento e arborização urbana.

Com a infraestrutura concluída, as empreiteiras requerem à Prefeitura o alvará de liberação para dar início à comercialização dos lotes e se estiver tudo correto, esta concede o Alvará de Construção e o Habite-se.

De acordo com o site da empreiteira (Loteamentos Orcello Ltda.), esse loteamento surgiu após a compra de um antigo haras da cidade e em 2009, com toda a infraestrutura implantada começou a ser disponibilizado ao público interessado. O total é de 1690 terrenos, inicialmente todos com 15 metros de frente e 41 metros de comprimento, no entanto, devido à dificuldade de comercialização, os primeiros lotes vendidos foram diminuídos, a fim de minimizar os custos e otimizar as vendas.

Na figura 34 estão dispostas as informações referentes a termografia da superfície, a vegetação local e as classes de uso e ocupação da terra dos dois períodos selecionados possibilitando a análise comparativa.

Figura 34- Recortes históricos das cartas de temperatura da superfície, NDVI e uso e ocupação da terra do Jardim Oasis, Jardim das Nações I e Jardim das Nações II.



Fonte das imagens: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Elaboração: DORIGON, L.P.

Diferentemente do ocorrido no recorte anterior, este com o passar de 13 anos apresentou maiores temperaturas da superfície local. Em 2002, a prevalência era de diferenças de temperaturas entre 6°C e 7°C, sendo que devido à presença da rodovia e de uma área significativa de solo exposto (solo e asfalto absorvem muito calor) o histograma apresentou maior frequência em 9°C, porém destaca-se que a segunda maior classe de ocorrência foi a de 6°C. Já em 2013/2014 a imagem revelou que esse valor aumentou em praticamente 2°C, tendo predominância entre 8°C e 9°C e mais uma vez o histograma apresentou maior frequência em outras diferenças de temperatura, dessa vez em 7°C. Contudo, o mais importante a se destacar é a existência de dois pontos com valores de 9°C, fato que não ocorreu no local na carta de 2002.

As cartas de NDVI, utilizadas para detectar a presença ou não de vegetação, apresentaram padrão inverso às cartas de temperatura da superfície, sendo que em 2002 ficou evidente a existência de vegetação no local com expressiva superioridade das classes 0,25 – 0,50 e 0,50 – 0,75, enquanto que no histograma de 2013/2014 a maior frequência detectada foi de 0 – 0,25 e é possível observar na imagem a presença relevante de pontos pertencentes à classe -0,25 – 0, que é caracterizada pela quase total ausência vegetacional.

No tocante as cartas de uso e ocupação da terra destaca-se que em 2002 não existia a classe “Novas áreas urbanas” e a predominante, com 2,35km<sup>2</sup>, era a classe “Agropecuária”. Já em 2013/2014 a classe “Novas áreas urbanas” foi identificada e ainda como sendo a de maior extensão (1,31 km<sup>2</sup>).

Neste sentido, essa área obteve seu destaque devido à transformação pela qual passou, uma vez que nas imagens de 2002 ainda era ocupada por um haras que contava com vegetação em praticamente a totalidade de seu território e a partir de 2009 começou ali a construção e instalação de equipamentos de infraestrutura urbana e o loteamento do local, deixando o solo exposto, além de implantar cobertura asfáltica, elementos que elevam a temperatura da superfície.

### **9.3 Área selecionada 3: Residencial Fazenda Simone I, II e III**

Segundo as informações obtidas na Prefeitura Municipal, o projeto dos três loteamentos desse residencial foi feito pela Incorporadora e Imobiliária Fazenda Simone Ltda, entre os anos de 1996 e 1998. O Residencial Fazenda Simone I possuía originalmente 480 lotes, sendo sua maioria com 10 metros de frente e 20 metros de fundos. O Residencial Fazenda Simone II foi aprovado em abril de 1997, com 581 lotes, seguindo o mesmo padrão

de metragem do anterior, porém este localiza-se entre 2 córregos que obrigam a manutenção de áreas de preservação ambiental em suas margens. O Residencial Fazenda Simone III também localiza-se às margens de um córrego e mantém área de preservação ambiental, sendo aprovado em 1998 com 515 lotes.

Como explicitado anteriormente, a obrigatoriedade mínima imposta pela Prefeitura Municipal para a liberação do alvará de Construção e o Habite-se em novos loteamentos diz respeito à completa instalação de sistema de distribuição de água, coleta de esgoto, iluminação pública, asfalto e arborização. Entretanto, em trabalho de campo e com informações de funcionários públicos e moradores locais é possível questionar as infraestruturas instaladas no local, sobretudo no que condiz a arborização urbana, que é o atributo de maior destaque e relevante ao serem analisadas as cartas de temperatura da superfície.

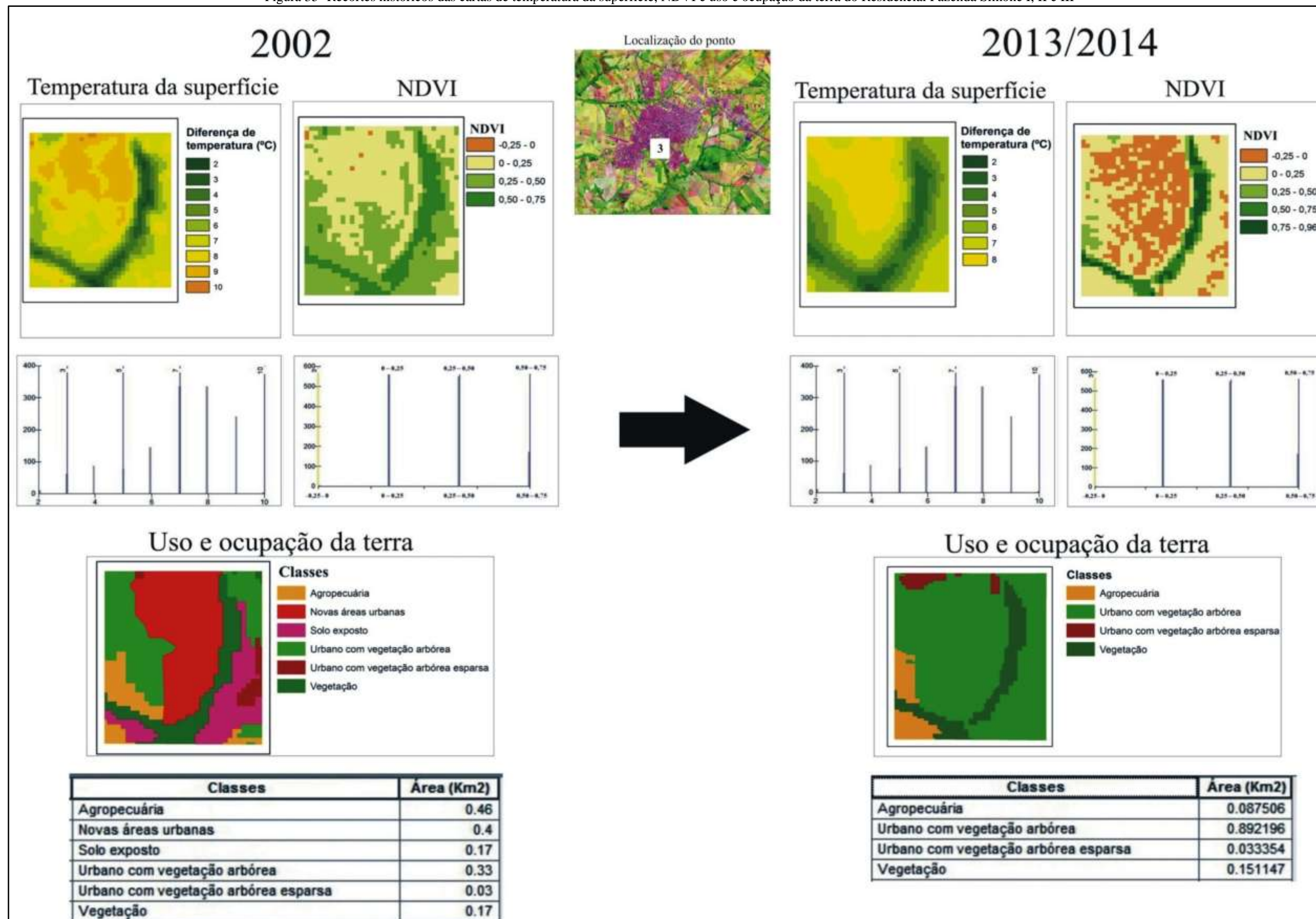
Em Paranavaí existe o Código de Arborização do Município, que foi aprovado e sancionado em novembro de 2005 e dispõe sobre toda e qualquer ação a ser realizada com as espécies de porte arbóreo existente no município, além de estabelecer os critérios e padrões relativos a arborização urbana. Segundo esse código todos os novos loteamentos deverão possuir projeto de arborização próprio, aprovado pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, cabendo ao empreendedor os custos, o projeto e a execução da arborização das ruas e das áreas verdes.

