UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

GILSON CAMPOS FERREIRA DA CRUZ

**Clima Urbano de Ponta Grossa-PR: uma abordagem da dinâmica climática em cidade
média subtropical brasileira**

São Paulo
2009

GILSON CAMPOS FERREIRA DA CRUZ

**Clima Urbano de Ponta Grossa-PR: uma abordagem da dinâmica climática em cidade
média subtropical brasileira**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de Concentração: Geografia Física
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Magda Adelaide Lombardo.

São Paulo
2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

C957c

Cruz, Gilson Campos Ferreira da
Clima Urbano de Ponta Grossa –PR : uma abordagem da
dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira / Gilson
Campos Ferreira da Cruz. Ponta Grossa, 2009.
366 f.

Tese (Doutorado em Geografia – Área de Concentração :
Geografia Física) – Universidade de São Paulo. Faculdade de
Filosofia, Letras e Ciências Humanas.

Orientadora : Profa. Dra. Magda Adelaide Lombardo

1. Clima urbano. 2. Área urbana 3. Técnicas estatísticas.
4. Planejamento. 5. Ponta Grossa. I. Lombardo, Magda
Adelaide. II. T.

CDD : 551.6

FOLHA DE APROVAÇÃO

Gilson Campos Ferreira da Cruz

Clima Urbano de Ponta Grossa-PR: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira.

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Aprovado em :

BANCA EXAMINADORA

Profª. Drª. Magda Adelaide Lombardo

Instituição: USP – UNESP

Assinatura_____

Profª. Drª. Luci Hidalgo Nunes

Instituição: UNICAMP

Assinatura_____

Prof. Dr. Emerson Galvani

Instituição: USP

Assinatura_____

Prof. Dr. Demóstenes Ferreira da Silva Filho

Instituição: USP – ESALQ

Assinatura_____

Prof. Dr. José Bueno Conti

Instituição: USP

Assinatura_____

A Suzana, minha esposa;

A Paula, Eduardo e Guilherme, meus filhos;

a Elicélia, minha irmã;

a meus pais Pedro e Idalina (in memorian),

e a meus avós Honorato e Lydia (in memorian).

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

A Prof^ª. Dr^ª. Magda Adelaide Lombardo, pela convivência, orientação, sugestões e apoio em todas as etapas de realização do trabalho.

A Prof^ª. Dr^ª. Maria João Alcoforado pela orientação durante a realização do Estágio de Doutorado no Exterior.

Ao Prof. Dr. Henrique Andrade e Prof. Dr. Antônio Lopes Manuel Saraiva Lopes, pelo apoio durante o Estágio de Doutorado na Universidade de Lisboa.

Aos meus irmãos Edinilson e Anísio, pelo apoio, pelo convívio e pelo vários momentos em que trocaram idéias comigo sobre os mais diversos assuntos e que de uma forma ou outra contribuíram para o meu crescimento.

Aos alunos que participaram do Curso de Extensão em Clima Urbano oferecido pelo Departamento de Geografia, com o apoio da Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pelo apoio durante a realização das duas etapas do trabalho de Campo realizadas para obtenção dos dados climáticos da área urbana de Ponta Grossa (Anexo 2).

Aos amigos Jefferson Lordello Polizel e Marcelo Emilio, no Brasil e Jorge Rocha, em Portugal, pelo apoio e pelas oportunidades de trocar informações importantes para o desenvolvimento da tese.

Ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP - Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

Ao Laboratório de Climatologia e Biogeografia do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP - Universidade de São Paulo, pelo empréstimo dos equipamentos necessários para a realização da pesquisa.

Ao CEG – Centro de Estudos Geográficos da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, pela aceitação e pela disponibilização das dependências para realização do Estágio de Doutorado.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa PICDT e pela bolsa PDEE (Sanduíche), para o Estágio de Doutorado no Exterior, sem as quais não teria sido possível o desenvolvimento da pesquisa.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa pela possibilidade da bolsa PICDT, liberação em tempo integral e pelo apoio nos momentos necessários.

A Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, pelo apoio quando da realização do curso de Extensão Teoria e Prática em Clima Urbano, que permitiu a coleta de dados nos trabalhos de campo.

Ao Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG e a todos os seus professores que não mediram esforços para proporcionar a liberação com tempo integral durante todo o tempo de realização do curso de Doutorado e pelo apoio prestado.

Ao Departamento de Geoprocessamento da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa pelo apoio na seção de documentos e arquivos digitais.

Ao Pólo Regional de Pesquisas do IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná pelo apoio e pela liberação de dados de sua Estação Agrometeorológica.

A Fundação ABC pelo apoio e pela liberação de dados de sua estação meteorológica.

Ao SIMEPAR pelos dados e informações fornecidas durante o processo de coleta de dados e para dar sustentação em algumas argumentações.

Auguste de Saint –Hilaire quando passou pelos Campos Gerais fez diversas observações sobre a região e sobre o clima e a hidrografia, falou o seguinte:

De qualquer maneira, não será errado supor, pelo que eu já disse até agora, que os Campos Gerais sejam uma região extremamente salubre. Embora o inverno seja rigoroso, pode-se afirmar que o clima é temperado; há ventos frequentes e o ar circula livremente por toda a região; suas águas, embora inferiores às da parte oriental de Minas Gerais, são ainda assim bastante boas. Não existem brejos em nenhum lugar, praticamente, e os rios correm celeremente, como já disse acima, por leitos de pedra.

Saint-Hilaire

Viagem a Curitiba e Província de Santa Catarina

RESUMO

CRUZ, G. C. F. da. **Clima Urbano de Ponta Grossa-PR: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira.** 2009. 366 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, 2009.

O ser humano vem provocando mudanças no clima, por meio da transformação da natureza, seja para sua ocupação do espaço, sejam para desenvolver suas atividades. Na medida em que o homem se concentra em determinadas áreas, a pressão sobre os condicionantes naturais aumenta. As cidades constituem um dos melhores exemplos da concentração de pessoas e atividades em um mesmo lugar e também da intensa interferência do homem no ambiente. As mudanças ambientais provocadas pelas ações antrópicas geram consequências a ponto de criar um clima especial, o Clima Urbano. Ao detalhar este clima verifica-se que no contexto da cidade ocorrem diversos microclimas diretamente relacionados com a presença dos elementos que compreende o ambiente produzido pelo processo de urbanização - a área urbana. A intensidade com que o Clima Urbano se faz perceber depende do tamanho da cidade, do modelo de ocupação, das atividades desenvolvidas, número de habitantes e do grau de alterações provocadas no meio ambiente. A área urbana de Ponta Grossa, no estado do Paraná, uma cidade subtropical de 310 mil habitantes, possui relevo irregular, com muitos fundos de vale, com extensa ocupação horizontal que se estende para todas as direções e vertical principalmente no centro, constitui a área de estudo do presente trabalho. Na busca de identificar o clima da cidade de Ponta Grossa, foi desenvolvido trabalho de campo para a produção de dados sobre o clima local, os quais foram tratados através de técnicas estatísticas e com programas de geoprocessamento, que resultou em um vasto material cartográfico, que permitiu fazer algumas inferências importantes sobre o Clima Urbano. As conclusões mostram que o Clima Urbano de Ponta Grossa, como em outras áreas urbanas é condicionado pelas construções, pela circulação de veículos, pela ausência ou presença da arborização urbana e pelos condicionantes naturais, como altitude e a exposição de vertentes. Além disso, as condições climáticas regionais também atuam de forma contundente na cidade, como no caso do avanço das frentes frias, quando da entrada de massas de ar e da ação dos ventos que predominantemente sopram de leste, nordeste e sudeste. Por fim concluiu-se também que ocorre a formação da ilha de calor no centro da cidade, porém com deslocamentos para o sul da cidade, até onde se verifica um processo mais intenso de urbanização, assim como para oeste onde a combinação da urbanização, intensa presença de fundos de vale com a exposição de vertentes de forma predominante para o quadrante norte, favorecem as temperaturas mais elevadas. Por fim, os resultados apontam para o fato de que o estudo do clima urbano de Ponta Grossa pode ser utilizado para o planejamento urbano e revisão do plano diretor, pois há indicativos de que é possível melhorar a qualidade de vida da população de algumas áreas da cidade com um planejamento que leve em consideração as características do clima local.

Palavras chaves: clima urbano, área urbana, técnicas estatísticas, planejamento, Ponta Grossa.

ABSTRACT

CRUZ, G. C. F. da. **Urban climate Ponta Grossa-PR**: an approach to climate dynamics in subtropical Brazilian city average. 2009. 366 f Thesis (Doctoral). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, 2009.

The human being has led to changes in climate through the transformation of nature, whether for its occupation of space, is to develop its activities. To the extent that the man is concentrated in certain áreas, pressure on the natural conditions increases. The city is one of the best examples of the concentration of people and activities in one place and also the intense human interference in the environment. Environmental changes caused by human actions generate consequences as to create a special climate, the urban climate. By describing this climate it appears that in the context of the city different microclimates occur directly related to the presence of the elements comprising the environment produced by the process of urbanization - the urban área. The intensity with which the urban climate makes them perceive depends on the size of the city, the model of occupation, the activities developed, number of inhabitants and the degree of induced changes in the environment. The urban área of Ponta Grossa, Parana state, a subtropical city of 310 thousand inhabitants, has irregular relief, with many of the valleys, with extensive occupation horizontal stretching in all directions and especially in the vertical center, is the área study of this work. In seeking to identify the climate of the city of Ponta Grossa, was developed fieldwork for the production of data on local climate, which were treated by statistical techniques and GIS programs, which resulted in an extensive map material, which allowed to make some important inferences about the urban climate. The findings show that the urban climate of Ponta Grossa, as in other urban áreas is affected by the construction, the movement of vehicles, the absence or presence of urban tree planting and by natural conditions such as altitude and exposure of slopes. Moreover, the regional climate conditions also act forcefully in the city, as in the advance of cold fronts, when the entry of air masses and the action of the winds predominantly blow from the east, northeast and southeast. Finally it was felt that there is the formation of heat islands in the city center, but with shifts to the south of the city, even where there is a more intense process of urbanization, and to the west where the combination of urbanization, intensive presence of the valleys with exposure to áreas of predominantly North quadrant to favor the higher temperatures. Finally, the results point to the fact that the study of urban climate of Ponta Grossa can be used for planning and review of the master plan, as there are indications that it is possible to improve the quality of life of the population in some áreas of city with a plan that takes into account the characteristics of the local climate.

Key words: urban climate, urban área, statistical techniques, planning, Ponta Grossa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Comportamento da radiação de onda curta e onda longa em área construída e em área não construída.....	38
Figura 2	Localização da Área de Estudo.....	61
Figura 3	Hipsometria da Área Urbana de Ponta Grossa.....	63
Figura 4	Modelo Digital do Terreno e a Hidrografia da Área Urbana de Ponta Grossa.....	65
Figura 5	Declividade da Área Urbana de Ponta Grossa.....	67
Figura 6	Exposição de Vertentes da Área Urbana da Ponta Grossa.....	69
Figura 7	Vertentes de Exposição Norte na Área Urbana de Ponta Grossa.....	71
Figura 8	<i>NDVI</i> da Área Urbana de Ponta Grossa.....	73
Figura 9	Evolução da Área Urbana de Ponta Grossa entre 1960 e 2008.....	82
Figura 10	Evolução da Área Urbana de Ponta Grossa entre 1960 e 2008, sobre a base hipsométrica.....	83
Figura 11	Uso da Terra para a Área Urbana de Ponta Grossa.....	86
Figura 12	Localização dos Pontos de Amostragem na Área Urbana de Ponta Grossa.....	89
Figura 13	Vista em direção ao Sul do abrigo meteorológico do Ponto Jardim Carvalho	90
Figura 14	Vista parcial do Ponto Santa Luzia , com seu mini-abrigo meteorológico.....	90
Figura 15	Foto do mini-abrigo no Ponto Boa Vista , com vista para sudoeste.....	91
Figura 16	Vista a Sul a partir do mini-abrigo do Ponto Praça Barão do Rio Branco/exterior , rua lateral Leste.....	91
Figura 17	Foto a partir do mini-abrigo do Ponto Santa Paula , com vista para o Norte.....	92
Figura 18	Foto mostrando o mini-abrigo e a área de entorno do Ponto Olarias , na direção Nordeste.....	92

Figura 19	Foto mostrando uma vista parcial da posição do Ponto Hilgemberg , em direção a Sudeste.....	93
Figura 20	Vista à Noroeste do mini-abrigo do Ponto Santo Antônio , na Vila Santo Antônio, na Ronda.....	93
Figura 21	Vista Leste, a partir do mini-abrigo instalado no Ponto Felicidade	94
Figura 22	Vista parcial da área onde foi instalado o mini-abrigo do Ponto Arroio do Padre	94
Figura 23	Vista a Leste a partir do mini-abrigo do Ponto XV de Novembro	95
Figura 24	Vista parcial do mini-abrigo no Ponto 26 de Outubro e seu entorno.....	95
Figura 25	Fotografia que permite uma visão parcial do entorno do mini-abrigo no Ponto Uvaranas/Barbosa	97
Figura 26	Vista Sudeste, a partir do mini-abrigo do Ponto Uvaranas/Bom Jesus ...	97
Figura 27	Foto do mini-abrigo, no Ponto Uvaranas/UEPG , vista a Sul/Sudoeste...	98
Figura 28	Vista a partir do mini-abrigo do Ponto Jardim Europa , no sentido Noroeste.....	98
Figura 29	Vista a sudeste, do mini-abrigo do Ponto Distrito Industrial	99
Figura 30	Vista do interior da Praça Barão do Rio Branco, com o mini-abrigo do Ponto Praça Barão do Rio Branco/interior	99
Figura 31	Vista parcial, ao sul do mini-abrigo posicionado no Ponto Palmeirinha .	100
Figura 32	Foto do fundo do vale do Arroio Pilão de Pedra, vista a leste do mini-abrigo do Ponto Ana Rita	100
Figura 33	Imagem GOES 12 IR 4.....	104
Figura 34	Imagem Global <i>GOES + METEOSAT</i> do dia 10/12/2006, 12h GMT.....	105
Figura 35	Imagem Global <i>GOES + METEOSAT</i> do dia 10/12/2006, 15h GMT.....	105
Figura 36	Imagem Global <i>GOES + METEOSAT</i> do dia 10/12/2006, 18h GMT.....	105
Figura 37	Imagem Global <i>GOES + METEOSAT</i> do dia 10/12/2006, 21h GMT.....	105
Figura 38	Carta Sinótica do dia 10/12/2006 às 12h GMT.....	106
Figura 39	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa....	122

Figura 40	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	124
Figura 41	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.....	125
Figura 42	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	126
Figura 43	Imagem de Satélite do dia 11/12/2006.....	127
Figura 44	Imagem Global <i>GOES</i> + <i>METEOSAT</i> do dia 11/12/2006, 12h <i>GMT</i>	128
Figura 45	Imagem Global <i>GOES</i> + <i>METEOSAT</i> do dia 11/12/2006, 15h <i>GMT</i>	128
Figura 46	Imagem Global <i>GOES</i> + <i>METEOSAT</i> do dia 11/12/2006, 18h <i>GMT</i>	128
Figura 47	Imagem Global <i>GOES</i> + <i>METEOSAT</i> do dia 11/12/2006, 21h <i>GMT</i>	128
Figura 48	Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 11/12/2006 às 12h <i>GMT</i>	129
Figura 49	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	147
Figura 50	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	149
Figura 51	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.....	150
Figura 52	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	152
Figura 53	Imagem Global <i>GOES</i> + <i>METEOSAT</i> do dia 12/12/2006, 12h <i>GMT</i>	153
Figura 54	Imagem Global <i>GOES</i> + <i>METEOSAT</i> do dia 12/12/2006, 15h <i>GMT</i>	153
Figura 55	Imagem Global <i>GOES</i> + <i>METEOSAT</i> do dia 11/12/2006, 16h <i>GMT</i>	154
Figura 56	Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 12/12/2006 às 12h <i>GMT</i>	154
Figura 57	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	171
Figura 58	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	173

Figura 59	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.....	174
Figura 60	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	175
Figura 61	Imagem Global <i>GOES</i> + <i>METEOSAT</i> do dia 13/12/2006, 12h <i>GMT</i>	176
Figura 62	Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 13/12/2006 às 12h <i>GMT</i>	177
Figura 63	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	194
Figura 64	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	196
Figura 65	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.....	197
Figura 66	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	198
Figura 67	Imagem <i>GOES</i> de 29/07/2007.....	199
Figura 68	Imagem <i>GOES</i> 10, canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 29/07/2007, 12h <i>GMT</i>	200
Figura 69	Imagem <i>GOES</i> 10, canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 29/07/2007, 18h <i>GMT</i>	200
Figura 70	Imagem <i>GOES</i> 10, canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 29/07/2007, 23h45 <i>GMT</i>	201
Figura 71	Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 29/07/2007 às 12h <i>GMT</i>	202
Figura 72	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	221
Figura 73	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	223
Figura 74	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.....	224

Figura 75	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	225
Figura 76	Imagem <i>GOES</i> de 30/07/2007.....	226
Figura 77	Imagem <i>GOES 10</i> , canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 30/07/2007, 12h <i>GMT</i>	227
Figura 78	Imagem <i>GOES 10</i> , canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 30/07/2007, 18h <i>GMT</i>	227
Figura 79	Imagem <i>GOES 10</i> , canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 30/07/2007, 23h45 <i>GMT</i>	227
Figura 80	Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 30/07/2007 às 12h <i>GMT</i>	228
Figura 81	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	247
Figura 82	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	249
Figura 83	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17h na área urbana de Ponta Grossa.....	250
Figura 84	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	251
Figura 85	Imagem <i>GOES 10</i> , canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 31/07/2007, 12h <i>GMT</i>	252
Figura 86	Imagem <i>GOES 10</i> , canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 31/07/2007, 15h <i>GMT</i>	252
Figura 87	Imagem <i>GOES 10</i> , canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 31/07/2007, 20h <i>GMT</i>	252
Figura 88	Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 31/07/2007 às 12h <i>GMT</i>	253
Figura 89	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	271
Figura 90	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	273
Figura 91	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.....	274