No entanto, loteamentos existentes anteriormente a esta lei não foram obrigados a cumprir as regras do plantio arbóreo urbano regulamentado pela legislação municipal, como no caso dos Residenciais Fazenda Simone I, II e III, que datam do final da década de 1990. Este fato é notado nas cartas de 2002 que são apresentadas na figura 35.

Como pode ser observada, a predominância foi de diferenças de temperaturas da superfície entre 8°C e 10°C, destacando claramente a vegetação da Área de Preservação Permanente às margens dos córregos. Já a carta de NDVI relevou evidência da classe 0 – 0,25, todavia com grande quantidade de pixels pertencentes a classe -0,25 – 0. Constata-se assim, pouca presença de vegetação, chegando esta a ser quase insignificante. Já a carta de uso e ocupação da terra apresentou predominância da classe “Agropecuária”, porém a classe “Novas áreas urbanas” apareceu em segundo lugar, com uma área muito parecida (0,40km<sup>2</sup>). Destaca-se que apesar deste loteamento já estar totalmente ocupado em 2002 ele não contava com ruas asfaltadas e nem cobertura arbórea e por isso, a resposta espectral foi a mesma das áreas que estavam sendo estruturadas para receber novos habitantes.



Figura 35- Recortes históricos das cartas de temperatura da superfície, NDVI e uso e ocupação da terra do Residencial Fazenda Simone I, II e III



Fonte das imagens: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Elaboração: DORIGON, L.P.

Também no Código de Arborização Municipal, no artigo 14, que trata sobre as áreas da cidade que não possuem vegetação, está claro que a “Secretaria Municipal de Meio Ambiente deverá elaborar para loteamentos públicos existentes, legalizados e que não haja arborização, projeto que defina de forma adequada à arborização urbana da região”. Ainda segundo a Gerente da Divisão de Controle Urbano, a fim de minimizar os problemas encontrados nos loteamentos Residencial Fazenda Simone I, II e III a prefeitura iniciou o projeto de arborização local após a implantação da legislação. Vale destacar que todas as mudas plantadas em Paranavaí tanto nos projetos privados quanto nos públicos necessitam contar com no mínimo 1,80 metros.

Os resultados desse projeto de arborização podem ser os responsáveis pela diminuição da temperatura da superfície de 2013/2014, como se observa na figura 35. A diferença de temperatura de superfície máxima detectada nesse período não ultrapassou 8°C, sendo que o histograma revelou predominância de 7°C. Se comparado com 2002, que também apresentou predomínio de 7°C, a maior diferença está na diminuição em 2°C da maior distinção.

A carta de NDVI deste período apresentou resposta referente à distinta distribuição das imagens de satélite utilizadas e ao índice pluviométrico se comparada ao ano de 2002. Como dito anteriormente, 2013/2014 foi levemente mais seco do que 2002 (152,2 mm de chuva a menos), além de ser uma síntese de maiores quantidades de imagens do período de inverno, ou seja, o mais seco. Sendo assim, o NDVI de 2013/2014 revelou predominância das classes - 0,25 – 0 e 0 – 0,25 apontando não necessariamente a não presença de vegetação, uma vez que as cartas de temperaturas da superfície e de uso e ocupação da terra revelaram o contrário, mas sim uma vegetação submetida a condição de estresse hídrico por déficit de água no solo.

A carta de uso e ocupação da terra apresentou mudança significativa, uma vez que em toda a área do loteamento foi detectada a presença de vegetação e por isso, a classificação local passou a ser “Urbano com vegetação arbórea”, sendo esta a mais representativa (0,89 km<sup>2</sup>).

Neste sentido, ressalta-se novamente a correlação existente entre a presença de vegetação e a diminuição da temperatura da superfície e também se destaca a importância da legislação sobre arborização urbana que foi instaurada em Paranavaí em 2005, obrigando, todos os novos loteadores a realizar o plantio de espécies arbóreas como parte da infraestrutura urbana local, visto que casos como os residenciais Fazenda Simone I, II e III que foram comercializados sem essa pré-preocupação apresentaram altas temperaturas.

## **10 MODELAGEM ESPACIAL DA ILHA DE CALOR URBANA DE PARANAÍ-PR APARTIR DE DADOS DOS TRANSECTOS MÓVEIS.**

Em artigo publicado em 1986, exatamente 10 anos após a conclusão de sua tese de livre docência que originou a obra *Teoria e Clima Urbano*, Monteiro já destacava a necessidade de diversificação nos estudos sobre clima urbano que vinham sendo sistematizados no Brasil, principalmente no desenvolvimento de modelagens para simulação ou predição, utilizando como base as situações observadas e coletadas em campo.

Assis (2005) esclarece que desde a década de 1980 em âmbito internacional e recentemente no Brasil, muito vem sendo feito com o objetivo de avançar sobre a modelagem climática urbana, sobretudo no que se refere à abordagem termodinâmica, através dos conceitos de balanço e fluxo de energia. Contudo, ainda são restritos os estudos que retratam a relação entre as matrizes energéticas da cidade, as atividades desenvolvidas pelos habitantes e os impactos nos climas das cidades.

Como já citado, no Brasil, as pesquisas que abordam diretamente a modelagem de climas urbanos são recentes, sendo que muitas vêm sendo desenvolvidas por arquitetos e urbanistas, como os estudos de Assis (1990) e de Duarte (2002), o primeiro buscando correlacionar dados de temperaturas do ar máxima e mínima da cidade de Belo Horizonte-MG com densidade de ocupação do solo, cobertura vegetal arbórea e tipologia de edifícios e o segundo conectando diretamente dados de temperatura do ar de Cuiabá-MT com variáveis presentes na legislação urbana, tais como a taxa de ocupação, presença de vegetação e água e o coeficiente de aproveitamento.

Na Geografia, Amorim et al (2015), apresentou um conjunto de procedimentos para a modelagem das ilhas de calor urbanas, com o propósito de “estimar a temperatura do ar no ambiente urbano e rural próximo, considerando-se os detalhes das características da superfície (uso da terra, vegetação, relevo) sendo possível, então, contribuir para intervenções mais localizadas que podem amenizar as ilhas de calor atmosféricas” (p. 30).

Estes são somente alguns exemplos de utilização de modelagem climática urbana, porém, de fato, os modelos podem e devem ser importantes ferramentas para o planejamento, nesse caso o urbano, que busca organizar com maior grau de consciência as ações humanas sobre a realidade.

Neste sentido é que Amorim et al. (2015) afirma que em muitos casos, os resultados das pesquisas sobre clima urbano não são devidamente absorvidos e utilizados pelo poder

público, ou seja, não são integrados ao planejamento, devido a espacialização dos dados obtidos de temperatura intraurbana que não é apropriadamente representada, sobretudo em detalhamento e/ou em correlação com as características do uso e ocupação da terra e do relevo.

Quando adotados procedimentos de campo, 2 técnicas são as mais difundidas para a mensuração das Ilhas de Calor urbano, uma que se utiliza de medidas móveis através dos transectos móveis, como a utilizada nesta pesquisa e outra que, geralmente depende da quantia de recursos financeiros e tecnológicos disponibilizados, que são as medidas em pontos fixos, concretizadas pela instalação de uma densa e complexa rede de estações automáticas.

No entanto, ainda segundo Amorim et al (2015) o clima local, entendido como um todo ainda é de difícil conhecimento, especialmente, no que se refere a aproximação dos dados coletados com as características da superfície, ou seja, quanto a sua representação espacial.

Muitos trabalhos recorrem à interpolação linear dos valores medidos e somente extrapolam valores para além das áreas em que ocorreram medições. Geralmente são baseados no método da Krigagem, que se utiliza de funções matemáticas para denominar maiores pesos para as posições mais próximas aos pontos amostrais, e menores pesos a posições mais distantes, não considerando nenhuma característica da superfície.

Todavia, já são conhecidos e explorados outros meios de espacialização de dados climáticos que não somente considerem os elementos do clima, mas que também incluem na correlação outros atributos que influenciam a caracterização climática local, o que resulta em modelagem espacial muito mais significativa e representativa do clima de uma cidade como um todo.

Neste contexto, apresentam-se neste capítulo os resultados obtidos através do emprego de uma metodologia considerada recente e baseada no trabalho desenvolvido por Amorim et al, (2015) que buscou estimar a temperatura do ar no ambiente urbano e rural próximo, considerando-se as características da superfície utilizando-se, além dos dados medidos, o sensoriamento remoto.

Especificamente para as modelagens que serão apresentadas a seguir foram consideradas as classes de uso e ocupação da terra (vegetação alta, vegetação baixa, construções e solo exposto) e a temperatura da superfície, ambas obtidas de imagens do satélite Landsat 8, além de dados de temperatura do ar coletados em campo e informações altimétricas obtidas de imagens de radar do projeto SRTM.

Como já abordado na análise dos transectos, o padrão observado em todos os dias foi o de menores temperaturas nos pontos da área rural próxima e suas adjacências (exceto locais sem vegetação e os que eram mesclados com usos urbanos), além do ponto referente ao fundo de vale vegetado existente no percurso Norte-Sul, enquanto que as maiores temperaturas foram detectas no centro da cidade e praticamente em toda a Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado.

A fim de modelar esse padrão e estendê-lo à cidade como um todo, para o episódio de verão foi selecionado o dia 30 de janeiro e para o inverno o dia 13 de julho, visto que estes foram os que apresentaram a maiores diferenças térmicas, ou seja, possibilitaram a geração de ilhas de calor de forte magnitude em Paranavaí. Após o processamento dos atributos selecionados através de relações estatísticas, gerou-se uma regressão múltipla para cada um dos períodos, nas quais foram indicadas as melhores correlações a serem utilizadas, ou seja, as fórmulas discriminadas a seguir:

- Fórmula para o verão:

$$\mathbf{TaV = 3154484.5849 - 350495.8364*Cl1 - 350495.6469*Cl2 - 350495.2930*Cl3 + 0.0093*A - 0.0845*DC - 0.0254*TS} \quad (10)$$

Onde,

TaV = Temperatura do ar modelizada para o verão;

Cl1: Valores da classe 1 (vegetação alta) no uso da terra dentro da janela 29x29 pixels em torno de cada ponto de coleta;

Cl2: Valores da classe 2 (vegetação baixa) no uso da terra dentro da janela 29x29 pixels em torno de cada ponto de coleta;

Cl3: Valores da classe 3 (construções) no uso da terra dentro da janela 29x29 pixels em torno de cada ponto de coleta;

DC: Distância do centro da cidade;

A: Altitude;

TS: Temperatura da superfície.

- Fórmula para o inverno:

$$\mathbf{TaI = 21.2079 - 0.5276*Cl1 - 0.4757*Cl2 - 0.4104*Cl3 - 0.4788*Cl4 - 0.0002*DC + 0.0184*A - 0.0595*TS} \quad (11)$$

Onde,

TaI = Temperatura do ar modelizada para o inverno;

Cl1: Valores da classe 1 (vegetação alta) no uso da terra dentro da janela 25x25 pixels em torno de cada ponto de coleta;

Cl2: Valores da classe 2 (vegetação baixa) no uso da terra dentro da janela 21x21 pixels em torno de cada ponto de coleta;

CI3: Valores da classe 3 (construções) no uso da terra dentro da janela 25x25 pixels em torno de cada ponto de coleta;  
CI4: Valores da classe 4 (solo exposto) no uso da terra dentro da janela 9x9 pixels em torno de cada ponto de coleta;  
DC: Distância do centro da cidade;  
A: Altitude;  
TS: Temperatura da superfície.

Especialmente para a modelagem de ilhas de calor no episódio de verão, a correlação global foi de 0.70, destacando que essa correlação que une os quatro parâmetros (uso e ocupação da terra, altitude, distância do centro e temperatura da superfície) foi melhor do que as analisadas separadamente. Para esta modelagem final, foram utilizadas três classes de uso e ocupação da terra, “vegetação alta”, “vegetação baixa” e “construções”.

Os coeficientes obtidos nas correlações revelam o nível de influência de cada atributo. Desta forma, na estimação final o coeficiente de 0.69 para a classe “construções”<sup>17</sup> revela o aumento da temperatura, enquanto que o valor negativo obtido a partir da correlação da classe “vegetação alta” (-0.67) evidencia a importância da vegetação na diminuição da temperatura. (AMORIM et al., 2015)

De acordo com Foissard et al (2013), a dimensão das janelas a serem empregadas são capazes de revelar o efeito global do uso da terra. Nesta pesquisa foi necessária a utilização de janelas maiores, principalmente nesta ocasião de verão que contou com janelas de 25x25 em todas as classes de uso e ocupação da terra, ou seja, o efeito de vizinhança foi grande, relevando alto grau de atuação do efeito global do uso da terra.

Para a modelagem de inverno a mesma padronização foi detectada, uma vez que o maior coeficiente de correlação positivo foi o da classe “construções” e o negativo foi apresentado para as duas classes de vegetação, tanto na baixa quanto na alta devido, principalmente, a alta quantidade de vegetação existente na imagem utilizada para o mês de julho.

Para esta modelagem de inverno o grande diferenciador foi a inserção da classe “solo exposto” por ter ficado evidente no momento da classificação, porém sua correlação foi de apenas 0.09, fato este que não influenciou diretamente o produto final, mas que veio a confirmar a não necessidade de elencar várias classes para a finalidade deste trabalho, ou seja, a classe “solo exposto” foi mantida a título de exemplificação. No tocante a dimensão das

---

<sup>17</sup> Salienta-se aqui que nesta classe também se encontram as áreas de solo exposto, devido a sua resposta espectral ser muito parecida com as presentes nas áreas urbanas.

janelas utilizadas para a correlação da imagem de julho, estas também foram grandes, entre 21x21 e 25x25, ficando explícito também o efeito global do uso da terra.