Figura 92	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	276
Figura 93	Imagem <i>GOES 10</i> , canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 01/08/2007, 12h <i>GMT</i>	278
Figura 94	Imagem <i>GOES 10</i> , canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 01/08/2007, 18h <i>GMT</i>	278
Figura 95	Imagem <i>GOES 10</i> , canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 01/08/2007, 23h45 <i>GMT</i>	278
Figura 96	Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 01/08/2007 às 12h <i>GMT</i>	279
Figura 97	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	300
Figura 98	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	302
Figura 99	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.....	303
Figura 100	Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.....	305
Figura 101	Mapa Temperatura Estimada por regressão para a Área Urbana de Ponta Grossa a partir dos dados do campo de dezembro de 2006.....	312
Figura 102	Mapa Temperatura Estimada por regressão para a Área Urbana de Ponta Grossa com base nos dados de dezembro/2006 utilizando um valor constante de <i>NDVI</i>	314
Figura 103	Mapa Diferença entre a temperatura estimada com <i>NDVI</i> normal e com <i>NDVI</i> constante por regressão linear múltipla para a Área Urbana de Ponta Grossa com base na média da temperatura registrada em dezembro/2006	316
Figura 104	Mapa Temperatura Estimada por regressão para a Área Urbana de Ponta Grossa com base nos dados dos meses de julho e agosto de 2007.....	318
Figura 105	Mapa Temperatura Estimada por regressão para a Área Urbana de Ponta Grossa com base nos dados dos meses de julho e agosto de 2007 e com o <i>NDVI</i> constante.....	320
Figura 106	Mapa Diferença entre a temperatura estimada com <i>NDVI</i> normal e com <i>NDVI</i> constante por regressão linear múltipla para a Área Urbana de Ponta Grossa com base na média da temperatura registrada em julho e agosto/2007.....	322

Figura 107	Temperatura da área urbana de Ponta Grossa obtida por meio da banda termal de uma imagem <i>Landsat 5 – TM</i>	326
Figura 108	Localização dos pontos de onde foram feitos os registros fotográficos para determinar o índice – fator de visão do céu.....	328
Figura 109	A - Ponto Jardim Carvalho - B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> com o Caminho aparente do sol.....	330
Figura 110	A - Ponto Santa Luzia - B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> com o caminho aparente do Sol.....	330
Figura 111	A - Ponto Boa Vista – B – Caminho aparente do Sol em dez/2006 e em julho/2007 na imagem processada no <i>RayMan</i>	331
Figura 112	A - Ponto Praça B R Branco/ex – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do Sol em dez/2006 e em jul/2007.....	332
Figura 113	A - Ponto Santa Paula - B – Caminho aparente do Sol em dez/2006 e jul/2007, na imagem processada no <i>RayMan</i>	332
Figura 114	A - Ponto Olarias - B – Caminho aparente do Sol em dez/2006 e jul/2007, na imagem processada no <i>RayMan</i>	333
Figura 115	A - Ponto Hilgemberg – B – Imagem processada no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	334
Figura 116	A - Ponto Santo Antônio – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	334
Figura 117	A - Ponto Felicidade – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	335
Figura 118	A - Ponto Arroio do Padre – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	335
Figura 119	A - Ponto XV de Novembro – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	336
Figura 120	A - Ponto 26 de Outubro – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	337
Figura 121	A - Ponto Uvaranas/Barbosa – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	337
Figura 122	A - Ponto Uvaranas/Bom Jesus – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	338

Figura 123	A - Ponto Uvaranas/UEPG – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	339
Figura 124	A - Ponto Jardim Europa – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	339
Figura 125	A - Ponto Distrito Industrial – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	340
Figura 126	A - Ponto Praça B R Branco/in – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	341
Figura 127	A - Ponto Palmeirinha – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	341
Figura 128	A - Ponto Ana Rita – B – Imagem inserida no <i>RayMan</i> , com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.....	342

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 10/12/2006.....	110
Gráfico 2	Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 10/12/2006.....	110
Gráfico 3	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul	111
Gráfico 4	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul..	112
Gráfico 5	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul..	113
Gráfico 6	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.....	114
Gráfico 7	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.....	115
Gráfico 8	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.....	116
Gráfico 9	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.	118
Gráfico 10	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul...	119
Gráfico 11	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul...	120
Gráfico 12	Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 11/12/2006.....	133
Gráfico 13	Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 11/12/2006.....	134
Gráfico 14	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 29 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul	136
Gráfico 15	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul..	137

Gráfico 16	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul..	138
Gráfico 17	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.....	139
Gráfico 18	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.....	140
Gráfico 19	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.....	142
Gráfico 20	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.	143
Gráfico 21	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul...	144
Gráfico 22	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul...	145
Gráfico 23	Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 12/12/2006.....	159
Gráfico 24	Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 12/12/2006.....	159
Gráfico 25	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 12 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul	161
Gráfico 26	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 12 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul..	162
Gráfico 27	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul..	163
Gráfico 28	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 12 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.....	164
Gráfico 29	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 12 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.....	165

Gráfico 30	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 12 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.....	166
Gráfico 31	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 12 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.	167
Gráfico 32	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 12 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul...	168
Gráfico 33	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 12 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul...	169
Gráfico 34	Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 13/12/2006.....	181
Gráfico 35	Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 13/12/2006.....	181
Gráfico 36	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul	183
Gráfico 37	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul..	184
Gráfico 38	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul..	185
Gráfico 39	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.....	186
Gráfico 40	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.....	187
Gráfico 41	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.....	188
Gráfico 42	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.	189
Gráfico 43	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul...	190
Gráfico 44	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul...	192

Gráfico 45	Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 29/07/2007.....	207
Gráfico 46	Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 29/07/2007.....	207
Gráfico 47	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 29 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.....	209
Gráfico 48	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 29 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.....	210
Gráfico 49	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 29 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.....	211
Gráfico 50	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 29 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste – Leste.....	213
Gráfico 51	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 29 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste – Leste.....	214
Gráfico 52	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 29 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste – Leste.....	215
Gráfico 53	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 29 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul....	217
Gráfico 54	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 29 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.....	218
Gráfico 55	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 29 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.....	219
Gráfico 56	Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 30/07/2007.....	232
Gráfico 57	Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 30/07/2007.....	232
Gráfico 58	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 30 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.....	234
Gráfico 59	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 30 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.....	235

Gráfico 60	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 30 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.....	237
Gráfico 61	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 30 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.....	238
Gráfico 62	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 30 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.....	239
Gráfico 63	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 30 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.....	241
Gráfico 64	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 30 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.....	242
Gráfico 65	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 30 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.....	243
Gráfico 66	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 30 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.....	245
Gráfico 67	Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 31/07/2007.....	257
Gráfico 68	Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 31/07/2007.....	257
Gráfico 69	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 31 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.....	258
Gráfico 70	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 31 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.....	259
Gráfico 71	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 31 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.....	261
Gráfico 72	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 31 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.....	262
Gráfico 73	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 31 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.....	263

Gráfico 74	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 31 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.....	265
Gráfico 75	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 31 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.....	266
Gráfico 76	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 31 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.....	267
Gráfico 77	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 31 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.....	269
Gráfico 78	Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 01/08/2007.....	283
Gráfico 79	Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 01/08/2007.....	284
Gráfico 80	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 01 de agosto de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.....	285
Gráfico 81	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 01 de agosto de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.....	287
Gráfico 82	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 01 de agosto de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.....	288
Gráfico 83	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 01 de agosto de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.....	290
Gráfico 84	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 01 de agosto de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.....	292
Gráfico 85	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 01 de agosto de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.....	293
Gráfico 86	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 01 de agosto de 2007, no transecto EF – Norte - Sul....	295
Gráfico 87	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 01 de agosto de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.....	296
Gráfico 88	Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 01 de agosto de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.....	298
Gráfico 89	Relação entre a temperatura registrada às 10h e às 21h do dia 13/12/2006 e o fator de visão do céu.....	345
Gráfico 90	Relação entre a temperatura registrada das 11h e 19h do dia 31/07/2007 e o fator de visão do céu.....	346

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Albedo de alguns materiais e superfícies em áreas urbanas.....	41
Tabela 2	Albedo de algumas superfícies em áreas urbanas.....	41
Tabela 3	Albedo de algumas das principais superfícies na zona rural.....	41
Tabela 4	Área e porcentagem de cada uma das vertentes segundo a exposição.....	68
Tabela 5	Variação da umidade relativa do ar durante o dia.....	77
Tabela 6	Uso da Terra na área urbana de Ponta Grossa.....	84
Tabela 7	Temperatura do ar e a temperatura extraída da banda termal de uma imagem <i>Landsat 5 – TM</i> para a área urbana de Ponta Grossa.....	323

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Principais elementos climáticos condicionantes do clima paranaense.....	74
Quadro 2	Indicadores meteorológicos para a região de Ponta Grossa.....	79
Quadro 3	Localização e Coordenadas dos 20 pontos onde foram instalados os registradores.....	87
Quadro 4	Fator de visão do céu (<i>Sky View Factor</i>) e algumas características de uso e ocupação do solo nos 20 pontos de coleta de dados.....	344

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEG	<i>Centro de Estudos Geográficos</i>
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DSA	Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (INPE/CPTEC)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ex	Externo
Fundação ABC	Fundação de assistência técnica e divulgação agropecuária vinculada às Cooperativas Capal (Arapoti), Batavo (Carambei) e Castrolanda (Castro)
GMT	<i>Greenwich Mean Time</i> (tempo médio de <i>greenwich</i>)
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
in	Interno
N, E, S, W	Norte, Leste, Sul e Oeste
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NE, SE, SW, NW	Nordeste, Sudeste, Sudoeste e Noroeste
NIR	Near Infra-red
NNE, ENE, ESE, SSE, SSW, WSW, WNW, NNW	Norte-nordeste, leste-nordeste, leste-sudeste, sul-sudeste, sul-sudoeste, oeste-sudoeste, oeste-noroeste e norte-noroeste
PMPG	Prefeitura Municipal de Ponta Grossa
Praça B R Branco	Praça Barão do Rio Branco
RED	Vermelho
S.C.U	Sistema Clima Urbano
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Paraná
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SVF	<i>Sky View Factor</i>
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
USP	Universidade de São Paulo
UTC	<i>Universal Time, Coordinated</i> (hora universal)

LISTA DE SIMBOLOS

Q^*	Balanço de radiação
$K \downarrow$	Radiação global (direta + difusa) (pequeno comprimento de onda).
$K \uparrow$	Radiação refletida (pequeno comprimento de onda).
K^*	Balanço de radiação (pequeno comprimento de onda).
$L \downarrow$	Radiação emitida pela atmosfera (grande comprimento de onda).
$L \uparrow$	Radiação emitida pela superfície da terra (grande comprimento de onda).
L^*	Balanço de radiação (grande comprimento de onda).
QF	Fluxo de calor antropogênico
QE	Fluxo de calor latente
QH	Fluxo de calor sensível
ΔQS	Fluxo de calor armazenado no solo e nos edifícios.
ΔQA	Advecção
Wm^{-2}	Unidade de medida para todas as variáveis.
hPa	Hector pascal
Km	Quilômetro
km^2	Quilômetro quadrado
m	Metro
mm	Milímetro
h	Hora
min	Minuto
$^{\circ}C$	Graus Celsius
$\hat{Y}$	Vetor das leituras (variável a ser explicada).
$\beta_0, \beta_1,$	Vetor dos parâmetros (variável dependente e variáveis independentes).
β_k	
$x_1, x_3,$	Matriz das observações (variáveis explicativas).
x_4	
$^{\circ}$	Grau
'	Minuto
"	Segundo
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	28
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	32
3	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	52
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	60
4.1	Área Urbana de Ponta Grossa.....	60
4.2	Aspectos Geoecológicos da Área de Estudo e sua relação com o Clima Urbano.....	62
4.3	A Dinâmica Climática Regional – uma abordagem escalar.....	74
4.4	Processo de Urbanização de Ponta Grossa e o desenho urbano atual.....	81
5	O CLIMA URBANO DE PONTA GROSSA – PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	87
6	A DINÂMICA CLIMÁTICA NA ÁREA URBANA – INTEGRAÇÃO ESCALAR.....	101
6.1	Dinâmica climática no mês de dezembro de 2006.....	104
6.2	Dinâmica climática nos meses de julho e agosto de 2007.....	199
7	O CLIMA URBANO E A ILHA DE CALOR DA CIDADE DE PONTA GROSSA.....	305
8	A IMAGEM TERMAL E SUAS APLICAÇÕES NO CLIMA URBANO	323
9	A CONTRIBUIÇÃO DA ANÁLISE DO FATOR DE VISÃO DO CÉU NO ESTUDO DO CLIMA URBANO DE PONTA GROSSA.....	327
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	347
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	352
	ANEXOS	362

1 – INTRODUÇÃO

A intervenção humana no ambiente é algo inerente a presença do homem na superfície terrestre, porém a velocidade e a intensidade com que isto ocorre torna-se um fato que instiga inúmeros estudos por parte dos pesquisadores que se vêem preocupados com as alterações ambientais e suas consequências para o ser humano.

Com o advento do sedentarismo, o homem passou a se concentrar em determinadas áreas e desde então as mudanças nas condições ambientais se tornaram cada vez mais evidentes e com consequências inevitáveis, na medida em que os problemas apareceram, aumentaram e passaram a interferir no dia a dia das pessoas.

As mudanças provocadas pelo homem no ambiente assumem proporções sem precedentes nas áreas de maior concentração de pessoas, que são as cidades. Nas áreas urbanas as alterações ambientais são mais contundentes, com maior intensidade e com consequências que resultam em um clima especial, o Clima Urbano.

O Clima Urbano é então o clima que se observa nas áreas urbanas, que envolve as condições naturais pré-existentes e também transformadas pela ação do homem e a cidade com todos os seus elementos, os quais criam inúmeros microclimas. As atividades humanas e a dinâmica existente no cotidiano das cidades, também, contribuem para as variações constantes do tempo nas áreas urbanas, que culminam em condições diferenciadas com relação ao clima da cidade.

Os estudos sobre o Clima Urbano são inúmeros, tanto no Brasil como no exterior, abrangeu um número muito grande de cidades, inseridas em regiões com características climáticas das mais distintas, particularmente nas regiões temperadas, mas também nas regiões tropicais e subtropicais.

No sentido de encontrar um meio de estudar e obter resultados cada vez mais precisos e convincentes no âmbito dos estudos de Clima Urbano, várias metodologias foram

propostas e desenvolvidas ao longo de todos estes anos de estudos, até porque, como cada cidade tem suas particularidades, é difícil encontrar uma metodologia que atenda a todas as situações existentes.

Com relação às metodologias, destaque deve ser dado para o Sistema Clima Urbano proposto pelo professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, o uso de algoritmos associados com trabalho de campo proposto por Magda Adelaide Lombardo para o estudo da Ilha de Calor de São Paulo, a proposta de Maria João Alcoforado e Henrique Andrade que a partir de uma série de dados produzidos, num primeiro momento com pontos móveis e depois fixos, utilizou-se de diversas técnicas, entre elas a da regressão linear múltipla para estudar o Clima Urbano de Lisboa.

Os avanços da informática têm trazido benefícios para todas as áreas do conhecimento e com a Climatologia isto não ocorre de forma diferente, pois várias são as técnicas utilizadas que evoluíram muito com o uso do computador e dos mais diferentes *softwares*, os quais permitem a sistematização, análise e apresentação dos dados obtidos em pesquisa de campo ou gerados a partir das imagens de satélites, mais rápido, com maior precisão e melhor qualidade.

Na presente pesquisa a área de estudo compreende a área urbana da cidade de Ponta Grossa, no estado do Paraná, com uma área total de aproximadamente 2,04 km², dividida em 16 bairros.

O trabalho tem por objetivo apresentar o Clima Urbano da referida cidade, com base em dados de trabalho de campo, associados aos dados de imagem de satélite e levantamento bibliográfico, com a utilização de uma metodologia fundamentada nas propostas de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, Magda Adelaide Lombardo e Maria João Alcoforado, para estudo de clima urbano.

Os dados gerados em duas etapas de trabalho de campo foram analisados com o auxílio de três técnicas. Na perspectiva de fazer uma análise dos dados sob a luz da identificação da formação de Ilha de Calor na área urbana de Ponta Grossa, realizou-se a distribuição dos pontos de amostragem em três transectos.

A sistematização dos dados foi feita com o intuito de gerar gráficos que permitissem analisar o comportamento da temperatura ao longo dos dias do trabalho de campo. A partir dos gráficos buscou-se estabelecer relações entre a temperatura e a umidade relativa.

Posteriormente associaram-se os dados de temperatura e umidade relativa com a circulação de automóveis, pessoas, presença de nuvens, sombreamento sobre o local, direção do vento e em alguns casos, também a velocidade do vento e condições gerais do tempo.

Em um segundo momento os dados foram tratados em seu conjunto, com a utilização da krigagem ordinária, com o objetivo de realizar a interpolação espacial dos dados, para observar o comportamento espacial dos registros de temperatura, quando foi gerado um cartograma para cada horário de registro, para os oito dias de trabalho de campo, para analisar o comportamento da temperatura em toda a área urbana e estabelecer relações com os demais dados levantados e descritos no parágrafo anterior.