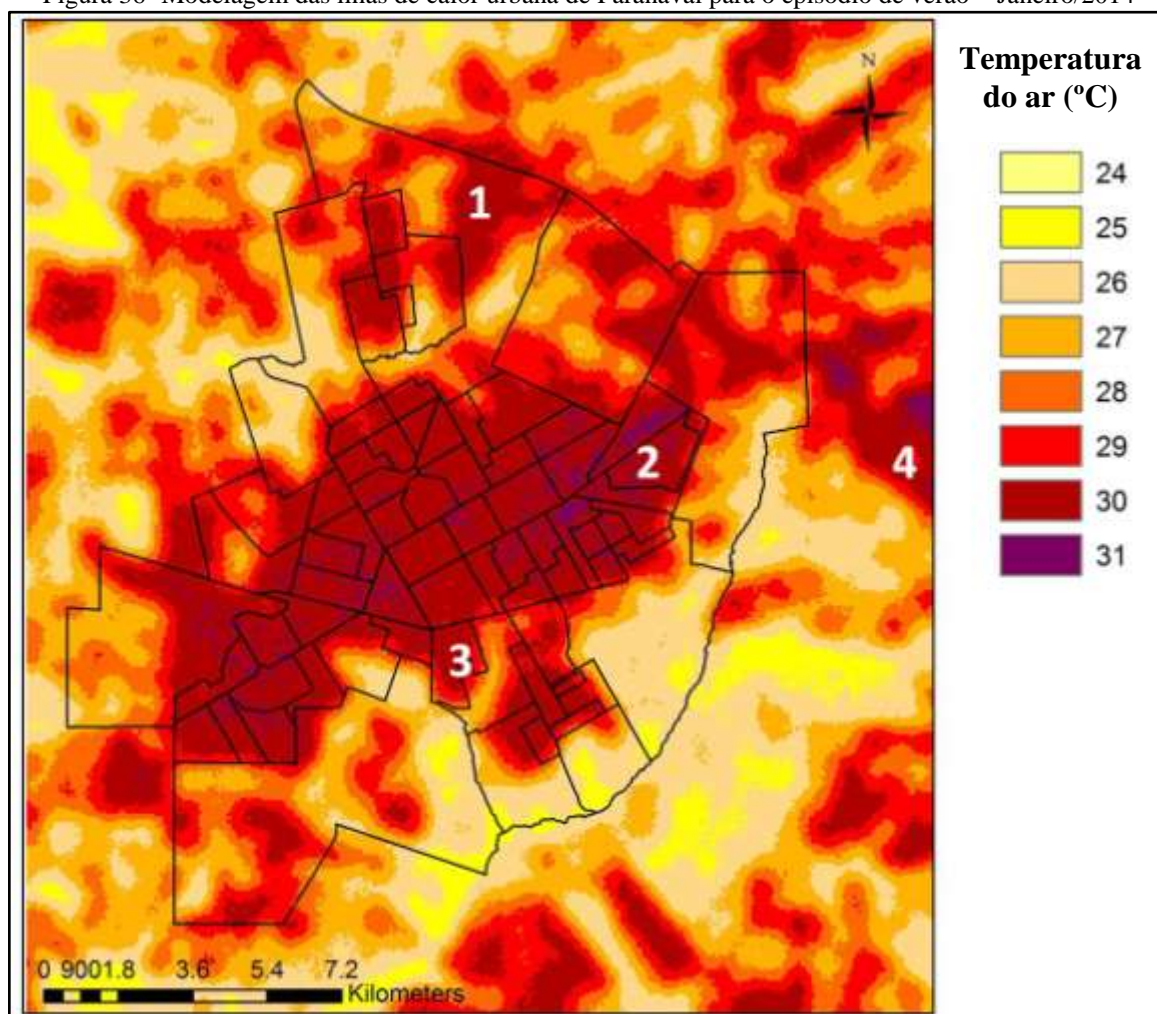
A figura 36 apresenta os resultados para o verão da modelagem com as temperaturas estimadas para a área de estudo através da aplicação da fórmula supracitada e também faz destaque a 4 pontos específicos, sendo eles: 1- Novo loteamento residencial; 2- Avenida principal; 3-Bairro popular e 4 - Rodovia de acesso. Nesta época, evidentemente mais aquecida, as temperaturas variaram entre 24°C e 31°C, delimitando claramente a área urbana de Paranavaí, além da rodovia de acesso ao município, um dos eixos de crescimento urbano local e algumas porções de solo exposto encontradas na área rural próxima.

Ao adentrar a análise intraurbana das temperaturas, é possível identificar muitos aspectos relacionados diretamente às discussões levantadas anteriormente nos capítulos sobre os transectos e na análise histórica da termografia da superfície. O primeiro ponto destacado na carta (1) apresentou temperaturas entre 29°C e 30°C e é exatamente a localização dos novos loteamentos (Jardim Oasis e Jardim das Nações I e II) que foi destacada na análise histórica das imagens de temperatura da superfície.

A Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado foi um dos grandes destaques das análises dos transectos por ser a trajetória do percurso Leste-Oeste e ter apresentado, predominantemente, as maiores temperaturas. Na modelagem essa via também recebeu notoriedade, uma vez que apresentou em seu início concentração de maiores temperaturas da imagem 31°C e posteriormente alguns pontos com esse valor também foram detectados. Cabe destacar que a região do centro de Paranavaí, nas proximidades com a avenida citada e no triângulo central, também evidenciou temperaturas elevadas relacionadas diretamente com a alta densidade de construções e menor presença de vegetação.

O ponto 3 também com temperaturas entre 29°C e 30°C refere-se, novamente, a um dos destaques feitos na análise histórica da termografia de superfície (os loteamentos Fazenda Simone I, II e III). Já o ponto 4 ainda não havia sido referenciado, porém vale evidenciá-lo, pois em observações realizadas em campo e em imagens de satélite, pode-se afirmar que este está sendo um dos eixos de crescimento urbano de Paranavaí, as margens da rodovia de acesso, e por isso, ali são encontrados muitos espaços em estruturação, ou seja, com solo exposto e também a retirada de vegetação para dar lugar a implantação de materiais urbanos.

Figura 36- Modelagem das ilhas de calor urbana de Paranavaí para o episódio de verão – Janeiro/2014



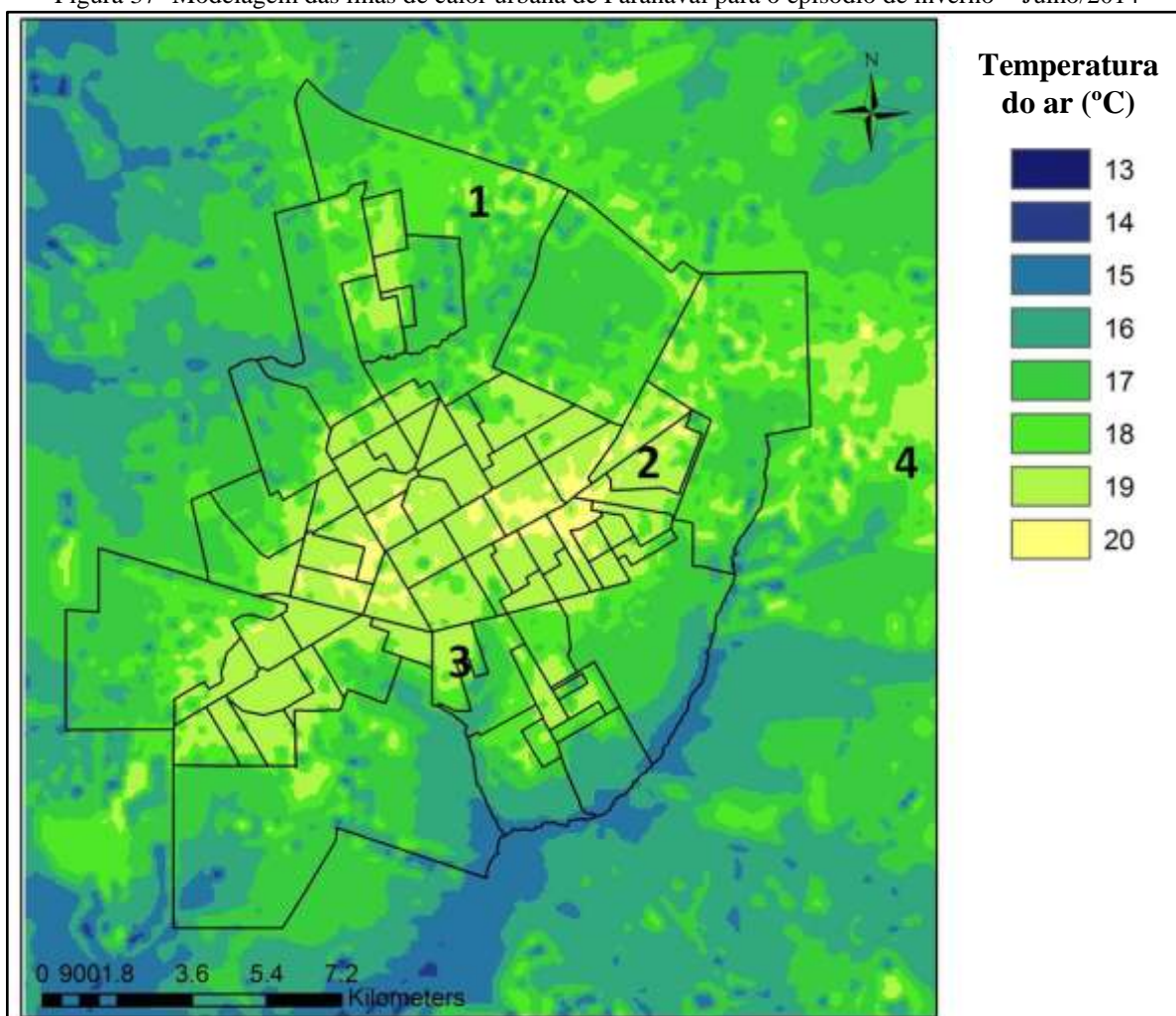
Fonte da imagem: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Elaboração: DORIGON, L.P.