No terceiro momento, os dados foram sistematizados e tratados com a utilização da técnica da regressão linear múltipla passo a passo, visando encontrar um modelo que apresentasse o melhor conjunto de variáveis e explicasse o comportamento da temperatura, permitindo extrapolar os dados dos 20 pontos para toda a área urbana de Ponta Grossa. Ao final da aplicação da técnica, foram gerados mapas sínteses a partir da temperatura estimada, os quais permitiram observar o comportamento da temperatura em toda a área urbana, possibilitando estabelecer relações com aspectos como altitude, exposição de vertentes, uso do solo, além daquelas estabelecidas com os dados já citados anteriormente.

Os resultados foram satisfatórios e permitiram uma leitura excelente sobre os diferentes aspectos que envolvem o Clima Urbano de uma cidade subtropical, com características geográficas bastante diferenciadas, particularmente com relação ao relevo.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Lombardo (1985), a percepção sobre o clima da cidade já havia sido notada desde a época do império romano. Mas foi a partir do século XIX, que têm início as primeiras análises observacionais, com ênfase na cidade de Londres, devido à influência do processo de urbanização.

Um dos estudos mais completos sobre Clima Urbano foi desenvolvido por Chandler para a cidade de Londres, em 1965. (ILERA; GARCIA, 1991; MONTEIRO, 2003).

Zavatini (1996) diz que, no Brasil, o conceito de clima elaborado por Sorre e o método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo proposto por Pédelaborde receberam uma tradução adequada de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, o qual escreveu sobre a noção de ritmo climático, para ser aplicado nos estudos de clima urbano.

No Brasil muitas pesquisas têm sido feitas sobre o clima urbano, desde as décadas de sessenta e setenta, como as de Monteiro (1976), Lombardo (1985), Danni-Oliveira (1987), Mendonça F. (1995), Mendonça M. (2003) e Brandão (2003), o que demonstra a importância que o tema vem adquirindo ao longo dos últimos anos.

Monteiro (1976) desenvolveu o Sistema Clima Urbano – SCU, para denominar um sistema formado pelo clima local – fator natural, e a cidade – fator social, criando uma nova metodologia de estudo.

Para melhor compreensão do clima urbano, como um sistema, faz-se necessário citarmos os enunciados básicos, propostos por Monteiro (1976):

1 - O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.

2 - O espaço urbanizado, que se identifica a partir do sítio, constitui o núcleo do sistema que mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato em que se insere.

3 - O S.C.U. importa energia através do seu ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados, mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou é exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos.

4 - As entradas de energia, no S.C.U., são de natureza térmica (oriundas da fonte primária de energia de toda a Terra - o Sol), implicando componentes dinâmicos inequívocos determinadas pela circulação atmosférica, e decisivas para a componente hídrica englobada nesse conjunto.

5 - A avaliação dessa entrada de energia no S.C.U. deve ser observada tanto em termos quantitativos como, especialmente, em relação ao seu modo de transmissão.

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

7 - O conjunto-produto do S.C.U., pressupõe vários elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do sistema. Sendo variada e heterogênea essa produção, faz-se mister uma simplificação classificadora que deve ser constituída através de canais de percepção humana.

8 - A natureza urbana do S.C.U. implica em condições especiais de dinamismo interno consoante o processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano, uma vez que várias tendências ou expressões formais de estrutura se sucedem ao longo do processo de urbanização.

9 - O S.C.U. é admitido como passível de auto-regulação, função essa conferida ao elemento homem urbano que, na medida em que o conhece e é capaz de detectar suas disfunções, pode através do seu poder de decisão, intervir e adaptar o funcionamento do

mesmo, recorrendo a dispositivos de reciclagem e/ou circuitos de retroalimentação capazes de conduzir o seu desenvolvimento e crescimento seguindo metas preestabelecidas.

10 - Pela possibilidade de interferência auto-reguladora, acrescentam-se ao S.C.U., como sistema aberto, aquelas propriedades de entropia negativa pela sua própria capacidade de especialização dentro do crescimento através de processos adaptativos, podendo ser qualificado, assim, como um sistema morfogenético.

A importância dos estudos sobre o Clima Urbano aumentou, por ser esta uma temática atual, na qual se trabalha com questões que envolvem um espaço produzido pelo homem, onde as consequências da ação antrópica resultam em mudanças significativas no clima local. Lombardo (1990, p. 163) afirma que: “A cidade constitui uma das maiores alterações da paisagem produzida através do jogo de relações de forças naturais, sócio-econômicas e culturais”.

Atualmente, a maior parte da população brasileira vive nas cidades, representando este fato mais uma razão para que a importância destes estudos aumente no país, pois estamos sempre em busca de melhor qualidade de vida e conforto ambiental. A intensa ocupação das áreas urbanas resulta em grandes pressões sobre os condicionantes do clima local, interferindo no tempo e, em alguns casos, provocando variações do clima.

Sobre esta questão, Lombardo (1985, p. 18) diz que:

A afluência de população para cidades tem uma velocidade que o planejamento urbano, a ampliação da administração e o estabelecimento de um controle sanitário adequado não conseguem alcançar. As pessoas se tornam vulneráveis às enfermidades cardiovasculares, principalmente as de idade avançada. O próprio tamanho cada vez maior das cidades passa a ser inconveniente à população.

As alterações climáticas tornam-se relevantes, principalmente na medida em que interferem na organização do espaço, nas atividades humanas, nas condições econômicas, na qualidade de vida, no conforto ambiental e no equilíbrio do ambiente.

A sociedade sofre, de forma direta ou indireta, as consequências das variações do tempo e das variações climáticas sazonais e/ou definitivas, porém, também constitui um agente que interfere sobre as condições do tempo e do clima, sendo uma das razões para o aumento da importância dos estudos de Clima Urbano.

Gonçalves (2003 apud CASTILHO, 2006) trata das consequências das alterações no clima urbano e da ocupação desordenada de determinadas áreas das cidades, quando fala sobre os alagamentos e/ou inundações, sobre os escorregamentos e desmoronamentos aos qual a população de algumas cidades está sujeita.

As questões ambientais de poluição, relacionadas com aspectos do clima urbano e suas consequências para a população, foram tratadas por Lombardo (1985) quando do estudo sobre a ilha de calor de São Paulo, onde a autora demonstrou que as alterações do clima local, provocadas pelo crescimento da metrópole paulistana têm levado a uma concentração cada vez maior de poluentes, que resultam em aumento das doenças respiratórias, entre outras.

A poluição atmosférica constitui um dos principais fatores de aumento da temperatura nas cidades, pois as partículas em suspensão na atmosfera promovem a absorção das radiações infravermelhas. Estas são emitidas para as superfícies, que as absorvem e as emite para o espaço, o que resulta em um aumento da temperatura na camada de ar entre a superfície e a camada de poluentes logo acima das áreas urbanas.

O clima vem adquirindo crescente importância nos estudos ambientais, destacando-se como um dos principais componentes da qualidade ambiental urbana. O enfoque atual concentra-se, essencialmente, na contaminação da atmosfera e nas alterações climáticas e sua intensidade de repercussão sobre a qualidade do ar (poluição atmosférica e seus efeitos sobre a saúde), o conforto térmico (configuração de “ilhas de calor”) e os impactos hidrológicos concentrados (geradores de frequentes inundações urbanas). A “ilha de calor” representa o fenômeno mais significativo do clima urbano. (BRANDÃO, 2003, p. 121-122).

Oke (2005), em um de seus mais importantes estudos sobre clima urbano, também aborda as modificações climáticas das cidades, citando as questões ligadas à poluição do ar,

efeitos na transferência do balanço de energia, devido às construções urbanas, entre outros problemas.

Com o crescimento da industrialização e aumento do processo de urbanização, as cidades tendem a viver com uma concentração cada vez maior de pessoas, a qual implica em uma necessidade de aumento de infra-estrutura.

Atender as necessidades de uma sociedade cada vez mais urbana resulta em mudanças muito maiores na paisagem, as quais refletem no clima, levando à formação de climas especiais nas áreas urbanas, com variações significativas dentro dos limites dela próprias.

Nesta linha Drew (1986, p.177) afirma que:

Virtualmente, todos os aspectos do ambiente são alterados pela urbanização e pela industrialização, inclusive o relevo, o uso da terra, a vegetação, a fauna, a hidrologia e o clima. Regra geral, a intensidade da mudança está ligada à densidade da área edificada e à extensão da industrialização, principalmente da indústria extrativa ou pesada.

Oke (2005, p. 272) ao tratar das modificações provocadas pelo processo de urbanização afirma que este produz mudanças radicais na superfície natural e na atmosfera própria de uma região.

Para Troppmair (1989, p. 139),

...o adensamento das edificações, a impermeabilização das vias de circulação, o lançamento de gases pelos veículos automotores e pelas indústrias, são responsáveis por que as cidades apresentem um clima próprio, o chamado “clima urbano” que se caracteriza por temperaturas que chegam a ser 1° a 2°C mais elevadas do que as das áreas circunvizinhas. Nas grandes metrópoles estas diferenças podem alcançar 3°C e até mais [...] as temperaturas mais elevadas no centro das cidades desempenham as funções de um centro de baixa pressão que atrai o ar circundante. Este ar, pelo processo de convecção, alcança grande altitude, atinge o ponto de orvalho e provoca precipitação.

É nas áreas urbanas que os sistemas naturais mais sofrem alterações, causadas pela ação antrópica, principalmente por conta dos elementos que constituem a cidade, tais como a remoção da cobertura vegetal, a impermeabilização do solo através de espessas camadas asfálticas e de cimento, que impossibilitam a infiltração da água das chuvas, modificando o

regime de escoamento superficial e de evaporação d'água do solo, o que implica na redução da umidade do ar (LOMBARDO, 1985).

Segundo Sahr (2001) em Ponta Grossa a verticalização com edifícios com mais de 4 pavimentos começou na década de 40 e a partir daí só se intensificou. O ponto alto do fenômeno ocorreu na metade da década de 80, momento em que se observa, também, uma descentralização espacial da verticalização. Por questões históricas, a maior concentração dos edifícios, particularmente os com mais de 10 pavimentos, ocorre no centro da área urbana.

Apesar de não existir uma grande densidade, a concentração dos edifícios já é suficiente para exercer fortes influências no clima local.

Brandão (2003, p.126) afirma que:

O cidadão urbano padece com a má qualidade de vida que a cidade lhe oferece, enfrentando problemas graves de falta de infra-estrutura de água e esgoto, serviços de transportes e pavimentação viária, falta de segurança, carência de hospitais e postos de saúde, habitação e escolas, problemas estes que demandam, com prioridade, soluções urgentes.

As degradações que ocorrem no solo e subsolo urbano variam de uma cidade para outra, porém as diferentes intensidades com que isto ocorre é que vão determinar o grau de mudanças climáticas que poderão provocar.

Para Alcoforado et al (2006, p.19) os problemas climáticos mais comuns nas cidades estão associados à temperatura e à circulação do ar. A diminuição da velocidade do vento de gradiente tem como resultado a diminuição no arrefecimento das áreas urbanas, o que não impede que as construções e os edifícios em particular possam pontualmente acelerar o vento, mudar sua direção e aumentar a turbulência mecânica, com consequências que em determinadas circunstâncias pode acarretar prejuízos para a população das áreas urbanas.

Oke (2005), com base nos diversos estudos que desenvolveu sobre clima urbano, propõe a divisão da atmosfera urbana em duas camadas distintas: a camada intra-urbana (*canopy layer*), abaixo dos telhados, localizada nas ruas, entre os prédios e outros e a camada

limite de influência urbana (*urban boundary layer*), que se encontra acima dos telhados e sofre as influências, principalmente, dos edifícios mais elevados, devido a interferências desta rugosidade da cidade, particularmente, nos movimentos do ar.

As trocas de calor que ocorrem no interior das áreas urbanas, agravadas pela intensificação do processo de urbanização, são responsáveis pela formação da ilha de calor, como consequência das alterações no clima local. Porém, existem situações em que as trocas de calor extrapolam o centro urbano, a exemplo das relações que ocorrem entre o rural e o urbano ou entre a periferia e o centro das cidades, devido principalmente as diferenças de temperatura, proporcionando que a cidade provoque alterações que vão além dos limites da cidade. (OKE, 2005).

A intensidade das características do clima urbano, a magnitude da ilha de calor e a extensão da área urbanizada são variáveis, pois se trata de uma relação não-linear, embora seja evidente que quanto maior a estrutura de uma área urbana, maior serão as alterações que o clima local sofrerá, por conta das mudanças na superfície e de suas intensidades. (LOMBARDO, 1995)

Figura 1 – Comportamento da radiação de onda curta e onda longa em área construída e em área não construída.

Nas áreas abertas a radiação solar (onda curta) e a radiação emitida pela superfície (onda longa) tendem a não encontrar obstáculos para a partir da superfície, seguirem em

sentido ao espaço. Nas áreas construídas e em especial nas cidades, dependendo da distância, altura das casas, prédio, muros etc., a radiação é liberada mais lentamente para o espaço e parte dela nem chega a ser liberada, fato este, que proporciona o aumento da temperatura no centro das áreas urbanas (Ilustração 1). (OKE, 2005; GEIGER, 1961; LATINI; PASSENNI, 2007).

O Sol é a principal fonte de energia da Terra. Esta energia chega ao planeta na forma de raios solares, compostos por diferentes comprimentos de onda. Mas na superfície, também, existem fontes de energia, as quais se concentram particularmente nas áreas urbanas, além do que na medida em que o homem altera as características da superfície, ele interfere no Balanço de Radiação, especialmente nas áreas urbanas. (LOMBARDO, 1985).

Segundo Oke (2005), Mills (2004) o balanço de radiação para a superfície terrestre ou para uma determinada região, pode ser obtido estabelecendo a relação entre a entrada e saída da radiação de onda curta e de onda longa, pode ser expresso da seguinte forma:

$$Q^* = K \downarrow - K \uparrow + L \downarrow - L \uparrow \quad (1)$$

ou

$$Q^* = K^* + L^* \quad (2)$$

Em que

Q^* - Balanço de radiação

$K \downarrow$ - Radiação global (direta + difusa) (pequeno comprimento de onda)

$K \uparrow$ - Radiação refletida (pequeno comprimento de onda)

K^* - Balanço de radiação (pequeno comprimento de onda)

$L \downarrow$ - Radiação emitida pela atmosfera (grande comprimento de onda)

$L \uparrow$ - Radiação emitida pela superfície da terra (grande comprimento de onda)

L^* - Balanço de radiação (grande comprimento de onda)

Ainda segundo Oke (2005), Mills (2004) o Balanço de Energia nas áreas urbanas difere do encontrado nas áreas rurais, em função de que os elementos que compõem estas áreas são diferentes enquanto composição, distribuição e concentração, assim como se comportam de forma diferenciada em relação às interações com as áreas circunvizinhas e é obtido através da expressão:

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A \quad (3)$$

Onde:

Q^* - Balanço de radiação

QF – Fluxo de calor antropogênico
 QE – Fluxo de calor latente
 QH – Fluxo de calor sensível
 ΔQS – Fluxo de calor armazenado no solo e nos edifícios
 ΔQA - Advecção
 Wm⁻² – unidade de medida para todas as variáveis

O albedo nas áreas urbanas apresenta uma variação considerável, muito em função da grande diversidade de materiais utilizados nas construções e da grande variação que existe em termos dos tipos de superfícies criadas artificialmente, particularmente no caso dos telhados e das superfícies impermeabilizadas. Estas variações de albedo interferem no balanço de energia e no clima local. (MILLS, 2004; OKE, 2005).

Os diferentes albedos e emissividade das superfícies nas áreas urbanas e rurais explicam em partes as variações no balanço de energia nestas áreas e entre elas, como pode ser observado na tabela a seguir, o qual apresenta de forma resumida o albedo de alguns materiais e superfícies, segundo Oke (2005), Tubelis e Nascimento (1980) e Ayoade (2002):

Tabela 1 – Albedo de alguns materiais e superfícies em áreas urbanas

Material	Albedo	Emissividade
Tijolo	0.20 – 0.40	0.90 – 0.92
Pedras	0.20 – 0.35	0.85 – 0.95
Telha	0.10 – 0.35	0.90
Areia	0.15 – 0.25	0.89 – 0.90

Fonte: Oke (2005), Mills (2004), Tubelis e Nascimento (1980), Ayoade (2002)
 Org: CRUZ, Gilson C. F. da

Tabela 2 – Albedo de algumas superfícies em áreas urbanas

Superfícies	Albedo	Emissividade
Asfalto	0.05 – 0.20	0.95
Concreto	0.10 – 0.35	0.71 – 0.90
Cor Branca	0.50 – 0.90	0.85 – 0.95
Cor Vermelha, Marrom, Verde	0.20 – 0.35	0.85 – 0.95
Cor Preta	0.02 – 0.15	0.90 – 0.98

Fonte: Oke (2005), Mills (2004), Tubelis e Nascimento (1980), Ayoade (2002)
 Org: CRUZ, Gilson C. F. da

De acordo com Oke (2005), Mills (2004), Tubelis e Nascimento (1980), Ayoade (2002) na zona rural os elementos que a compõe possui albedo diferente dos elementos presentes nas áreas urbanas, o que contribui para diferença maior entre o balanço de energia da zona urbana e da zona rural, resultando em temperaturas mais elevadas nas áreas urbanas, com a formação da ilha de calor. O albedo das principais superfícies na zona rural (Tabela 3).

Tabela 3 – Albedo para algumas das principais superfícies na zona rural

Superfície	Albedo	Emissividade
Floresta	0.03 – 0.10	0.90
Campos naturais	0.03 – 0.15	0.90
Áreas cultivadas	0.18 – 0.25	0.90 – 0.99
Solo exposto	0.07 – 0.20	0.95 – 0.98
Água	0.02 – 0.40	0.92 – 0.96

Fonte: Oke (2005), Mills (2004), Tubelis e Nascimento (1980), Ayoade (2002).