Vale realçar que para o verão a temperatura da superfície foi um atributo bastante relevante, com coeficiente de correlação relativamente alto de 0.6, por isso a fácil associação com as análises já realizadas no capítulo anterior.

A figura 37 mostra a modelagem para o período de inverno que foi derivada da equação explicitada a cima e também apresenta os mesmos pontos de destaque. Quando comparada à imagem do verão, a de inverno não distinguiu as áreas tão fortemente, sendo esta muito mais homogênea, porém com valores absolutos que variaram na mesma amplitude, 7°C, sendo o registro mais elevado de 20°C e o menor de 13°C.



Figura 37- Modelagem das ilhas de calor urbana de Paranavaí para o episódio de inverno – Julho/2014



Fonte da imagem: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Elaboração: DORIGON, L.P.

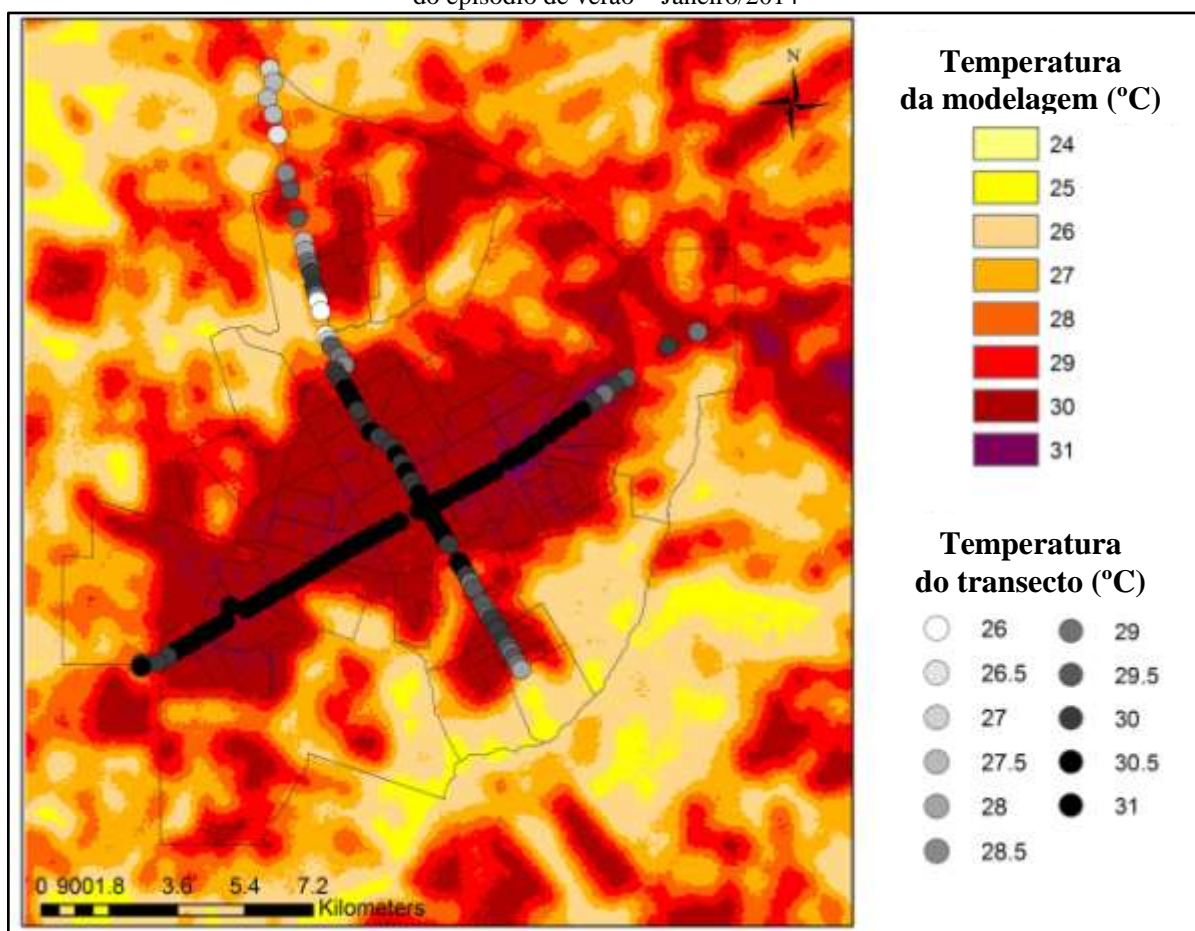
No tocante as espacializações da temperatura na imagem de inverno, dois aspectos merecem destaque. Primeiramente em relação à delimitação de temperaturas mais elevadas na área urbana, concentrando muitos dos valores entre 18°C e 20°C diretamente nesse local. Assim como na carta de verão, as maiores temperaturas (20°C) foram detectadas ao longo da Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado, sobretudo na região da área do centro da cidade e nas proximidades do triângulo central, porém os outros pontos (1, 3 e 4) não ficaram tão evidentes quanto na carta de verão.

O segundo destaque a ser feito sobre a modelagem de inverno é o papel primordial exercido pelo relevo na distribuição das temperaturas, pois na imagem ficaram evidentes os fundos de vale e, principalmente aqueles que contam com cobertura de vegetação arbórea foram os que apresentaram as menos temperaturas (entre 13°C e 15°C). Como destacado por Amorim et al (2015), é possível entender que no caso da escala do local, o relevo apresenta

uma relação inversa entre a diminuição da temperatura e a altitude, revelando o fenômeno de inversão da temperatura nos fundos de vale.

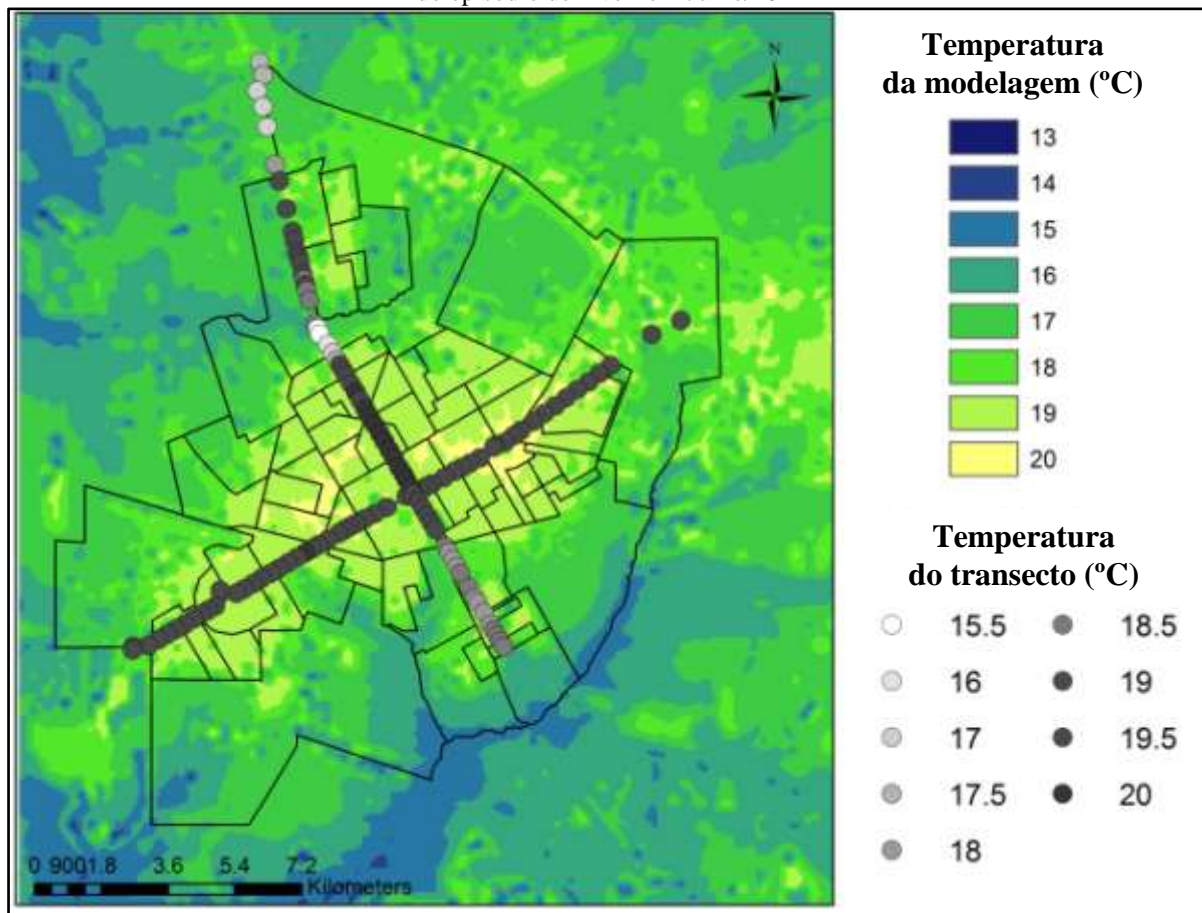
Como um exercício de aproximação e tentativa de avaliação das modelagens, aglutinaram-se os resultados obtidos através delas e os pontos dos transectos do mesmo dia (Figura 38 e 39). Os resultados obtidos foram extremamente satisfatórios tendo alta relação nos pontos coletados, fato muito importante, pois uma das premissas dessa técnica de modelagem é que ela não necessariamente mantém os valores brutos dos dados, uma vez que a partir do momento em que os dados de temperatura são inseridos no *software* também passam pelos tratamentos estatísticos e são incorporados nas correlações calculadas.

Figura 38- Comparação entre a modelagem das ilhas de calor urbana de Paranavaí e os dados do transecto móvel do episódio de verão – Janeiro/2014



Fonte da imagem: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Fonte dos dados: Pesquisa de campo. Elaboração: DORIGON, L.P.

Figura 39- Comparação entre a modelagem das ilhas de calor urbana de Paranavaí e os dados do transecto móvel do episódio de inverno – Julho/2014



Fonte da imagem: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Fonte dos dados: Pesquisa de campo. Elaboração: DORIGON, L.P.

Neste sentido, essas duas modelagens evidenciaram que os padrões detectados nos transectos, representados previamente por meio de pontos, foram ainda detectados e que juntamente com as temperaturas da superfície, usos e ocupações da terra e altitude foi possível extrapolar os pontos de medidas, facilitando o entendimento da distribuição de temperatura em Paranavaí.

Através desta técnica de modelagem foi possível identificar, parcialmente, o perfil de ilha de calor noturna proposto por Oke (1974), pois as maiores temperaturas ocorreram na parte central de Paranavaí, local onde foi encontrado o maior adensamento de construções e a menor presença de vegetação. Porém, ao deslocar-se do centro em direção à periferia o esperado seria a diminuição da temperatura, no entanto essa não foi a resposta obtida. Diferentemente do proposto pelo autor que tomou como exemplificação uma cidade relativamente homogênea na qual ao se distanciar do centro acarretaria na diminuição dos materiais construtivos e consequente resfriamento, Paranavaí apresenta-se de forma heterogênea em sua periferia, mesclando usos urbanos e rurais, com baixas e altas densidades

de construções e presença ou não de vegetação, além também das distinções em relação ao relevo local.

Com todas essas análises e ponderações, a principal conclusão a que se chegou através da realização destas modelagens é a de que ao associar os dados medidos em campo com as características da superfície obtêm-se ótimos resultados, fato este que se destaca no sentido de ser um avanço significativo na espacialização de dados climáticos locais. Com isso, acrescentam-se contribuições significativas nas representações cartográficas que antes somente eram feitas baseadas em interpolações lineares.

## 11 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 o meio ambiente inicialmente, diferente do que ocorre habitualmente nas cidades brasileiras, realizou-se de forma relativamente organizada.

Por meio da obtenção de dados empíricos, análises de campo, caracterização geoambiental e geourbana, processamento de dados remotos e a representação gráfica dessas informações, foi possível não somente evidenciar a existência de um clima diferenciado na cidade de Paranavaí, quando comparada a área rural próxima, mas também identificar a distribuição espacial das diferenças termo-higrométricas de acordo com as distintas formas e elementos presentes na estruturação urbana do local.

A principal conclusão obtida a partir desta pesquisa é de que Paranavaí, além de possuir diferenças térmicas e higrométricas em relação a sua área rural próxima, também cria especificidades climáticas no seu espaço intraurbano. Neste sentido, um dos objetivos principais do trabalho, a mensuração e confirmação da existência ou não de distinções termo-higrométricas dentro da cidade de Paranavaí, foi alcançado e respondido, visto que em análises episódicas tanto no verão quanto no inverno chegou-se a registrar a diferença térmica de até 5,5 °C.

A maior expressão destas diferenças termo-higrométricas esteve sempre conectada com uma sequência de estabilidade atmosférica. Todos os dias de medições ocorreram em condições propícias, com nenhuma ou pequena quantidade de nuvens, ventos fracos e sem precipitação, porém notou-se que as distinções máximas no verão ocorreram sob atuação da Massa Tropical Atlântica Continentalizada e no inverno em dias com atuação da Massa Polar Atlântica Continentalizada. Esses sistemas são tipicamente estáveis e decorrem de uma sequência de dias também estáveis que foram fundamentais para o registro das maiores diferenças térmicas e higrométricas.

Neste sentido, a análise térmica e higrométrica em escala detalhada através dos transectos móveis revelou um padrão de diferenças existentes na cidade baseado principalmente na alternância de uso da terra e na presença ou não de vegetação. Este padrão teve seu início com a presença de maiores temperaturas ao longo de todo o caminho Leste-Oeste, que percorreu a Avenida Deputado Heitor de Alencar desde seu início, na entrada da cidade, até seu fim, onde volta a ser rodovia. A concentração de altas temperaturas ocorreu, sobretudo, na área central de Paranavaí na qual este percurso se cruzava com o segundo

(Norte-Sul). No entanto, a variação térmica e higrométrica deste como um todo, não foi muito significativa.

Já no segundo percurso, o Norte-Sul, foi muito mais heterogêneo, tanto nos dados de temperatura e umidade coletados, quanto nas diferentes características de uso da terra, além da variação de altitude. Sendo assim, as maiores diferenças termo-higrométricas foram detectadas nesse caminho, além da representativa distinção de temperatura e umidade encontrada no fundo de vale vegetado do início do percurso. Elas foram tão evidentes que possibilitaram uma análise diretamente focada a fim de expor a influência da altitude no clima local.

O grande diferencial nesses percursos foi a presença ou ausência de vegetação arbórea, evidenciado pela predominância de palmeiras existente na Avenida Deputado Heitor de Alencar Furtado que não auxiliam na diminuição da temperatura local, uma vez que mesmo no centro da cidade, onde as temperaturas deveriam ser as mais elevadas, não se apresentaram tão significantes devido a existência de vegetação de porte arbóreo com largas copas.

A importância da vegetação de porte arbóreo com copas largas também foi verificada na análise do crescimento urbano e as diferenças na temperatura da superfície. Para essa análise foram elaboradas cartas de temperatura da superfície, NDVI e uso da terra a fim de cumprir a segunda parte do objetivo proposto para esse trabalho.

Na tentativa de analisar as cartas históricas geradas houve a necessidade de melhor entender o planejamento e a arborização urbana de Paranavaí e, após a apreciação da legislação municipal, concluiu-se que desde 2005 a prefeitura mantém um plano de arborização e manejo das espécies já existentes que obriga os empreendedores recentes a promover a arborização dos lotes e mantê-la até a sua venda, quando a responsabilidade passa a ser do comprador.