Org: CRUZ, Gilson C. F. da.

O ambiente urbano propicia a ocorrência de um conjunto de relações internas e externas, bastante complexas; justifica-se o avanço das pesquisas nessa área, pois é nela que vivem milhões de pessoas no mundo. Essas pesquisas têm sido feitas partindo de uma conduta de investigação que perceba uma co-participação entre o homem e a natureza, possibilitando chegar a uma caracterização do clima urbano.

Corroborando com esta colocação, Grilo (1993, p. 138) destaca que “é no ambiente urbano, que ocorre um conjunto de relações internas e externas, extremamente complexas e que tem sido motivo de inúmeros estudos.”

Monteiro (1976) destaca essa relação homem/natureza na sua pesquisa sobre o clima e a organização do espaço no estado de São Paulo, quando comenta que, sendo o homem modificador do ambiente, em termos climatológicos, pode criar unidades taxonômicas menores e influenciar as unidades, regional e global.

De acordo com Danni-Oliveira (1979), na cidade de Porto Alegre a grande urbanização agindo em conjunto com o seu complexo sítio, cria condições para que ocorra a presença de ilha térmica ou de calor.

Em estudo desenvolvido para a área urbana de Curitiba, Rossi e Kruger (2005) constataram que os diversos materiais utilizados nas construções e nos diferentes tipos de pavimentação influenciam no clima urbano, com maior ou menor intensidade e que nem sempre a variação nestes componentes da cidade representa variações nos dados de temperatura.

Mendonça F. (2003), a partir do trabalho desenvolvido em Londrina, Paraná, diz que a heterogeneidade, tanto do sítio quanto da estruturação, da morfologia e da funcionalidade das áreas urbanas, resulta no clima urbano.

Muitas medições foram feitas demonstrando que em diversos centros urbanos, o total da precipitação e o número de dias de chuva são superiores na área central em relação às periferias das cidades.

Os valores de temperatura e concentração de poluentes expressam de forma significativa, as alterações climáticas ocorridas nos centros urbanos. Esses fenômenos podem ser utilizados como indicadores da degradação ambiental.

Segundo Lombardo (1985), a combinação desses fenômenos gera um clima artificial de deserto, em função do aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa, provocando um desconforto térmico. As variações climáticas verificadas nas cidades podem desencadear uma série de problemas para a população, principalmente nas regiões tropicais, com a perda de sais no organismo, desidratação, distúrbios cardiovasculares, problemas respiratórios, sonolência coletiva, além de favorecer a difusão de incêndios, na medida em que torna o ar mais seco.

Mendonça F. (2003) corrobora dizendo que o clima urbano resulta das alterações do ambiente natural e da sua substituição por um ambiente construído e que, neste novo ambiente, o balanço de energia precedente sofre profundas mudanças, sendo que os elementos climáticos mais observados têm sido a temperatura e a umidade relativa do ar, e os ventos, e nas cidades tropicais, a precipitação.

Para detectar a formação de ilha de calor em cidades de pequeno porte, localizadas em área tropical, Zamparoni e Lombardo (1996) desenvolveram trabalhos em várias cidades, como Barra do Bugre e Tangará da Serra - Mato Grosso, nas quais utilizaram pontos móveis e pontos fixos para a coleta de dados.

Em Ponta Grossa, Camargo (1998) detectou variações de temperatura entre pontos móveis numa quadra central e um ponto fixo a 10 km, na periferia da cidade, fora do perímetro urbano.

Partindo da análise do comportamento climático, através do confronto dos valores entre as normais climatológicas de 1931/1960 e 1961/1990, considerando a temperatura, a umidade relativa, a precipitação e a evaporação, além de elementos de ordem geomorfológica, sítio urbano e a dinâmica atmosférica local, Assis e Gontijo (1996) puderam configurar e tecer considerações sobre o desenvolvimento atual do clima de Belo Horizonte.

Baldo e Deffune (1996), tendo considerado a compartimentação urbana como derivadora do clima local, em Maringá, partiram de uma análise comparativa, através de tabelas e gráficos, confeccionados após a coleta dos dados de temperaturas máxima e mínima do ar, umidade relativa, precipitação pluviométrica, velocidade e direção do vento, obtidos em dois pontos: Estação Climatológica Principal de Maringá - UEM e no Colégio Rodrigues Alves.

Assis (2003) constatou uma diferenciação de conforto térmico, mais acentuada ao longo do dia, entre os pontos de amostragem em trabalho desenvolvido para uma área urbana

de Belo Horizonte, sendo que esta variação é menor durante a noite, num trabalho de observação de 24 horas.

Cruz, Lopatiuk e Lombardo (2007) mostraram que o conforto térmico em áreas urbanas está diretamente relacionado com os elementos que compõem as cidades, principalmente, no caso das áreas que se encontram em regiões nas quais são projetadas as sombras das construções e onde estas provocam a formação de corredores de vento e de bloqueio dos mesmos.

As questões que envolvem a importância da arborização para o clima urbano foram pesquisadas no centro de Ponta Grossa, uma cidade média subtropical no Paraná, Brasil, onde foi identificado que as diferenças de temperatura entre áreas arborizadas e não arborizadas pode variar de 4°C a 7,5°C, dependendo da posição das áreas no que diz respeito à maior ou menor exposição ao sol (CRUZ; LOMBARDO, 2008).

Em Ponta Grossa, a temperatura máxima vem diminuindo e a temperatura mínima vem aumentando, desde 1954, data de início dos registros meteorológicos o que pode estar relacionado com mudanças climáticas regionais associadas ao aumento do efeito estufa, segundo (SILVA; GUETTER, 2003, p. 121).

Amorim (2002) vem desenvolvendo um trabalho importante sobre clima urbano em Presidente Prudente, no interior do estado de São Paulo, com projetos próprios e orientando diversos trabalhos de mestrado e doutorado. Os trabalhos desenvolvidos têm mostrado que nas cidades médias as diferenças climáticas entre o centro e a periferia, também, existem, porém em proporções menores do que nas grandes cidades, como São Paulo.

Mendonça M. (2002, p. 324-327) fez as seguintes constatações com relação à dinâmica têmporo-espacial na região conurbada de Florianópolis:

A distribuição das temperaturas registradas caracterizou os fenômenos “ilha de calor” e “ilha de frescor” [...] Os dados levantados demonstraram que a edificação verticalizada, principalmente quando adensada, como ocorre no Centro de Florianópolis, funciona como eficiente armazenador de calor. As maiores diferenças de temperatura, caracterizando ilhas de calor mais intensas foram observadas sob

domínio polar às 6h [...] As maiores diferenças, superiores a 5°C, foram registradas às 15h, no domínio de um fluxo polar nulo. Devido ao caráter multinucleado da urbanização e da compartimentação morfológica do sítio, não se verificou o modelo clássico da ilha de calor em forma de domo, com disposição concêntrica das isotermas, nem a configuração de uma única ilha. O que se configurou foi um “arquipélago” [...].

Na cidade de Gaborone, em Botswana, analisando os dados do período entre 1985 e 1996 e trabalhando com *NDVI*, investigou-se a influência urbana e da vegetação na temperatura e umidade relativa selecionando áreas urbanas e rurais. Com medidas moveis de temperatura e umidade relativa, em diferentes tipos de usos do solo, identificou que as diferenças entre as mínimas urbano-rural passaram a ocorrer entre 1994 e 96, especialmente durante o Inverno com efeito da ilha de calor. Parte das variações é explicada pelas diferenças da vegetação rural e urbana. As medições mostraram variações de 2°C a 3°C nas ilhas de calor noturnas, durante as noites calmas. (JONSSON, 2004).

Sarricolea et al (2008) identificou a formação de ilha de calor de máxima intensidade na primavera e no verão, com valores entre 4 °C e 6°C de intensidade. No inverno e outono a intensidade da ilha de calor foi de 3,5°C e 3,2°C, respectivamente em Rancagua, no Chile.

As variáveis utilizadas na regressão linear que melhor explicaram a formação da ilha de calor de Rancagua foram a distância das fontes úmidas, a densidade de população, a topografia da cidade e o *NDVI*. Um aspecto importante dos resultados que ficou evidente na relação entre a temperatura e o *NDVI*, é que a ausência de áreas com vegetação arbórea constitui uma das razões fortes da formação da ilha de calor. (SARRICOLEA et al, 2008).

Em Lisboa, os estudos realizados no Centro de Estudos Geográficos, desde a década de 80, indicam a existência de uma ilha de calor em Lisboa, sobretudo noturna, mas que pode ocorrer também durante o dia (ALCOFORADO; ANDRADE, 2006; ANDRADE, 2003). A sua intensidade situa-se em geral entre 1°C a 4°C, embora seja possível verificar valores muito superiores. O núcleo da ilha de calor noturna de Lisboa se situa, ora na área da Baixa, região mais antiga, ora mais para Norte (na área das Avenidas Novas). As áreas mais frescas

localizam-se em geral em Monsanto, região do parque, ou na periferia Norte de Lisboa (ANDRADE, 2003). A ilha de calor tem uma forma tentacular, prolongando-se ao longo das vias radiais, por onde tem crescido a cidade, extrapolando do centro no sentido de alguns bairros.

O Sensoriamento Remoto através das imagens de satélites, tem sido de grande utilidade para a climatologia, particularmente, no caso dos estudos de clima urbano, pois suas aplicações são inúmeras dentro da Geografia, Climatologia e Meteorologia. As imagens de satélite permitem a elaboração de mapas de uso do solo, determinação da temperatura de superfície com utilização da banda termal de satélites como o *Landsat*, que possibilita estabelecer relações com dados levantados em superfície. (MARCHETTI; GARCIA, 1986; NOVO, 1995; FLORENZANO, 2002).

Burrough and McDonnell (2004) demonstram a importância do geoprocessamento como ferramenta de análise de dados e como instrumento para a cartografia, particularmente na produção de mapas. Destacam, também, que esta ferramenta pode ser utilizada por diversos especialistas, dentre eles, os Climatologistas e Meteorologistas, os quais vêm conseguindo evoluir muito nas pesquisas climáticas, por conta do grande volume de dados que conseguem trabalhar e da possibilidade de cruzamento de um número cada vez maior de variáveis geoambientais.

Dentre os recursos e que vem sendo utilizados nos estudos de clima urbano, destaque deve ser dado para o emprego das técnicas do geoprocessamento, as quais permitem o tratamento de um volume cada vez maior de dados, com maior precisão e com resultados cada vez melhores e em espaço de tempo cada vez menor. (ALCOFORADO; ANDRADE, 2006).

Sarricolea et al (2008) para estabelecer relações estatísticas entre as temperaturas e algumas variáveis explicativas, enumerando algumas medidas de mitigação de seus efeitos e que contribuam para o planejamento urbano, utilizou-se dos modelos de regressão como

método de análise através da incorporação das variáveis próprias da urbanização, para explicar o fenômeno de máxima intensidade da ilha de calor urbana na cidade de Rancagua.

O momento atual deve ser de mudanças nos estudos de clima urbano, indo além da caracterização, sendo que uma das alternativas está em subsidiar o planejamento urbano. Neste sentido, Alcoforado (2006) aponta para o fato de que seria desejável que os tomadores de decisão e os técnicos ligados ao planejamento urbano estivessem informados sobre as características próprias do clima da área urbana das cidades em que atuam e sobre as modificações que a urbanização imprime ao clima local.

Os estudos de clima urbano na Europa estão avançados e em alguns países é prática corrente a preparação sistemática de mapas de análise e síntese climática, como instrumento de apoio ao processo de planejamento, assim como para subsidiar documentação cartográfica que pode ser utilizada principalmente para os planos diretores de áreas urbanas. (SCHERER et al., 1999, apud ALCOFORADO, 1999; ALCOFORADO; VIEIRA, 2004).

Analizando o uso de modelos que trabalham com temperatura de superfície, em clima urbano, Assis (2003) concluiu que estes são aplicáveis no planejamento urbano, pois trabalhando com as superfícies, pode-se dar uma resposta mais adequada com relação ao conforto térmico, quando da tomada de decisões, no que diz respeito a tipos de materiais a serem utilizados nas construções em áreas urbanas, tanto por parte da iniciativa privada, como por parte dos órgãos públicos, no desenvolvimento de políticas públicas.

Segundo Danni-Oliveira (2000, p. 108) a “[...] verticalização, ao configurar-se como verdadeira cortina de concreto, tende a alterar a rugosidade da superfície local, ora canalizando os ventos, ora atuando como barreiras à livre circulação do ar”.

Já em relação ao efeito dos prédios sobre o clima das cidades, Brandão e Danni-Oliveira comentam:

que os prédios agem como “armazenadores térmicos”, modificando as trocas de energia e assim propiciando a criação de campos térmicos diferenciados. Assim, em

ocasiões sinópticas de estagnação atmosférica, a qualidade do ar pode ficar comprometida, uma vez que a estrutura topográfica edificada tende a propiciar o confinamento dos poluentes lançados pelo intenso trânsito de veículos automotores que nela trafegam, onde os vales são constituídos pelas ruas, e a verticalidade das paredes dos prédios vem formar vertentes abruptas, constituindo-se em verdadeiras falésias e *canyons* urbanos. Ressalta-se o fato da cidade localizar-se na borda ocidental da rota de deslocamento do sistema Anticiclônico Migratório Polar Atlântico, cuja massa de ar tende a dominar as situações de estabilidade atmosférica, notadamente no período de inverno, quando sua permanência e/ou frequência na região é maior. (BRANDÃO, 1987; DANNI-OLIVEIRA, 1996 apud DANNI-OLIVEIRA, 2000, p.108).

Ao se analisar as relações entre o clima e o planejamento urbano, é importante observar uma constatação feita por Alcoforado et al (2006) ao prepararem Orientações Climáticas para o Ordenamento em Lisboa, de que compreender melhor as necessidades dos agentes do planejamento, em termos da informação necessária, da adaptação da linguagem e das formas de apresentação da informação, faz parte do trabalho do pesquisador que produz dado e faz análise sobre o clima de regiões, principalmente no caso de áreas urbanas. A necessidade de começar a estruturar os conhecimentos sobre o clima urbano deve ser percebida pelos pesquisadores, com vistas às necessidades do planejamento e do ordenamento urbanos.

Por outro lado, é importante que os profissionais que trabalham com as questões climáticas consigam transmitir aos planejadores o quanto é significativo levar em consideração os dados e as análises sobre o clima no momento do planejamento, em função da complexidade dos processos e fatores envolvidos e pela necessidade de evitar soluções inadequadas para o espaço e o clima urbano. (ALCOFORADO, 2006).

O planejamento urbano vem crescendo no Brasil, seja por conta do próprio processo de urbanização, seja por meio de legislação que imponha aos administradores públicos a obrigatoriedade da elaboração e execução de planos diretores que em princípio tem por objetivo permitir um crescimento organizado, com ocupação dos espaços de forma mais adequada, o que nem sempre tem ocorrido.

No Estatuto da Cidade “o Plano Diretor pode ser definido como um conjunto de princípios e regras orientadoras da ação dos agentes que constroem e utilizam o espaço urbano”. (BRASIL, 2001, p. 40).

Já segundo Villaça (1999, p. 238):

Seria um plano que, a partir de um diagnóstico científico da realidade física, social, econômica, política e administrativa da cidade, do município e de sua região, apresentaria um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento socioeconômico e futura organização espacial dos usos do solo urbano, das redes de infra-estrutura e de elementos fundamentais da estrutura urbana, para a cidade e para o município, propostas estas definidas para curto, médio e longo prazos, e aprovadas por lei municipal.

Em Ponta Grossa o Plano Diretor foi refeito e atualizado em 2007, porém com relação ao clima, somente informações regionais foram colocadas, principalmente aquelas que dizem respeito ao estado como um todo. As informações climáticas sobre a área urbana, objeto do planejamento, simplesmente não existe e não foram produzidas.

Isto mostra que os planejadores precisam superar os problemas de escala e compreender que as questões climáticas nas áreas urbanas são primordiais para que seja feito um bom planejamento.

Neste sentido, quando Monteiro (1976) tratou do Clima Urbano, fez referência ao clima urbano e à estrutura necessária para gerar fatos climáticos simples e complexos e, por esta razão, é extremamente importante que os estudos considerem todas as escalas de tratamento espaço-temporal nos diferentes graus de complexidade das áreas urbanas.

Mendonça F. (2002) faz uma interessante abordagem sobre as questões que envolvem as escalas da pesquisa em climatologia, demonstrando que é preciso definir as questões de escala no momento de se fazer uma pesquisa, principalmente no caso do clima urbano.

Monteiro (2003) reapresenta sua proposta, que é bastante pertinente, onde define as várias escalas para o estudo do clima, na qual é possível perceber que no caso da presente pesquisa, em se tratando de uma cidade de médio porte, a mesma se enquadraria na condição

do mesoclima. No entanto quando levarmos em consideração apenas o entorno dos pontos de amostragem, se estará tratando do microclima. No caso dos bairros a abordagem será de topoclima.

Andrade (2005) também discute a questão da escala de análise em climatologia e para tanto se baseia em diversos autores, os quais ajudam a reforçar o fato de que o clima urbano, enquanto consequência das influências da área urbana ou da cidade trata-se de mesoclima, o bairro topoclima e os espaços pontuais, dentro da área urbana como parte do microclima.

A produção sobre clima urbano no Brasil vem ocorrendo por todo o país, particularmente nas universidades públicas, através dos projetos de pesquisa dos professores pesquisadores e da produção de dissertações e teses por meio dos cursos de pós-graduação.

Atualmente, várias publicações têm surgido no Brasil, as quais trazem alguns dos trabalhos que estão sendo feitos, que abordam a temática do clima urbano e que na maioria das vezes fazem referência aos trabalhos desenvolvidos nas décadas de 60, 70, 80 e 90, por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, Magda Adelaide Lombardo, Inês Moresco Danni-Oliveira, Ana Maria de Paiva Macedo Brandão, entre outros.

Dentre as publicações mais recentes, podemos destacar a edição do “livro Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas” organizados pelos professores João Lima Sant’Anna Neto e João Afonso Zavatini, é o primeiro de uma série de livros que aborda a temática da climatologia geográfica, traz ainda, como um de seus subtemas, o clima das cidades, com dois artigos sobre o assunto.

Também, é uma obra importante o livro intitulado: “Os Climas na cidade de São Paulo: teoria e prática”, de 2001, organizado pelos professores José Roberto Tarifa e Tarik Rezende de Azevedo, no qual são apresentados diversos trabalhos recentes sobre o clima na cidade de São Paulo.

Em 2002, o professor João Lima Sant'Anna Neto organizou o livro: "Os Climas das Cidades Brasileiras", o qual apresenta resultados de diversas dissertações e teses que tratam do clima em cidade média, em diferentes regiões do Brasil, como São Luiz, Aracaju, Sorocaba, Penápolis e Presidente Prudente. É importante salientar também, que a edição de número 20, ano 19, volume 1, do Boletim da Associação dos Geógrafos Brasileiros, de 2003, ao tratar da temática "Mudanças Climáticas: repercussões Globais e Locais" apresenta alguns textos que abordam a questão do clima urbano e, em particular, o capítulo da professora Eleonor Sad de Assis. O livro Clima Urbano organizado por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro e Francisco Mendonça, é resultado da reunião de diversos trabalhos desenvolvidos com base na metodologia do professor Carlos Augusto, aplicado a diferentes cidades brasileiras de grande porte como Salvador, Rio de Janeiro, Curitiba etc.

3 – PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Segundo Lombardo (1985), os estudos pioneiros, sobre clima urbano, foram desenvolvidos por Evelyn, em 1661, e Luke Howard, em 1818, sobre o clima de Londres, porém os trabalhos de Landesberg e Chandler (1965) são considerados clássicos, e a partir daí muitos outros trabalhos foram sendo desenvolvidos e novas metodologias foram criadas, abordando questões que envolvem as interferências que os elementos construídos nas cidades, durante o processo de urbanização, exercem sobre o clima local.

A partir das décadas de sessenta e setenta, pesquisadores brasileiros, preocupados com as questões ambientais e climáticas nas áreas urbanas, aprofundam suas discussões sobre o assunto e surgem algumas propostas metodológicas para o estudo de clima urbano, sendo que Monteiro (1976) desenvolveu o Sistema Clima Urbano – SCU, para denominar um sistema formado pelo clima local – fator natural, e a cidade – fator social.

Lombardo (1985) em sua pesquisa sobre a Ilha de Calor da cidade de São Paulo, desenvolveu um método baseado na análise têmporo-espacial, pautado na aplicação de modelo, realização de trabalho de campo e tratamento estatístico, levando em consideração os condicionantes meteorológicos e urbanos. Neste trabalho, foi utilizada a banda termal do satélite meteorológico, para obtenção de dados de temperatura de superfície, que resultaram nos mapas termais. Elaboraram-se, também, cartas de uso do solo, com a utilização de fotografias aéreas e imagens *Landsat*. Desenvolveram-se trabalhos de campos, no verão e no inverno, através de pontos fixos e móveis para levantamento direto de dados de temperatura, umidade e poluição do ar próximo à camada do solo, e para testar os dados obtidos com as imagens de satélite.

Alcoforado e Andrade (2006) utilizaram a técnica da regressão linear múltipla, passo a passo para estabelecer relações numéricas entre a temperatura (variável dependente) e vários

fatores geográficos (variáveis independentes), a partir de um grande conjunto de fatores que influenciam a temperatura do ar. Em uma primeira pesquisa a temperatura corrigida de uma estação fixa foi utilizada como variável dependente, porém na pesquisa seguinte padronizou-se a temperatura obtida em diferentes pontos durante trabalho de campo, como variável dependente. A significância das regressões foi verificada através do *F Ratio*. (STORCH; ZWIERS, 2003; WILKS, 1995)

Os procedimentos metodológicos adotados na presente pesquisa estão baseados nas formulações de Lombardo (1985), Monteiro (1976) e Alcoforado e Andrade (2006), os quais trataram do clima urbano preocupados em encontrar técnicas e metodologias que dessem conta de estudar o clima urbano de cidades tropicais e subtropicais.

Considerando o exposto anteriormente realizou-se o trabalho de campo para produção dos dados de temperatura, umidade relativa e vento, além de observações gerais sobre as condições do clima local, o qual foi desenvolvido em duas etapas, uma de 10 a 13 de dezembro de 2006 e outra de 29 a 31 de julho e 01 de agosto de 2007, sendo que em ambas, os procedimentos para registros dos dados foram os mesmos.

A coleta dos dados foi feita, em 20 pontos diferentes da área urbana, definidos a partir de uma análise das características do relevo e uso e ocupação do solo, de tal forma que na hora da análise, permitisse a distribuição dos pontos na forma de transectos. As medições foram feitas entre as 09 h e às 21 h, período em que os equipamentos permaneceram no mesmo local de coleta e onde se observou as condições do tempo, nuvens, direção do vento, sombreamento e circulação de veículos e pessoas.

Danni (1987), na pesquisa desenvolvida para estudo da temperatura e umidade relativa na cidade de Porto Alegre, fundamentou-se no trabalho de Carlos Augusto F. Monteiro, que tratava das derivações dos geossistemas brasileiros e alterações climáticas, onde o autor sugere um procedimento metodológico através de um modelo têmporo-espacial.

Nesta perspectiva, a autora faz a estruturação do sistema, caracterizando os sítios, determinando a função e a estrutura urbana. Num primeiro momento, adotou uma abordagem topoclimática com 12 h de intervalo de observação dos aparelhos. Foram definidos 32 pontos, com registro, as 09 e 21 h, para obtenção de dados, sendo que 3 se tratavam de estações com dados oficiais. Na sequência, procedeu-se à elaboração de material cartográfico e interpretação dos dados, estabelecendo possíveis correlações.

Araújo e Sant'anna (2002), baseados no referencial metodológico de Monteiro, pesquisaram o clima urbano de São Luiz – Maranhão, realizando o levantamento de dados, dividido em duas partes: os dados oficiais de duas estações meteorológicas foram obtidos para avaliar as condições climáticas regionais, e com a realização de três trabalhos de campo, de dois dias cada um, sendo dois campos na primavera e um no verão. Em quatro regiões da cidade foi feita a coleta de dados de temperatura, umidade relativa, direção e velocidade do vento para caracterizar o clima local e estabelecer relações com os diferentes tipos de uso do solo observados na cidade.

Mendonça M. (2004), ao realizar estudo sobre o clima da área conurbada de Florianópolis, fez o levantamento de dados meteorológicos em várias localidades da região, utilizando-se de termohigrômetros digitais para registro da temperatura e umidade relativa do ar, além de observações com relação à direção e intensidade do vento, nebulosidade e tráfego. Mapeou o uso da terra e caracterizou a ocupação do entorno de cada ponto de amostragem, para posterior análise dos resultados.

Becerril (2007), ao desenvolver um estudo sobre o clima urbano da cidade de Toluca, no México, adotou a metodologia de determinar os valores de temperatura registrados em dois dias típicos de inverno e verão, durante o dia e à noite, mostrando a distribuição da ilha de calor e a zona de estudo, a partir de dados das estações da Rede Automática de Monitoramento Ambiental, considerando também, o comportamento e variação de algumas

variáveis atmosféricas, como umidade relativa, precipitação e vento, para mostrar o comportamento relativamente anômalo na área urbana.

Em estudo para determinar a ilha de calor em João Pessoa, na Paraíba, Carvalho, Corbella e Silva (2007) utilizaram a metodologia desenvolvida por Carvalho em 2001, a partir dos dados de temperatura, umidade do ar, direção e velocidade do vento, obtidos em oito estações meteorológicas existentes no interior da malha urbana da orla, e uma instalada fora da zona urbana, durante vinte e sete dias do mês de novembro de 2004.

Lombardo (1985) fala do trabalho de campo para testar os resultados obtidos com as imagens de satélite, e da importância de desenvolver uma metodologia para realizá-lo, sendo que esta tem destaque em seu roteiro metodológico.

A utilização da Krigagem, foi a opção feita por Sarricolea et al (2008) como método de interpolação para o tratamento de dados de um estudo de clima urbano para a cidade de Rancagua. Flores (2001, p. 3) argumenta que a técnica da krigagem “... sempre melhora os resultados das interpolações e, por consequência, os da representação espacial.”, isto com base em trabalho desenvolvido para o Oeste Paulista, tendo em vista a comparação de resultados e a integração de conhecimentos.

Andrade (2003) e Alcoforado e Andrade (2006) aplicaram a técnica da regressão linear múltipla para a modelagem da temperatura para a cidade de Lisboa, gerando mapas sínteses que permitiram extrapolar para toda a área urbana a temperatura obtida em trabalho de campo desenvolvido em alguns pontos da cidade.

Para o estudo realizado em Ponta Grossa, o Banco de Dados foi gerado a partir da digitação de todos os registros em planilhas do *Excel*, que posteriormente foram transportados para diferentes softwares para a realização de cálculos, produção de gráficos e mapas, como no caso do *software Surfer, ArcGis, Idrisi, RayMan e Statistica*.

O trabalho de campo foi a principal fonte dos dados utilizados na presente pesquisa, pois permitiu que se obtivesse dados reais dos diferentes tipos de tempo que ocorrem na área urbana de Ponta Grossa.

Para dar conta de explicar o clima urbano de Ponta Grossa, tendo por base as metodologias supracitadas, optou-se pela utilização de algumas técnicas, as quais dessem conta da análise e apresentação dos dados produzidos no trabalho de campo. Dentre as técnicas utilizadas, deve-se destacar da Krigagem Ordinária, da Regressão Linear Múltipla e as diversas técnicas de Geoprocessamento utilizadas em fases distintas do trabalho.

Duas técnicas foram utilizadas para tratar estatisticamente e extrapolar os valores de temperatura obtidos nos 20 pontos, durante os trabalhos de campo de dezembro/2006 e julho e agosto/2007, para a toda a área urbana de Ponta Grossa.

A técnica da Krigagem Ordinária foi utilizada para tratamento dos dados, com o auxílio de dois softwares o *Surfer* e o *ArcGis*, sendo gerados mapas com as isotermas, tendo por base os dados de temperatura dos 20 pontos, definidos para o trabalho de coleta de dados. (BURROUGH; MCDONNELL, 2004).

Na pesquisa desenvolvida na área urbana de Ponta Grossa os procedimentos de coleta foram semelhantes aos utilizados em outros trabalhos, com o diferencial de que tudo foi feito de hora em hora, conforme descrito a seguir:

- utilizou-se termohigrômetros digitais;
- mini-abrigos meteorológicos para acondicionar os equipamentos, instalados a 1,5m de altura do chão;
- fita de tecido e uma bússola para determinar a direção do vento
- registros dos dados de hora em hora;

- início dos registros às 09h00 e encerramento às 21h00;
- período de registro foi de quatro dias;
- iniciavam-se os registros no domingo e encerravam-se na quarta-feira;
- os trabalhos foram desenvolvidos por equipes, que se revezavam durante o tempo dos registros;
- na planilha de coleta de dados foram registrados, também, dados de condições do tempo, nuvens, sombra, número de veículos e pessoas que circulavam próximo ao local onde se encontravam os mini abrigos com os termohigrômetros. (Anexo 1)

A regressão passo a passo foi feita utilizando-se o *software Excel* e o *Statistica*, sendo que inicialmente trabalhou-se com todos os dados, Altitude, fator de visão do céu, *NDVI*, *NDVI* médio 250m, *NDVI* médio 100m, Uso do Solo, Exposição de Vertentes, Altitude Média e Diferença entre Altitude e Altitude Média.

O modelo base da regressão:

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad (4)$$

A partir deste modelo realizou-se uma série de cálculos para definir o melhor modelo para estimar a temperatura para a área urbana de Ponta Grossa, definindo o melhor conjunto de variáveis explicativas, utilizando os dados de temperatura dos dois trabalhos de campo, dezembro de 2006 e julho/agosto de 2007.

A aquisição dos demais dados necessários para aplicação do método estatístico da regressão linear múltipla e para a análise e contextualização dos dados de temperatura para o clima urbano de Ponta Grossa, foi feita a partir de diferentes procedimentos, destacados abaixo:

- O Uso do Solo foi obtido com técnicas de geoprocessamento, a partir de uma imagem *Ikonos*, sobre a qual se identificou os diferentes usos do solo existente na área urbana de Ponta Grossa, sendo que uma atualização foi feita com a utilização das imagens do *Google Earth*.

- Com o uso do Geoprocessamento, através do *software ArcGis*, com a rotina *SLOPE*, também, foi gerada a carta de declividade, utilizando-se de imagens STRM, obtidas no site da EMBRAPA, para a área urbana de Ponta Grossa.

- O *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*) para a área urbana de Ponta Grossa foi obtido através do *software Idrisi*, o qual foi utilizado para realizar as operações necessárias com as bandas 3 e 4 de uma cena de imagem de satélite *Landsat 5*, adquirida junto o INPE, para as coordenadas locais.

Onde:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (5)$$

A partir do mapa de *NDVI*, foram gerados mapas de média do mesmo, em diferentes situações, o que permitiu aplicações distintas, dependendo da situação em que se estava trabalhando.

Para a obtenção dos dados de temperatura de superfície para a área urbana de Ponta Grossa, foi processada a banda termal da imagem *Landsat 5 - TM*, do dia 29/07/2007, primeiro dia de registros em julho de 2007, utilizando-se o *software Idrisi*, o qual a partir de uma série de rotinas gera uma imagem com dados de temperatura de superfície em graus Celsius.

Os dados de fator de visão do céu (*Sky View Factor - SVF*) foram conseguidos a partir de fotos feitas em cada um dos 20 pontos, com uma câmera *Nikon F3*, na qual foi acoplada uma lente olho de peixe, *NIKON FISHEYE 8 mm F2.8*, cedida pelo Laboratório de

Climatologia da Universidade de São Paulo e com o processamento das mesmas no software *Rayman*, o qual permitiu determinar o fator de visão do céu de cada ponto de registro dos dados.

A representação da Altitude para a área urbana de Ponta Grossa foi feita através do mapa Topográfico da área urbana, com as Curvas de Nível sendo apresentadas com equidistância de 10 m. Este mapa foi gerado a partir de rotina feita no *ArcGis*, utilizando-se uma imagem *STRM*, da área em questão. Quando necessário foi gerado, também, mapa da Altitude Média.

Para gerar o mapa de Exposição de Vertentes, assim como um mapa apenas com as vertentes de Exposição Norte, foi processada a imagem *SRTM*, para a área urbana, com a utilização de diferentes rotinas, o que permitiu tanto fazer uma análise das exposições de vertente no geral, quanto possibilitou trabalhar, dando destaque apenas para uma das exposições da vertente.

4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 – Área Urbana de Ponta Grossa

Ponta Grossa é um município do estado do Paraná com uma área total de 2.112,6 km², que está localizado no 2º Planalto Paranaense, ocupando uma porção do Centro Leste do estado do Paraná.

O município encontra-se localizado entre as coordenadas de 24° 50' e 25° 25' S, e 49° 40' e 50° 25', com altitude em torno de 960m (Figura 2).

A área urbana de Ponta Grossa está localizada no centro leste do município, do qual ocupa 917,2km² de sua área total. Do extremo leste ao extremo oeste da área urbana a distância máxima é de 17km e de noroeste a sudeste, eixo de maior crescimento é de 28,5km.

Do ponto de vista geográfico, a área urbana de Ponta Grossa está localizada entre as coordenadas de 25° 14' 33" S e 25° 2' 17" S e 50° 14' 50" e 50° 2' 41", com altitudes que variam de 984m no centro a 769m ao sul, na região do Distrito Industrial.

A ocupação da região teve início em 1704, quando a região foi requerida por Sesmarias pela família do Capitão-mor Pedro Taques de Almeida. Posteriormente foi dividida em diversas fazendas e se transformou em uma região de passagem das tropas de Cruz Alta, no Rio Grande do Sul, que eram levadas para São Paulo e Minas Gerais. Foi em uma das paragens das tropas que nasceu a cidade de Ponta Grossa, que foi emancipada em 1862.

A cidade se desenvolveu e atualmente o município de Ponta Grossa possui, aproximadamente, 302 mil habitantes, sendo que destes 97% vivem na área urbana.

Figura 2 - Localização da Área de Estudo

4.2 - Aspectos Geoecológicos da Área de Estudo e a sua relação com o Clima Urbano.

A cidade de Ponta Grossa tem o centro de sua área urbana constituído sobre um alto topográfico que possui altitudes que chegam a 984m, a partir do qual a cidade se desenvolveu, se expandindo sobre os divisores d'água, com a ocupação das vertentes e atingindo os fundos de vale, chegando a atingir as altitudes mais baixas as margens dos arroios e rios, como no caso do rio Tibagi, onde pode ser encontrada a cota de 769m, na parte sul da cidade, onde se situa, por exemplo, o Distrito Industrial.

O substrato rochoso formado pela pelos arenitos das formações Furnas e Itararé, pelos folhelhos da formação Ponta Grossa e pelos diques de diabásio, em conjunto com as falhas geológicas, sob a ação do trabalho das águas dos rios e dos condicionantes climáticos, são determinantes para a geomorfologia encontrada atualmente em Ponta Grossa.