Os resultados obtidos com as cartas de 2002 e 2013/2014 revelaram exatamente esta política, pois os loteamentos que estavam sendo implantados, inicialmente (2002) foram inseridos na classe “Novas áreas urbanas”, com temperaturas da superfície elevadas e NDVI com valores que revelavam baixa presença de vegetação. Entretanto, nas cartas posteriores, 2013/2014, acredita-se que devido a essa política de arborização foram registradas menores termografias da superfície e os maiores índices de vegetação, sendo portanto, inclusos na classe “Urbano com vegetação”.

Nesta pesquisa foi também aplicada uma metodologia recente de espacialização dos dados obtidos por transectos móveis, a modelagem espacial, que resulta na distribuição dos dados de campo para além dos percursos nos quais foram medidos. Devido ao fato desta modelagem contar com os dados de temperatura do ar e também com informações de superfície, ela se revelou bastante adequada aos estudos aplicados à escala climática local, uma vez que foi realizada a cartografia na escala da aglomeração e para Paranavaí, os resultados obtidos estiveram fortemente relacionados com os registrados nos transectos e cartas de temperatura da superfície.

Pode-se dizer que esta dissertação trouxe duas vertentes de conclusão, a primeira voltada para o empirismo e aplicação da ciência geográfica e a segunda de cunho técnico e metodológico.

No diagnóstico referente diretamente ao clima urbano em relação aos condicionantes geoambientais e geourbanos foi observado que no tocante à distribuição da temperatura do ar, umidade do ar e temperatura da superfície em Paranavaí, as diferenças encontradas foram significativas e são resultantes da artificialização da paisagem. Contudo, entende-se também 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 relativamente equilibrada.

A política pública do município que versa sobre a arborização urbana está sendo eficiente, no que se refere aos loteamentos que estão sendo estruturados atualmente, porém deve-se despender especial atenção à principal avenida da cidade que corta o perímetro de leste a oeste, além dos bairros mais antigos, anteriores à essa legislação.

Por fim, as conclusões baseadas nos procedimentos técnicos e metodológicos confirmam a importância da utilização dos transectos móveis para a tomada de temperatura e umidade urbana, visto que este possibilitou o entendimento da distribuição desses elementos climáticos locais e ainda, quando agregado à modelagem espacial, resultaram em ótimas informações a serem analisadas. A modelagem espacial de ilha de calor se configurou e se confirmou (através da sobreposição dos pontos de temperatura dos transectos) como um avanço nas espacializações de dados climáticos na escala do local, facilitando o entendimento do clima como um fenômeno contínuo e não pontual. Além disso, as imagens de satélite do projeto Landsat são ótimas ferramentas a serem exploradas quando se busca fazer uma análise temporal em lugares onde não se tem uma rede de observações de superfície suficiente para tal fim.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, E. D. L. **Contribuição aos estudos do clima urbano: variação térmica e higrométrica em espaços intra-urbanos.** Mercator (Fortaleza. Online), v. 8, p. 181-191, 2009. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/320/258>.
- ALVES, S. P. ; RODRIGUES, E. H. V. **Sombreamento arbóreo e orientação de instalações avícolas.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 241-245, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v24n2/v24n2a01.pdf>.
- AMORIM, M. C. de C. T.. **O Clima urbano de Presidente Prudente/SP.** Tese (doutorado) FFLCH-USP, 2000.
- \_\_\_\_\_. **Climatologia e gestão do espaço urbano.** Mercator (Fortaleza. Online), v. 9, p. 71-90, 2010.
- \_\_\_\_\_. Os climas urbanos em cidades localizadas na Raia Divisória São Paulo - Paraná - Mato Grosso do Sul. In: Messias Modesto dos Passos. (Org.). **A raia divisória: São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul (cenas e cenários).** 1 ed. São Paulo: Outras Expressões, 2011, v. 1, p. 133-165.
- AMORIM M.C.C.T., DUBREUIL V., QUENOL H., SANT'ANNA J.L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins, Online**, 7, 16p., 2009. Disponível em: Acesso em 31 Out. 2014.
- AMORIM, M. C.de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L. e DUBREUIL, V.. Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat 7 em cidade tropical. **Revista de Geografia Norte Grande**, 43: 65-80, 2009.
- AMORIM, M. C. de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; DUBREUIL, V. e QUENOL, H.. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplo de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França) **Confins (Revista franco-brasileira de Geografia) [Online]**, 7-2009, 16p. <http://confins.revues.org/index6070.html>.
- \_\_\_\_\_. **Estudo do conforto térmico em ambiente tropical.** In: XIII Encuentro de Geógrafos de América Latina: estableciendo puentes en la geografía de latinoamérica, 2011, San José. Anais do XIII Egal. San José - Costa Rica : Universidad Nacional y Universidad de Costa Rica, 2011. v. 1. p. 1-16.
- AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. ; CARDOSO, R. S. . Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, p. 29-45, 2015.
- ANUNCIACÃO, V. S. da; SANT'ANNA NETO, J. L. . O Clima Urbano da Cidade de Campo Grande - MS. In: Sant'Anna Neto, João Lima. (Org.). **Os Climas das Cidades Brasileiras.** Presidente Prudente: Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP, 2002, v. , p. 61-87.



ARAÚJO, R. R. ; SANT'ANNA NETO, J. L. . O processo de urbanização na produção do clima urbano de São Luis - MA. In: Sant'Anna Neto, João Lima. (Org.). **Os Climas das Cidades Brasileiras**. 1ed. Presidente Prudente: Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP, 2002, v. , p. 21-41.

ASSIS, E. S. . **A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória**. In: VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió. Anais do VIII ENCAC e IV ELACAC. Maceió: Roriz, M.; Cabús, R. e Ghisi, E. (ed.), ANTAC, 2005. v. 1. p. 92-101.

BANA, L.. **Vilas Rurais no processo de transformação do espaço rural no município de Paranavaí**. (Tese de Mestrado apresentada ao conselho de Curso de Pós-Graduação em Geografia/FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2010.

BERNARDINO. V. M. P.. **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.

CAMARGO, C. E. S.. **Qualidade ambiental urbana em Presidente Prudente / SP**. (Dissertação de Mestrado apresentada ao conselho de Curso de Pós-Graduação em Geografia/FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2007.

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

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

CARVALHO, C.S. R. de. **O Espaço como elemento de Preservação dos Acervos com suporte em Papel**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Letras, 1998. v. 1. 44p .

CASTELLS, M.. **Urbanização, desenvolvimento e dependência**. In: \_\_\_\_\_. A questão urbana. Rio de Janeiro: Paz e Terra; 1983. Cap. 03, p. 53-84.

CHANDLER, T. J. **The climate of London**. London: Hutchison of London, 1965. 287p.

COLTRI, P. P. et. al. **Ilhas de Calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. Florianópolis, CD-ROM.

COSTA, M., A. R. **A ocorrência do *aedes aegypti* na região noroeste do Paraná: um estudo sobre a epidemia da dengue em Paranavaí – 1999, na perspectiva da geografia médica**”. (Tese de mestrado apresentada ao conselho de curso de pós-graduação em Geografia/FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2001.

DANNI-OLIVEIRA, I. M.. **Aspectos Temporo-espaciais da Temperatura e Umidade relativa de Porto Alegre em Janeiro de 1982**: contribuição ao estudo do clima urbano. São Paulo, 1987. 129p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

DUARTE, D. H. S. (2002) “Estado da arte em clima urbano e planejamento”, in: **NUTAU 2002: Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano**, 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: NUTAU/USP, p. 1102-1111.

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 (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba

FIALHO, E. S.. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. (Tese de doutorado apresentado ao Programa de pós Graduação em Geografia/FFLCH-USP). São Paulo, 2009.

FOISSARD X., QUENOL H., DUBREUIL V. **Analyse et spatialisation de l’ilot de chaleur urbain dans l’agglomération rennaise**. Actes du 26e colloque de l’AIC, Cotonou, Bénin, p.242-247, Septembre 2013.