O relevo da região central é acidentado, pois partindo dos divisores de água, sobre os quais se encontra, é possível encontrar a parte superior de vários vales, os quais avançam em direção aos bairros, chegando aos mais distantes, em alguns casos.

Segundo Medeiros e Melo (2001) na área urbana de Ponta Grossa, predominam colinas amplas, com perfis convexos e amplitudes altimétricas que podem chegar ao máximo de 215m. A área elevada onde se encontra o centro tem origem na presença de intrusões concordantes de diabásio. As planícies de inundação podem ser encontradas a alguns metros das cabeceiras dos arroios, com significativos depósitos aluviais formando amplas áreas de inundação (Figura 3).

As diferenças de altitude na área urbana poderiam não ser suficientes para influenciar no clima urbano, porém em conjunto com outras variáveis se mostrou importante enquanto variável explicativa das variações de temperatura, particularmente, quando da aplicação do método da regressão linear múltipla.

Figura 3 - Hipsometria da Área Urbana de Ponta Grossa

Uma das características marcantes do relevo é a presença de um grande número de vales, que se iniciam em diferentes pontos da área urbana, de forma especial no centro da cidade, que se encontra em uma região elevada, conforme descrito anteriormente.

Estes vales são formados pelo processo natural de erosão das águas superficiais, facilitados pela erosão laminar e pelo intemperismo, porém existem componentes estruturais que também contribuíram para a formação dos vales, como no caso das falhas geológicas e pela existência do *graben* da Ronda, na porção oeste da área urbana, que se trata de uma estrutura formada por uma falha geológica, onde um segmento da formação Itararé está mergulhado, no qual está encaixado o arroio da Ronda (Figura 4).

Nestes vales são encontrados os arroios e até rios que cortam da área urbana em diversas direções, para desaguar no rio Tibagi ao sul e a oeste e no rio Verde a Leste e Pitangui a Norte.

Os vales e seus cursos d'água exercem um papel importante para o clima urbano de Ponta Grossa, pois neles existe uma dinâmica especial quanto aos ventos, insolação e umidade relativa, o que interfere de forma direta e indireta na temperatura do ar, na umidade relativa e na precipitação.

Dentre os arroios existentes na cidade, destacam-se os que nascem no centro da cidade, como os arroios Pilão de Pedra, do Padre, de Olarias e da Ronda, e os que nascem e atravessam a periferia, como os arroios Lajeado Grande, Gertrudes e Madureira, que cortam os bairros, sem contato com o centro da área urbana (Figura 4).

Os arroios em alguns casos estão encaixados em falhas geológicas, sendo que próximos ao centro apresentam encostas íngremes, nas cabeceiras, um fator restritivo para uma ocupação mais efetiva, o que favorece a existência de matas nas áreas urbanizadas.

No caso dos rios que cortam a área urbana deve ser dado destaque para os rios Verde e Cara Cará. Os rios Tibagi e Pitangui estão nos limites da área urbana e rural do município.

Figura 4 - Modelo Digital do Terreno e a Hidrografia da Área Urbana de Ponta Grossa.

Com o relevo acidentado, com muitos vales encaixados e com distâncias curtas entre o topo das vertentes e os fundos de vale, nas áreas próximas ao centro a Norte e a Sul, se observa uma grande variação nas declividades. A Leste a declividade é menos acentuada, assim como na parte sul da área urbana, após os declives mais acentuados que aparecem imediatamente depois do centro (Figura 5).

No início dos vales existem encostas íngremes, cujas vertentes chegam a ultrapassar 30% de declividade. Estes vales, depois de algumas centenas de metros, deixam de serem vales encaixados, para percorrerem planícies, com pouca declividade, pois se trata de áreas próximas a foz.

Na área urbana de Ponta Grossa foram encontradas declividades que chegam a 49 %, reflexo, principalmente, do fato de que o centro se encontra em um alto topográfico e das vertentes mais íngremes a Oeste e a Sul, próximas ao centro (Figura 5).

Sobre os divisores d'água e nos fundos de vale abertos, onde o relevo é plano, o aquecimento, também, é mais acentuado do que nas demais vertentes com exposição definida, exceto no caso das vertentes de exposição no quadrante Norte. Quanto maior a extensão e a quantidade estas áreas planas e de exposição no quadrante, maior é a influencia no clima, por meio da interferência nas variações da temperatura.

As declividades encontradas em uma região com no caso da área urbana de Ponta Grossa são importantes para o clima local, pois dependendo da porcentagem de inclinação das vertentes, os ganhos e perdas de radiação serão diferenciados, implicando em maior ou menor aquecimento da superfície e do ar.

Quando se considera a declividade associada a outras variáveis geocológicas, que influencia nas condições do tempo e do clima, como no caso da altitude e exposição das vertentes, o seu papel no comportamento da temperatura e da umidade relativa se torna mais relevante.

Figura 5 - Declividade da Área Urbana de Ponta Grossa

Uma das consequências do relevo acidentado, com inúmeros vales, na área urbana de Ponta Grossa é a presença de inúmeras vertentes, com grande diversidade com relação à exposição das mesmas, que em conjunto com a variação da altitude e da declividade passa a ter um papel importante para a temperatura do ar, de forma especial na área urbana.

Segundo Amorim (2000) em Presidente Prudente a exposição de vertentes foi um dos fatores para análise e explicação das variações da temperatura e da umidade relativa encontradas no clima urbano local.

A exposição das vertentes constitui uma variável importante para explicar o clima em determinadas regiões e no caso da área urbana de Ponta Grossa, localizada ao sul do trópico de Capricórnio, com latitude em torno de 25° S, no centro sul do estado do Paraná, esta situação não é diferente (Figura 6).

As vertentes com exposição para o quadrante leste tendem a serem mais quentes pela manhã, já aquelas em que o quadrante de exposição é o Norte, tendem a ser mais quentes durante a tarde e parte da noite, seguidas das de quadrante Oeste e as de quadrante Sul apresentam temperaturas menores (SARTORI; SAYDELLES, 2004).

Na área urbana de Ponta Grossa há um equilíbrio entre as vertentes, quanto a exposição, com leve predomínio das vertentes sudoeste. A vertente oeste é a de menor percentual, se desconsiderarmos as áreas planas com 1% (Tabela 4).

Tabela 4 – Área e porcentagem de cada uma das vertentes segundo a exposição.

Exposição das Vertentes	Área Km ²	Porcentagem
Plano	2,2	1
Norte	22,18	11
Nordeste	25,21	13
Leste	25,86	13
Sudeste	24,95	13
Sul	24,69	13
Sudoeste	29,61	15
Oeste	17,53	9
noroeste	23,36	12

Figura 6 - Exposição de Vertentes da Área Urbana de Ponta Grossa.

Sartori e Saydelles (2004) em estudo sobre a insolação na área urbana de Santa Maria no Rio Grande do Sul apontam para o fato de que a exposição das vertentes é um dos condicionantes das variações da temperatura, em função de que a quantidade de insolação de uma determinada área tem relação direta com o quadrante de exposição da vertente.

Os testes das variáveis explicativas para a temperatura dos 20 pontos na área urbana de Ponta Grossa mostraram, que depois de feito o teste para cada uma das exposições de vertente, que as vertentes de quadrante Norte, são as mais representativas para o modelo da regressão linear, na obtenção da temperatura estimada, para extrapolar para toda a área urbana.

A análise do mapa de temperatura de superfície obtida a partir de uma imagem *Landsat 5 – TM* para a área urbana de Ponta Grossa, em conjunto com o mapa de exposição de vertentes, mostrou que de fato as vertentes de exposição Norte tendem a estar mais aquecidas das que as demais vertentes.

No caso das regiões que se encontram no hemisfério austral, as vertentes de exposição norte, recebem maior insolação e apresentam em geral as temperaturas mais elevadas.

No presente estudo, após identificar que as vertentes de exposição Norte eram as que apresentavam a melhor relação explicativa com a variável temperatura, procedeu-se a introdução da mesma no modelo de regressão, como uma variável binária, tendo sido atribuído 1 para as vertentes Norte e 0 para as demais vertentes, gerando um mapa que destaca as vertentes Norte (Figura 7).

O mapa da exposição Norte foi posteriormente utilizado no modelo de regressão linear para gerar o mapa síntese, no qual a média da temperatura dos quatro dias de cada etapa do trabalho de campo foi extrapolado para toda a área urbana de Ponta Grossa, objetivo principal da utilização do modelo da regressão linear.

Figura 7 - Vertentes de Exposição Norte na Área Urbana de Ponta Grossa

A região onde se encontra Ponta Grossa, segundo Maack (1981) possuía uma cobertura vegetal constituída, predominantemente, por campos limpos, com destaque para a presença de gramíneas e espécies arbustivas. Nos fundos de vale, se observa a presença de florestas, ou capões, em função das condições favoráveis de umidade, temperaturas, solos etc., formando em alguns casos florestas de galeria.

Na área urbana da cidade, é possível encontrar áreas de mata, de forma especial nos fundos de vale onde as encostas íngremes dificultam a ocupação, com no caso de alguns trechos dos arroios do Padre, Pilão de Pedra e Olarias, mesmos estando no centro. Como existem vazios entre o centro e a periferia, também, é possível encontrar, afastado do centro, áreas de campos e alguns capões de mata.

As áreas de campo que existiram no passado, predominantemente nas áreas mais planas e elevadas, hoje, no caso da área urbana, foram quase que totalmente substituídas pelo desenho urbano, resultante do processo de urbanização.

Afastando-se do centro, é possível encontrar muita vegetação nos terrenos das casas e baldios, nos bairros residenciais, onde a densidade de ocupação é menor. No entanto muito pouco se observa de arborização urbana, que está restrita a algumas praças e a poucas ruas.

A vegetação desenvolve um papel importante no clima, interferindo de forma a diminuir o aquecimento da superfície, o que leva a uma diminuição na elevação da temperatura, aumento da umidade do ar, por meio da evapotranspiração e altera as condições de vento pela diferença entre a temperatura dentro de fora das áreas arborizadas.

Na presente pesquisa utilizou-se o índice de vegetação, *NDVI* para mostrar a ausência de vegetação na área urbana de Ponta Grossa, substituída em grande parte pelos elementos que compõem o desenho urbano. Os locais com vegetação apresentam os valores mais elevados de *NDVI*, matas e campos, 0,52 e 0,36, respectivamente, sendo que próximo de 0 estão em parte as áreas construídas, sendo que a escala do *NDVI* vai de -1 a +1 (Figura 8).

Figura 8 - NDVI da Área Urbana de Ponta Grossa

4.3 – A Dinâmica Climática Regional – uma abordagem escalar.

Em função de que a ocupação do território paranaense se deu em diferentes momentos históricos, sendo que as áreas mais antigas em termos de ocupação estão no Litoral e no Primeiro Planalto e as mais recentes no norte, oeste e noroeste do Estado, em partes do Segundo e do Terceiro Planaltos, assim como em consequência do pequeno desenvolvimento de pesquisas, constata-se que os maiores períodos de observações meteorológicas ocorreram no Litoral e no Primeiro Planalto. Com isto foram grandes as dificuldades para a elucidação do clima no Estado, porém foi classificado e atualmente com períodos cada vez maiores de observações, utilização de imagens de satélites e computadores o clima paranaense encontra-se muito bem caracterizado.

De acordo com as latitudes, a maior parte do estado do Paraná encontra-se na zona subtropical e uma pequena parte na zona tropical, estando entre 22° 30' S e 26° 47' S. Além da latitude do Estado, também as diferentes altitudes dos planaltos influenciam no clima, pois num perfil norte-sul as altitudes variam de 250m no vale do rio Paranapanema a 1350m no divisor de águas da bacia do rio Iguaçu e de 0m no litoral a 1300m nas escarpas, num perfil leste-oeste. Ambos os perfis cortam regiões tropicais úmidas e subtropicais.

O clima, de maneira em geral, é determinado pela influência de fatores e elementos climáticos.

MAACK (1981) afirmou que, no caso do Paraná, quatro elementos climáticos são fundamentais para as condições climáticas. (Quadro 1)

1 – oscilação ou migração rítmica tropical e equatorial de pressão baixa, orientada para o sul, devido à posição de incidência dos raios solares no verão;
2 – infiltração das massas de ar fria, no inverno, influenciadas pelo Anticiclone do Atlântico Sul;
3 - o alísio de SE, ultrapassa 25° de latitude sul e na dependência da força e

desvio, determinam a extensão da região tropical Atlântica de baixa pressão, o avanço do anticiclone do Atlântico Sul na direção sul, o avanço na infiltração das massas de ar fria e as chuvas orográficas da Serra do Mar;

4 - a ação da corrente marítima quente, que pode determinar uma elevação do grau de saturação da umidade do ar, provocando uma diminuição na oblação das temperaturas anuais.

Quadro 1 - Principais elementos climáticos condicionantes do clima paranaense.

Fonte: MAACK (1981).

Org: CRUZ, Gilson C F da.

Nos últimos anos tem se observado que o fenômeno “El Nino” tem provocado alterações no clima do estado do Paraná, assim como em outras regiões, o que tem sido destacado por jornais e revistas.

Para tratar da classificação climática do estado do Paraná, alguns elementos do clima precisam ser apresentados neste momento.

a - Temperatura: entre os elementos e fatores climáticos, a temperatura é o mais importante, para a elucidação do clima numa região, porém não se pode desconsiderar os demais.

A variação da temperatura diária e anual é determinada pela latitude e altitude, mas também pelos ventos, nuvens e precipitações.

b - Pressão Atmosférica e os Ventos: associados aos deslocamentos das massas de ar e do anticiclone do Atlântico Sul, exercendo influências sobre a temperatura, durante todos os meses do ano.

Se, por um lado, considerando que a superfície de um continente irradia, com maior rapidez, o calor, do que a superfície dum oceano, ficando o ar mais aquecido durante o dia, com intervalo de tempo menor. Então no litoral, onde há influências do oceano e isto ocorre no Paraná, inclusive com a formação de uma área de baixa pressão, temos uma relação

inversa. Por outro lado, a localização de uma região de pressão baixa das massas de ar equatorial continental quente constituindo a correspondência do fenômeno descrito no parágrafo anterior.

A migração de ciclones condutores de chuva com ventos norte e noroeste sobre o Paraná tem origem na região limítrofe da Bolívia e Mato Grosso, centro da massa de ar equatorial.

A aproximação das massas subtropicais de pressão alta do anticiclone do Atlântico Sul, já é evidente e marcante em março, graças aos ventos predominantes, dos quadrantes sul e sudeste. Com a aproximação do Sol em relação ao Trópico de Capricórnio e a chegada das massas tropicais marítimas, a média da pressão atmosférica baixa novamente, culminando com o ponto mínimo em janeiro.

Ao mesmo tempo ocorre a entrada de massas de ar frio descendente, proveniente do Sul. No inverno, a entrada da frente Polar, faz predominar os ventos do quadrante sul (Sul e Sudeste). As massas de ar presente no continente são novamente aquecidas, provocando mudanças nos ventos de E para NE.

Quando não ocorre mudança de ventos, se forma nuvens do tipo cúmulos-nimbo, com chuvas hibernais e ventos do quadrante norte.

Com a entrada dos ventos tropicais marítimos no verão, predominam ventos do quadrante norte com chuvas para o estado do Paraná. Quando sua direção muda para oeste, ocorrem chuvas persistentes de oeste. Porém, com o aparecimento do vento sul, registra-se a aproximação dos anticiclones frios, a chuva para em 24h e dois dias depois ocorrem dias ensolarados.

c - Umidade do Ar: a consequência da influência oceânica no clima do Paraná e também da transpiração dos componentes das matas pluviais, o que fazem predominar uma umidade relativa elevada.

Em geral durante o dia a umidade relativa do ar varia da forma que esta apresentada na Tabela 4.

Tabela 5 - Variação da umidade relativa do ar durante o dia.

hora - dia	umidade relativa
07	85% a 92%
12	50% a 70%
21	80% <

Fonte: MAACK (1981).

Org.: CRUZ, Gilson C F da, em

Os meses mais secos são: agosto, novembro e dezembro.

A umidade relativa possui relações também com índices de maritimidade e de continentalidade, além da situação topográfica.

No Paraná o destaque maior no que diz respeito a precipitações é para a forma líquida, sendo que no caso da forma sólida, o mais comum é ocorrer chuva de granizo.

d - Precipitação: os maiores índices são encontrados na Serra do Mar, pois com o deslocamento da umidade do ar, pelos ventos alísios de SE, as nuvens tende a ascender e precipitar na serra, que funciona como bloqueio orográfico, ocorrendo chuvas orográficas, ou de ascensão. Quando ainda existia a mata, ocorriam chuvas de convecção ou zenitais, que são raras nos dias atuais, em que predominam chuvas de invasão ciclônica, provocadas pelas correntes da massa de ar tropical Atlântica, proveniente do norte. Em segundo lugar, as chuvas prolongadas, consequência da carreação ciclonal.

As escarpas que separam os três planaltos paranaenses, assim como a Serra do Mar, também funcionam como bloqueio orográfico para os ventos marítimos úmidos de SE, NE e E, como alísio desviado pela Serra do Mar. Desta forma os índices de precipitações são maiores nas escarpas, do que nos planaltos, a tal ponto, que na escarpa Devoniana, chove de 100 a 300 mm anuais a mais do que no Primeiro Planalto, que se localiza, antecedendo-a.

Nas observações realizadas na área de estudo com diversas visitas a área foi possível confirmar a maior incidência de precipitações nas encostas.

Nos últimos anos o que se tem verificado é que o tempo no estado do Paraná tende a extremos, com meses extremamente secos, até meses com excesso de precipitações e invernos rigorosos com a ocorrência da precipitação de neve, até verões extremamente quentes.

As zonas climáticas do estado do Paraná permitem uma delimitação inequívoca, principalmente pela distribuição de estações meteorológicas por todo o Estado, possibilitando uma correlação entre a classificação do clima e a vegetação.

Três são as classificações de clima encontradas para o Paraná. Carl Troll, H. v. Wismann e Wladimir Köppen estabeleceram sistemas de classificação climática, que aplicadas ao Brasil e mais especialmente no Paraná, apresentam resultados diferenciados em alguns aspectos.

MAACK (1981) escreveu que, adotando-se a classificação de W. Köppen, que está baseada principalmente na temperatura e na precipitação, consegue-se melhor delimitação dos tipos de clima e que no Paraná teríamos os seguintes:

O clima Cfa de Matas Tropicais e Subtropicais, como sendo, quentes, temperadas e sempre úmidas, acrescido da letra “h”, caracteriza as regiões das Matas Pluviais do Norte do Paraná. No caso do litoral, que apresenta características de zona Tropical, cabe ao clima Af, mas em função da característica transicional da região acrescenta-se a letra minúscula “t”, passando então a Af(t). Para o extremo norte do Terceiro Planalto, indica-se o clima Cfa, porém com as mudanças na paisagem, principalmente com a derrubada da mata, o clima Cwa avança para o sul do rio Paranapanema. Distinção pode ser feita, também, entre a zona sempre úmida mais quente (Cfa) e a zona sempre úmida temperada (Cfb).

A zona Cfb do estado do Paraná abrange os Campos Limpos (Campos Gerais) com suas ilhas de matas de Araucárias, capões e matas ciliares de córregos e rios, as matas de

declive das escarpas e os matos secundários da região das Araucárias do Primeiro e do Segundo Planaltos.

Para as regiões em que o mês mais quente atinge 23°C, foi acrescentada a letra “a” e para as regiões onde não atinge 23 °C a letra “b”.

Em resumo, a classificação de Köppen, para o estado do Paraná, fica da seguinte forma:

Af (t): zona tropical marginal de transição, como mata pluvial-tropical e faixas de mangrove, sem geadas noturnas;

Cfa (b): zona tropical marginal, região alta da mata pluvial-tropical e subtropical; em ritmos de alguns anos de clima seco no inverno e periodicamente Cwa (clima quente temperado, zona tropical matemática solar: culturas tropicais, raras geadas noturnas, 2 a 3 em 10 anos);

Cfa: zona subtropical úmida quente; mata Pluvial e acima de 500m de altitude, mata de Araucárias, geadas noturnas (0 a 3 geadas por ano);

Cfb: zona temperada sempre úmida, mais de 5 geadas noturnas por ano.

IAPAR (1994) considera que, segundo a classificação de W. Köppen o Paraná possui três climas distintos, a saber: Cfb, Cfa e Af.

MAACK (1981) afirmou que as escarpas, no estado do Paraná, funcionam como bloqueios orográficos, sendo que na Devoniana, a precipitação é 100 mm superior à do Primeiro Planalto, que antecede a escarpa, no sentido leste-oeste.

As informações que permitiram a organização do quadro 2 são do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná).

Indicadores Meteorológicos	Valores
Precipitação total - média anual	1500 a 1800 mm/anuais

Temperatura média anual	18°C a 20 °C
Temperatura média anual das mínimas	13°C a 14 °C
Temperatura média anual das máximas	24 °C a 26°C
Número de dias com geadas por ano	25
Horas de frio abaixo de 7°C - total médio de maio a agosto	200 a 270
Insolação - total anual	De 1800 a 2200 h/ano
Evapotranspiração potencial - Penman - média anual	1000 a 1200 mm
Umidade relativa - média anual	75% a 80%

Quadro 2 - Indicadores meteorológicos para a região de Ponta Grossa.

Fonte IAPAR (1994; 2000).

Org: CRUZ, Gilson C F da, em.

4.4 - Processo de Urbanização de Ponta Grossa e o desenho urbano atual.

A cidade de Ponta Grossa completou 185 anos em 2008, porém a ocupação da região e a formação do núcleo de povoamento tiveram início alguns anos antes.

O processo de urbanização e o crescimento urbano foram ocorrendo ao longo dos anos, porém a urbanização começou a se intensificar a partir das duas primeiras décadas do século XX e antes da metade do século, a população urbana já era superior a população rural.

O processo de urbanização que ocorreu anterior a década de 1970, foi de forma espontânea e sem planejamento um planejamento geral, em que a cidade fosse pensada como um todo, o que só passou a acontecer a partir da década de 70, pois o primeiro plano diretor é de 1972.

A área urbana desenvolveu-se, inicialmente, em três eixos, sendo: norte, sul e leste, sempre sobre os principais divisores d'água e ao longo das vias principais e na medida em que o tempo passava, os vazios que foram ficando entre os eixos de crescimento, foram sendo preenchidos, principalmente nas áreas mais próximas do centro urbano.

Em 1960 a área que hoje forma o centro urbano e os bairros mais próximos, já estavam formada e consolidada, como pode ser visto no mapa que mostra a malha urbana em 1960 e 2008, o qual serve também para identificar quanto e como cresceu a área urbana da cidade (Figura 9 e 10).

Os planejamentos que sucederam ao Plano Diretor de 1972 possibilitaram à cidade um crescimento mais homogêneo do ponto de vista da distribuição espacial, pois surgiu um novo eixo no sentido oeste, além do que os espaços vazios que foram ficando entre os eixos principais, particularmente nos bairros, foram sendo preenchidos, na medida em que a população aumentava e a cidade crescia.

Figura 9 - Evolução da Área Urbana de Ponta Grossa entre 1960 e 2008.

Figura 10 - Expansão da Área Urbana de Ponta Grossa entre 1960 e 2008, sobre a base hipsométrica.

O uso da terra nas áreas urbanas está diretamente relacionado com o processo de urbanização e com as políticas públicas que norteiam o desenvolvimento da cidade.

Para este trabalho foi elaborado o mapa de uso da terra para a área urbana de Ponta Grossa (Figura 11), levando em consideração as relações que existem entre os elementos que compõem a cidade, sua dinâmica e o clima local. Neste sentido foram identificadas 6 classes de uso, conforme tabela abaixo:

Tabela 6 – Uso da Terra na área urbana de Ponta Grossa.

Classes de Uso da Terra	Área (km²)	Área ocupada (%)
Área Construída	82	41
Indústria	6	3
Espaço Desocupado	9	4,5
Cultivo	48	24
Mata	31	15,5
Campo	24	12

Fonte: Mapa de Uso da Terra, organizado para a pesquisa em questão.
Org: CRUZ, Gilson C F da, em 14/05/2009.

A área construída apresenta as maiores densidades no centro e nos bairros próximos, que representam as áreas mais antigas de ocupação. Nos bairros as áreas construídas com maior densidade são encontradas nos conjuntos habitacionais e nos loteamentos mais recentes, os quais possuem terrenos menores e onde a ocupação tem sido de imediato por parte dos compradores dos lotes.

As áreas de matas estão em sua maioria nos fundos vale e podem ser observadas por toda a área urbana, inclusive em locais próximos ao centro. A preservação das matas esta associada na maioria dos casos a fato de que algumas áreas dos vales são restritivas a ocupação, seja pela declividade, seja pelos problemas de inundação ou pelas íngremes encostas que possuem. No entanto não é difícil de encontrar pessoas ocupando estas áreas de risco, se expondo aos perigos dos desmoronamentos, deslizamentos e enchentes.

As indústrias estão concentradas no Distrito Industrial na parte sul da área urbana. Em outras áreas da cidade também podem ser encontradas as indústrias, porém estão isoladas e são de pequeno porte.

A classe espaço desocupado está presente em toda a área urbana em geral formada por terrenos baldios, áreas públicas e por loteamentos ainda não ocupados ou comercializados. Estas áreas em geral estão com cobertura vegetal, formada por vegetação rasteira e em alguns casos excepcionais por vegetação arbórea.

As classes campo e cultivo podem ser vistas distribuídas pela periferia da área urbana, na maioria das vezes depois que termina ou estão bem esparsas as áreas construídas. Em alguns casos estas duas classes podem aparecer em meio a áreas construída nos bairros residenciais.

A impermeabilização do solo é uma realidade, principalmente na classe área construída, devido à concentração das construções e também em função da pavimentação das vias públicas que atingem grande parte da cidade. A pavimentação das ruas com asfalto, paralelepípedo ou pedras irregulares, agrava ainda mais as alterações do clima local, pois devido ao albedo baixo, aumenta o aquecimento da superfície e do ar.

A arborização urbana é pouco encontrada na cidade, seja nas áreas centrais, por consequência do próprio processo histórico de ocupação, seja nos bairros pela falta de políticas públicas. A maioria das praças no centro da cidade e em alguns bairros da periferia está arborizada, serve como elemento amenizador das temperaturas elevadas que em geral ocorrem nas áreas urbanas.

Figura 11 - Mapa de Uso da Terra para a Área Urbana de Ponta Grossa

5 – O CLIMA URBANO DE PONTA GROSSA – PONTOS DE AMOSTRAGEM

Foram definidos 20 pontos (Quadro 3), compreendendo os mais diferentes tipos de uso da terra na área urbana, distribuição espacial e geomorfológica, em Ponta Grossa, de tal forma que os dados refletissem as influências que os elementos que compõem a área urbana podem exercer sobre o clima local. Neste sentido, levou-se em consideração características do relevo, da vegetação, da exposição das vertentes e da urbanização, para a distribuição espacial dos registradores (Figura 12).

Pontos	Endereço	Coordenadas UTM		Altitude(m)
		Latitude (m)	Longitude (m)	
Jardim Carvalho	Bairro Jardim Carvalho, Carvalho I e II, Rua Antônio Rodrigues Teixeira.	7226064	585301	960
Santa Luzia	Bairro Chapada, Núcleo Santa Luzia, Rua Santo Antônio.	7227567	579721	916
Boa Vista	Bairro Chapada, Jardim Boa Vista II Av. Ernesto Vilela, esquina com Henrique Henneberg.	7226260	581648	958
Praça B do R Branco/ex	Bairro Centro, Rua lateral leste da Praça Barão do Rio Branco.	7224476	584840	939
Santa Paula	Bairro Chapada, Santa Paula, Rua Leandro.	7224357	579974	895
Olarias	Bairro Olarias, Rua Curitiba.	7223527	585401	892
Hilgemberg	Bairro Nova Rússia, Vila Hilgemberg.	7225324	581734	928
Santo Antônio	Bairro da Ronda, Vila Santo Antônio, Rua Salvador Mendonça.	7224957	583214	895
Felicidade	Bairro Estrela, Vila Felicidade, Rua Marechal Hermes.	7223928	583550	881
Arroio do Padre – centro	Bairro Centro, Rua Dr. Vicente Machado.	7224274	584120	914
XV de Novembro	Bairro Centro, Rua XV de	7224152	584782	963

	Novembro.			
26 de Outubro	Bairro Uvaranas, 26 de Outubro, Rua Enfermeiro Paulino.	7224159	585777	928
Uvaranas/Barbosa	Bairro Uvaranas, Vila Barbosa, Rua Machado de Assis.	7224500	587128	908
Uvaranas/B Jesus	Bairro Uvaranas, Rua Teixeira Mendes.	7224229	587998	896
Uvaranas/UEPG	Bairro Uvaranas, Campus da UEPG.	7224467	590430	899
Jardim Europa	Bairro Cará-Cará, Jardim Europa, Rua Aldo Vergani.	7221513	585544	875
Distrito Industrial	Bairro Cará-Cará, Distrito Industrial, Rua José Carlos Gomes, esquina com Maximiliano Magagnin.	7215559	591363	843
Praça B R Branco/in	Bairro Centro, interior da Praça Barão do Rio Branco.	7224446	584741	942
Palmeirinha	Bairro Órfãs, Palmeirinha - Rua Ibiporã.	7226632	583571	920
Ana Rita	Bairro Jardim Carvalho, Vila Vilela, Rua Zacarias Goes de Vasconcelos na ponte sobre o /arroio Pilão de Pedra.	7225497	585939	883

Quadro 3 – Localização e Coordenadas dos 20 pontos onde foram instalados os registradores.

A urbanização ocorreu até a década de 1960 sem planejamento, pois o primeiro plano diretor é de 1972. A área urbana desenvolveu-se, inicialmente, em três eixos, partindo sempre do centro sendo para: norte, sul e leste, sempre sobre os principais divisores d'água e ao longo das vias principais. Os planejamentos que se sucederam possibilitaram à cidade um crescimento mais homogêneo do ponto de vista da distribuição espacial, pois surgiu um novo eixo para oeste, além do que os espaços vazios que ficaram entre os eixos principais foram preenchidos, na medida em que a população aumenta e a cidade cresce.

Figura 12 - Localização dos Pontos de Amostragem na Área Urbana de Ponta Grossa.

➤ **Ponto Jardim Carvalho** – Localizado em uma região plana sobre o divisor da águas da bacia do Arroio Pilão de Pedra com a bacia do arroio da Prancha, a Norte-Nordeste do centro, mas próximo ao mesmo, está um ponto Jardim Carvalho, que se encontra na área do passeio, com um amplo canteiro gramado e com calçada de concreto branco, em uma rua asfaltada. Em um dos lados da rua, existem poucas construções, com uma grande área desocupada, onde se desenvolve gramíneas, arbustos e algumas espécies arbóreas, como pode ser vista na figura 13 e no outro, fica a sede da SANEPAR, que ocupa toda a quadra, com uma construção com altura que equivale a um edifício de 3 andares.

➤ **Ponto Santa Luzia** – Em uma área localizada no extremo Noroeste da área urbana, densamente ocupada pelo conjunto habitacional Santa Luzia, no meio da quadra, em uma rua com pavimento asfáltico, com casas construídas com um pavimento, como pode ser visto na Figura 14, no passeio com pavimento claro e sem arborização, exceto por uma árvore vista ao fundo, foi instalado o mini-abrigo do ponto Santa Luzia. Trata-se de uma vertente de exposição Sudeste, sendo que a aproximadamente 50 metros do ponto a rua termina em um barranco com altura de 10 metros, com rampa de uns 45° de declividade, com vegetação arbustiva e arbórea.

Figura 13 – Vista em direção ao Sul do abrigo meteorológico do **Ponto Jardim Carvalho**.
Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da

Figura 14 – Vista parcial do **Ponto Santa Luzia**, com seu mini-abrigo meteorológico.
Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da

➤ **Ponto Boa Vista** - Na parte superior de uma vertente de exposição Noroeste está o ponto Boa Vista, a Norte-Noroeste do centro da cidade, no extremo da área urbana, em uma região de ruas largas, calçadas com pedras irregulares, com construções de um pavimento em ambos os lados da rua, com passeio largo, pavimento de *petit-pavê* gramado e algumas árvores (Figura 15).

➤ **Ponto Praça Barão do Rio Branco/externo** - No início de um vale, em uma alta vertente de exposição Leste, no centro da cidade, cercado por edifícios do lado esquerdo da rua e por uma praça arborizada do lado direito, de quem olha a Figura 16, com vistas para o Sul, está o ponto Praça B R Branco/ex, situado no passeio direito da rua, que é asfaltada, com passeio calçado em *petit pavê*, com predomínio de pedras brancas, sem arborização, que possui um fluxo de veículos de Sul para Norte. Local que pela manhã fica sob a influência do sombreamento do edifício imediatamente a Leste do ponto e durante o final da tarde das árvores e edifícios a Noroeste e Oeste.

Figura 15 – Foto do mini-abrigo no **Ponto Boa Vista**, com vista para sudoeste.
Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da

Figura 16 – Vista a Sul a partir do mini-abrigo do **Ponto Praça Barão do Rio Branco/externo**, rua lateral Leste.
Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da

➤ **Ponto Santa Paula** - O ponto que se encontra na parte superior de uma vertente de exposição Norte, com forte insolação durante quase todo o dia, em uma rua calçada com

pedras irregulares e com passeio em concreto branco, na extremidade Oeste da área urbana, a Oeste do centro da cidade é o ponto Santa Paula. A rua não possui nenhum tipo de arborização, apresenta casas nos dois lados e algumas árvores podem ser vistas em algumas delas. A vertente apresenta acentuada inclinação e termina em um fundo vale, sendo que na vertente oposta existe uma área de mata, o que pode ser observado na Figura 17.

➤ **Ponto Olarias** - Na Rua Curitiba, a alguns metros da esquina com a Rua Ceará, está o Ponto Olarias, no bairro de Olarias, próximo, mas a Sudoeste do Centro, em uma rua com pavimentação asfáltica, passeios com calçadas em concreto branco, ou *petit pavê* e em alguns casos sem revestimento, apenas com solo exposto e/ou com gramíneas, com ausência de arborização. Um fato importante é a forte presença de vegetação no terreno das casas, principalmente no fundo do vale. A vertente na qual foi instalado o mini-abrigo é íngreme e de exposição Sudeste, encaixada na parte superior de um vale e o ponto foi posicionado na meia vertente (Figura 18).

Figura 17 – Foto a partir do mini-abrigo do **Ponto Santa Paula**, com vista para o Norte.
Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

Figura 18 – Foto mostrando o mini-abrigo e a área de entorno do **Ponto Olarias**, na direção Nordeste.
Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

➤ **Ponto Hilgemberg** - Na meia vertente, com exposição Sul, e no início de um amplo vale, encontra-se o ponto Hilgemberg, na vila do mesmo nome. É uma região com terrenos

íngremes, onde ainda se observa a presença de vegetação, muito mais devido às dificuldades de ocupação do que por algum tipo de consciência ambiental. O local está entre o centro e o extremo Noroeste da cidade, em uma rua sem pavimentação e passeio, e com declividade é acentuada, como pode ser observada na Figura 19.