GALLO, K. P., McNAB, A. L., KARL, T. R., BROWN, J. F., HOOD, J. J., and TARPLEY, J. D., The use of NOAAVHRR data for assessment of the urban heat-island effect. **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, p. 2223-2230, 1993.

GARCÍA, F. F.. **Manual de climatología aplicada**: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial Sintesis, 1995.

GARCÍA, M.. del C.M. **Climatologia Urbana**. Departament de geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional. Col·lecció Textos Docents. Universitat de Barcelona, 1999, 71p.

GÓMEZ, A. L., GARCÍA, Felipe F., ILERA, Fernando A.. **Teledetección y clima urbano**. Variaciones nocturnas y diurnas de la isla de calor en Madrid. Instituto de Economía y Geografía. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, 1995.

GARTLAND, L.. **Ilhas de calor como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

HARACENKO, A. A. S. **O Processo de transformação do território no Noroeste do Paraná e a construção das novas territorialidades camponesas**. (Tese de doutorado apresentado ao Programa de pós Graduação em Geografia/FFLCH-USP). São Paulo, 2007.

HUNG, T., UCHIHAMA, D., OCHI, S., YASUOKA, Y.,. Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 8, p. 34–48, 2006.

LANDSBERG, H. E. **O clima das cidades**. Tradução de Tarik Rezende de Azevedo. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, v. 18, p. 95-111, 2006.

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

LIMA, G. N. **Caracterização do clima urbano de Nova Andradina-MS**. (Dissertação de Mestrado apresentada ao conselho de Curso de Pós-Graduação em Geografia/FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2011.

LIMA, V.. **A sociedade e a sociedade e natureza na paisagem urbana: análise de indicadores para avaliar a qualidade ambiental**. (Tese de Doutorado apresentada ao conselho de Curso de Pós-Graduação em Geografia/FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2013.

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

MENDONÇA, F. de A. **O clima e o planejamento urbano de cidade de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade de Londrina, PR**. São Paulo, 1994. 322p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

MENDONÇA, F. & DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 206p.

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

\_\_\_\_\_. **O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo: Problemas e Perspectivas**. Série Teses e Monografias, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. (1986). Some aspects of the urban climate of tropical South America: the Brazilian contribution, in: **Technical Conference on Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas**, 1984, Ciudad de Mexico, Mexico. Proceedings... Geneva: WMO No. 652, p. 166-197.

\_\_\_\_\_. **A Questão ambiental no Brasil: 1960-1980**. Série Teses e Monografias, 1987.

MONTEIRO, C. A.F. MENDONÇA, F.. **Clima urbano**, São Paulo, 2003, Editora: Contexto.

MONTENEGRO, A.; EBY, M. ; MU, Q.; MULLIGAN, M.; WEAVER, A. J.; WIEBE, E. C.; ZHAO, M.. The net carbon drawdown of small scale afforestation from satellite observations. **Global and Planetary Change**, v. 69, p. 195-204, 2009.

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

NALESSO, A. P. P.; LOURIVAL S. F.. A conformação histórica das classes sociais no capitalista: uma aproximação acerca das condições de vida da classe trabalhadora no século XIX, na Inglaterra. In: II encontro de iniciação científica da FAFIPA, 2011, Paranavaí. **Anais do II Encontro de Iniciação Científica da FAFIPA**. Paranavaí: FAFIPA, 2011. v. 1. p. 01.

OKE, T. **Review of urban climatology: 1968-1973**. Geneva: World Meteorological Organization, 1974 (WMO Technical note, n. 134).

\_\_\_\_\_. **Boundary layer climates**. London: Methuen & Co, 1978.

ORTIZ, G. F. ; AMORIM, Margarete. C. C. T. . Temperatura da superfície da cidade de Cândido Mota/SP a partir da imagem de satélite Landsat7. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-16, 2011.

PARANAÍ. **Lei Complementar nº 08/2008**. Dispõe sobre o Plano Diretor e define princípios, políticas, estratégias e instrumentos para o desenvolvimento municipal e para o cumprimento da função social da propriedade no Município de Paranaíba e dá outras providências.

PARANAÍ. **Lei nº 2628/2005**. Dispõe sobre o código de arborização do município de Paranaíba – Estado do Paraná.

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.

POLIZEL, J. L.. **Geotecnologias e Clima Urbano: Aplicação dos Recursos de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas na cidade de Piracicaba, SP**. 2009. Tese (Doutorado em Geografia (Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

PONTE, K. F. . **Reflexões sobre o Programa Vila Rural a partir de algumas idéias propostas por Ignácio Rangel**. Geografia (Londrina), Londrina, 2003.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. 2. ed. São Paulo: ProEditores, 2000.

ROTH, M., OKE, T. R., and EMERY, W. J., Satellite-derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. **International Journal of Remote Sensing**, v. 10, p. 1699-1720, 1989.

SANT'ANNA NETO, J. L.. BARRIOS, N. A. Z.. **Boletim climatológico nº 1** – Estação Meteorológica da FCT/UNESP – Presidente Prudente, SP – Brasil, 1996.

\_\_\_\_\_. **As chuvas no Estado de São Paulo**. 1995. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (org). **Variabilidade e Mudanças Climáticas; implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000.

SANT'ANNA NETO, J. L., **As chuvas no estado de São Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos**. SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (org). Variabilidade e Mudanças Climáticas; implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: Eduem, 2000.

SANT'ANNA NETO, J. L. (org). **Os Climas das Cidades Brasileiras**. Presidente Prudente: [SN.], 2002.

\_\_\_\_\_. A climatologia dos geógrafos: a construção de uma abordagem geográfica do clima. In: Eliseu Savério Sposito; João Lima Sant'Anna Neto. (Org.). **Uma geografia em movimento**. 1ed.São Paulo: Expressão Popular, 2010, v. 1, p. 295-318.

\_\_\_\_\_. Escalas geográficas do clima. Mudança, variabilidade e ritmo. In: Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim; João Lima Sant'Anna Neto; Ana Monteiro. (Org.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1ed.São Paulo: Outras Expressões, 2013, v. 1, p. 75-92.

SANTOS, M.. **A urbanização brasileira**. SP: Edusp, 2009.

SILVA, L. T. ; TOMMASELLI, J. T. G. ; AMORIM, M. C. de C. T. . O clima urbano de Penápolis-SP: um episódio de inverno. In: João Lima Sant'Anna Neto. (Org.). **Os climas das Cidades Brasileiras**. 1ed.Presidente Prudente-SP: , 2002, v. 1, p. 145-163.

SOUZA, I. A. **Variabilidade climática e sua influência na produtividade da cana-de-açúcar (Saccharum spp) na região norte e noroeste do Paraná**. (Dissertação de doutorado apresentado ao Programa de pós Graduação em Geografia/ FFLCH-USP). São Paulo, 2010.

SOUZA, M. B.. **Influência de lagos artificiais no clima local e no clima urbano: estudo de caso em Presidente Epitácio (SP)**.2010. Tese (Doutorado em Geografia (Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

STEWART, I., OKE, T. **Classifying climate field sites by “local climate zones”: the case of Nagano, Japan**. THE SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 2009, Yokohama, Japan. Disponível em: <[http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended\\_abstracts/pdf/385055-1-090515165722-002.pdf](http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended_abstracts/pdf/385055-1-090515165722-002.pdf)>. Acesso em 24 de mai. 2011.

STREUTKER, D.R.. A remote sensing study of the urban heat island of Houston,Texas. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23 (13), p. 2595–2608, 2002.

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, 1977.

UGEDA JUNIO, J. C.. **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, 2012.

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

VOOGT, J.; OKE, T. R.; Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, p. 370-384, 2003.

WENG, Q.. Thermal infrared remote sensing of urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 64, p. 335-344, 2003.

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](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.

**NOTA**

Uma versão do capítulo 8 está sendo preparada para publicação: Dorigon, L.P e Amorim, M.C.C.T.

Uma versão do capítulo 9 está sendo preparada para publicação: Dorigon, L.P e Amorim, M.C.C.T.

Uma versão do capítulo 10 foi submetida para publicação: Dorigon, L.P. e Amorim, M.C.C.T., 2016.