➤ **Ponto Santo Antônio** - Localizado no alto de uma vertente de exposição Oeste, em uma região com declividades acentuadas, com diversos vales ocupados por matas, está o ponto Santo Antônio, no bairro da Ronda, na vila Santo Antônio, na Rua Salvador Mendonça, a Oeste e próximo do centro, entre o centro e a periferia da área urbana. A rua onde foi instalado o mini-abrigo é asfaltada, porém as ruas do entorno não são pavimentadas. Os passeios podem ser divididos entre concretados e os com solo exposto ou recobertos por gramíneas. A Figura 20 composta por uma foto no sentido Noroeste, a partir do mini-abrigo do ponto Santo Antônio, permite observar a presença de muitas árvores, porém trata-se de uma região totalmente loteada, mas que possui vários terrenos desocupados.

Figura 19 – Foto mostrando uma vista parcial da osição do **Ponto Hilbemberg**, em direção a Sudeste.
Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

Figura 20 – Vista à Noroeste do mini-abrigo do **Ponto Santo Antônio**, na Vila Santo Antônio, na Ronda.
Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

➤ **Ponto Felicidade** - Na parte superior de uma pequena vertente exposição Sul, que compõe uma vertente maior, de exposição Oeste, está o ponto Felicidade, na vila Felicidade, ocupando uma posição de meia vertente, a Oeste e mais próximo do centro do

que da periferia da cidade. Neste ponto, o mini-abrigo foi instalado sobre o passeio, revestido de concreto branco, no lado esquerdo da rua, calçada com pedras irregulares, com alinhamento Leste/Oeste e com construções em ambos os lados. É mais uma região em que se observa a ausência de arborização urbana, mas a presença de vegetação nos terrenos das casas e terrenos desocupados. A Figura 21 com a foto voltada para Leste permite observar algumas características do entorno do ponto.

➤ **Ponto Arroio do Padre** - A Oeste, mas muito próximo do centro da cidade, está o ponto Arroio do Padre, posicionado no centro de um fundo de vale que se inicia na região. As vertentes no interior do vale são íngremes e com intensa presença de mata, o que pode ser visto na foto da Figura 22, mas com algumas construções. Neste ponto, o mini-abrigo foi colocado no passeio do lado direito da rua, que é asfaltada, com passeio pavimentado com blocos de concreto de cor clara. Nesta rua, a movimentação de carros é razoável, pois é uma das ligações entre o centro e vilas próximas.

Figura 21 – Vista Leste, a partir do mini-abrigo instalado no **Ponto Felicidade**.

Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

Figura 22 – Vista parcial da área onde foi instalado o mini-abrigo do **Ponto Arroio do Padre**.

Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da

➤ **Ponto XV de Novembro** - Foi definido para o ponto XV de Novembro um local no centro da cidade, na rua XV de Novembro, uma rua asfaltada com passeio em *petit pavê*, com o predomínio de pedras brancas. A rua está alinhada no sentido Oeste/Leste, sendo

este também o sentido de deslocamento dos carros. É uma rua estreita, com construções de 2 andares ou mais, o que resulta em sombreamento na maior parte da mesma durante vários momentos do dia, aspectos estes que podem ser observados na foto da Figura 23. Neste local, observa-se uma forte ação dos ventos, os quais sofrem grande influência da circulação de veículos, fato que foi constatado durante a realização dos trabalhos de campo.

➤ **Ponto 26 de Outubro** - O mini-abrigo no ponto 26 de Outubro foi instalado no início de uma vertente de exposição Sul, que está próxima e a Oeste-Sudoeste do centro, em uma região aberta para um vale de grandes extensões e com grande declividade acentuada. A rua é de pouco movimento, calçada com pedras irregulares e o passeio, com blocos de concreto claro, apesar de que existe parte da rua e do passeio sem pavimentação. A foto da figura 24 permite visualizar algumas das características descritas para o ponto e possibilita observar que inexiste arborização urbana, sendo que somente nos terrenos das casas é possível perceber a presença da vegetação.

Figura 23 – Vista a Leste a partir do mini-abrigo do **Ponto XV de Novembro**.

Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

Figura 24 – Vista parcial do mini-abrigo no **Ponto 26 de Outubro** e seu entorno.

Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

➤ **Ponto Uvaranas/Barbosa** - A Leste do centro está um dos principais e mais antigo eixo de expansão da cidade, com extensão aproximada de 8 km, região onde se optou por alocar três pontos para registro de dados, sendo que o ponto Uvaranas/Barbosa é o

primeiro, a partir do centro em direção à periferia. Este ponto encontra-se no início de uma vertente de exposição Sul, onde a declividade ainda é pouco acentuada, em uma área que antecede a uma região de maior declividade do vale do qual faz parte a vertente. A rua é a Machado de Assis, pavimentada com pedras irregulares e com poucas áreas do passeio pavimentadas, sendo que nos mesmos predomina a presença de gramíneas, inclusive onde foi instalado o mini-abrigo, o qual também sofreu influência, dentre outros, da presença de uma árvore existente no terreno da casa à frente da qual se encontrava. Nos terrenos das casas observa-se a forte presença de vegetação arbórea. Grande parte das características do ponto pode ser observada na foto da Figura 25.

➤ **Ponto Uvaranas/Bom Jesus** - O segundo ponto no sentido leste da área urbana é o ponto Uvaranas/Bom Jesus, que ficou localizado em uma rua sem pavimentação, inclusive nos passeios, com poucas construções à sua volta, e de orientação Norte/Sul. O mini-abrigo ficou instalado em uma área de solo exposto, em frente de um terreno com uma casa abaixo do nível da rua, do outro lado havia um amplo terreno baldio. Trata-se de uma vertente de exposição Oeste, no início de um vale que compõe uma bacia hidrográfica, com grande declividade. A vegetação é representada por uma vasta mata, que recobre boa parte desta vertente. Na Figura 26 a foto sentido sudeste a partir da posição do abrigo, serve para se observar parte das características do ponto, como a rua sem pavimentação, terrenos desocupados, poucas construções, falta de arborização urbana e em partes a declividade da região.

Figura 25 – Fotografia que permite uma visão parcial do entorno do mini-abrigo no **Ponto Uvaranas/Barbosa**.
Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

Figura 26 – Vista Sudeste, a partir do mini-abrigo do **Ponto Uvaranas/Bom Jesus**.
Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

➤ **Ponto Uvaranas/UEPG** – O ponto mais a Leste do centro da cidade, na periferia da área urbana, foi instalado no interior do campus Uvaranas da Universidade Estadual de Ponta Grossa, em uma área de estacionamento, com pátio revestido de asfalto, a presença de árvores, ainda de pequeno porte, e distante de construções que pudessem exercer grande influência sobre os dados. Com relação ao relevo, trata-se de uma vertente de exposição Leste, com suave declividade e com amplas áreas de gramíneas e algumas espécies arbóreas nas proximidades, características estas observáveis na foto da Figura 27.

➤ **Ponto Jardim Europa** - A Sudoeste do centro da cidade existe outro eixo de expansão urbana, no qual se encontra, também, o Distrito Industrial do município, o qual está dentro da área urbana. Nesta parte da cidade foram definidos dois pontos sendo que o primeiro, o ponto Jardim Europa, está localizado entre o centro e a periferia, em uma região ainda com média densidade de ocupação, na transição para áreas com baixa densidade de ocupação. O mini-abrigo foi instalado na esquina da Rua Aldo Vergani com a Rua Fernão Dias, com pavimentação de asfalto e passeio revestido de concreto de cor clara. O ponto situa-se no meio da vertente, que apresenta exposição Sudeste. No local

predominam as áreas construídas, mas existem várias áreas desocupadas, com vegetação arbórea e arbustiva. A vista a Noroeste a partir do mini abrigo na foto da Figura 28, permite observar aspectos das construções, pavimentação, declividade e da falta de arborização no entorno do ponto Jardim Europa.

Figura 27 – Foto do mini-abrigo, no **Ponto Uvaranas/UEPG**, vista a Sul/Sudoeste.

Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

Figura 28 – Vista a partir do mini-abrigo do **Ponto Jardim Europa**, no sentido Noroeste.

Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

➤ **Ponto Distrito Industrial.** No Sul da área urbana, afastado do centro e das últimas vilas, com maior densidade de ocupação, na esquina das ruas José Carlos Gomes com Maximiliano Magagnin, foi instalado o mini-abrigo do ponto Distrito Industrial, na região do mesmo nome. No local as ruas não são pavimentadas e nem os passeios. O movimento nas duas ruas é pequeno, apesar de ser uma delas é a via principal do circular que atende o Distrito Industrial. As construções são poucas e estão distantes umas das outras, com amplas áreas desocupadas separando-as. Do ponto de vista geoecológico, trata-se de uma área relativamente plana, onde o ponto foi instalado em uma meia vertente de exposição Sul, com baixa declividade. A vegetação predominante é rasteira, com algumas espécies arbóreas esparsas. Parte das características descritas podem ser observadas na foto da Figura 29.

➤ **Ponto Praça Barão do Rio Branco/interior** - No interior da Praça Barão do Rio Branco, no centro da cidade, foi instalado o mini-abrigo meteorológico do ponto Praça Barão do Rio Branco/interior. A praça possui pavimentação de *petit pavé*, com predomínio de pedras brancas, em meio a muitas áreas com gramíneas e árvores de grande porte. No caso deste ponto, é possível identificar vários fatores que interferem no clima local, mas dois se destacam: a vegetação arbórea e os edifícios nas ruas laterais que projetam suas sombras sobre a praça. É uma região central de densa ocupação e com forte interferência no clima local por parte dos elementos que compõe o urbano. Com relação ao relevo, deve-se destacar que é quase plano, pois o mini abrigo foi instalado numa alta vertente de exposição Leste, local onde a nascente do arroio Pilão de Pedra foi canalizada no passado, em função da ocupação do local, como pode ser observado na foto da Figura 30.

Figura 29 – Vista a sudeste, do mini-abrigo do **Ponto Distrito Industrial**.

Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

Figura 30 – Vista do interior da Praça Barão do Rio Branco, com o mini-abrigo do **Ponto Praça Barão do Rio Branco/interior**.

Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

➤ **Ponto Palmeirinha** - Em uma baixa vertente de exposição Sudeste, localizada ao Norte do centro da cidade, foi instalado o mini-abrigo do ponto Palmeirinha. Do ponto até o fundo do vale a distância é pequena e a declividade é acentuada. Na região, as ruas são desprovidas de arborização urbana, mas nos terrenos das casas é possível visualizar grande quantidade de árvores. O ponto fica na Rua Augusto Severo, a poucos metros da esquina

com a Rua Ibiporã. As duas ruas são asfaltadas e na Rua Ibiporã registrou-se grande circulação de veículos. Os passeios são pavimentados parcialmente, com presença de grama em meio à calçada. Algumas características podem ser vistas na foto da Figura 31.

➤ **Ponto Ana Rita** - No fundo do vale, sobre a ponte na passagem da Rua Zacarias de Góes de Vasconcelos sobre o arroio Pilão de Pedra, está o ponto Ana Rita. A rua é asfaltada, com passeios parcialmente pavimentados. No local observam-se muitas construções e muita vegetação. Já o curso d'água apresenta um volume de água que não é muito pequeno, além de estar misturado com muito esgoto. Na margem esquerda do arroio, observa-se uma vertente íngreme, e na margem direita a vertente é suave. Apesar da grande ocupação ao longo do arroio, ainda existe um remanescente de vegetação na parte das margens mais próximas do leito, como pode ser observado na foto da Figura 32.

Figura 31 – Vista parcial, ao sul do mini-abrigo posicionado no **Ponto Palmeirinha**.
Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

Figura 32 – Foto do fundo do vale do Arroio Pilão de Pedra, vista a leste do mini-abrigo do **Ponto Ana Rita**.
Fonte: trabalho de campo, de 10 a 13/12/2006.
Fotógrafo: CRUZ, Gilson C. F. da.

6 - A DINÂMICA CLIMÁTICA NA ÁREA URBANA – INTEGRAÇÃO ESCALAR

A dinâmica climática regional tem um papel muito importante nas condições mesoclimáticas, como no caso do clima urbano, que tem características próprias no que diz respeito ao comportamento das variáveis climáticas, as quais sofrem a influência dos elementos que compõem o desenho urbano, resultante do processo de urbanização, pois as entradas e avanços das massas de ar e frentes, assim como a dinâmica dos ventos, sempre irão atuar sobre a região mesmo que existam influências locais.

Uma das características que se observa no clima das áreas urbanas é a formação da ilha de calor, porém em função características específicas do processo de urbanização e dos condicionantes ambientais, pode ocorrer a formação de várias ilhas de calor, não apenas no centro, mas também na periferia.

A cidade de Ponta Grossa é um destes casos no qual se observa a formação de várias ilhas de calor e ilhas frias, ou que apresenta uma ilha de calor com diversos picos.

No primeiro período de registro de dados de 10 a 13 de dezembro de 2006 as condições climáticas e do tempo foram determinadas pela atuação de uma massa de ar frio sobre o oceano, estável e que estava se aquecendo. No continente se observava a presença de uma massa de ar quente e seca, recobrimdo parte do sul do país, mais para o oceano, que deixava o tempo estável, com a presença de nuvens altas. Na segunda-feira se formou um cavado na altura do litoral de São Paulo, que também passou a exercer influências no Paraná.

Para discutir o fenômeno da ilha de calor em Ponta Grossa, os dados receberam dois tratamentos diferenciados, para cada dia do trabalho de campo.

Para sistematização dos dados e possibilitar uma análise que viesse a corroborar com a tese de que uma das formas de manifestação do clima urbano de Ponta Grossa, passa pela formação da ilha de calor, é que se optou em dividir os dados dos 20 pontos de amostragem, em 3 transectos, de acordo com a distribuição geográfica:

- AB – Norte-Sul passando pelo centro, com os seguintes pontos: Santa Luzia, Boa Vista, Hilgemberg, Santo Antônio, Praça B. R. Branco/in, Praça B. R. Branco/ex, XV de Novembro, Olarias, Jardim Europa e Distrito Industrial;

- CD – Oeste-Leste passando pelo centro, com os seguintes pontos: Santa Paula, Felicidade, Arroio do Padre, Praça B. R. Branco/in, Praça B. R. Branco/ex, XV de Novembro, 26 de outubro, Uvaranas/Barbosa, Uvaranas/Bom Jesus e Uvaranas/UEPG;

- EF – Norte-Sul sem passar pelo centro, com os seguintes pontos: Palmeirinha, Jardim Carvalho, Ana Rita, Uvaranas/Barbosa, 26 de outubro, Olarias, Jardim Europa e Distrito Industrial.

Ao se analisar a série de gráficos elaborados com os dados de temperatura, para cada um dos três transectos, para cada dia e para cada hora do trabalho de campo de dezembro/2006 e julho/agosto/2007 é possível constatar que se formam diversas ilhas de calor e ilhas frias ao longo do dia na área urbana de Ponta Grossa, sendo que se formam ilha de calor tanto no centro como na periferia e com intensidades diferentes.

Com base na bibliografia consultada e nas diferentes propostas existentes, optou-se por classificar as Ilhas de Calor ou Frio considerando a intensidade da seguinte forma: quando a intensidade estiver entre -3 e 0 °C ilha fria fraca, 0 a 3 °C ilha de calor fraca; de 3 °C a 6° C ilha de calor moderada; de 6 °C a 9° C, ilha de calor forte (ANDRADE, 2003; ALCOFORADO; ANDRADE, 2006, SILVA;SOUZA, 1987; BRANDÃO, 2003).

A intensidade da ilha de calor, em cada transecto, foi determinada a partir da diferença entre o valor de cada ponto e o valor do ponto no extremo do transecto, mais distante do centro e na periferia (ALCOFORADO; ANDRADE, 2006).

No presente trabalho, no transecto AB e transecto CD, assim como na análise dos mapas de interpolação, o ponto de referência foi o Distrito Industrial e no caso do transecto CD o ponto de referência foi o Uvaranas/UEPG.

O ponto com temperatura maior do que a registrada no ponto de referência é uma ilha de calor e o ponto com temperatura menor do que a do ponto de referência constitui a ilha fria, salvo algumas exceções.

Para identificar a ilha de calor e a ilha fria nos mapas de interpolação, analisou-se a distribuição das isotermas. Para estabelecer a intensidade calculou-se a diferença entre a temperatura do ponto origem da ilha e o ponto referência, neste caso o Distrito Industrial.

Posteriormente será apresentada uma análise com base nos mapas resultantes da interpolação dos dados.

Em dois pontos houve perda de dados: no Santa Luzia os registros só foram iniciados no meio da tarde do domingo 10/12 e no Boa Vista, um problema de roubo das planilhas de registro resultou na perda completa dos registros dos 2 primeiros dias e do 3º dia até as 17h. Estes fatos comprometeram em partes as análises do transecto AB – Norte-Sul para os dias em questão.

É importante destacar que este período do trabalho de campo ocorreu em pleno horário de verão, o que significa dizer que os dados registrados de acordo com a hora oficial, precisam ser pensados de acordo com o horário normal. Sendo assim será necessário ponderar que tudo o que foi registrado, em termos de horário equivale a 1h a menos, ou seja, os registros iniciados as 9h, na verdade estavam ocorrendo as 8 h e assim por diante, durante todos os dias e a finalização dos trabalhos que ocorreu as 21h, na realidade as 20h.

6.1 – Dinâmica do mês de dezembro de 2006

✓ dia 10 de dezembro de 2006

As condições climáticas para o dia 10 de dezembro de 2006, domingo, primeiro dia do trabalho de campo, foram de um dia quente, nublado pela manhã e com muitas nuvens no período da tarde e noite. Apesar da alta nebulosidade, foi o dia que apresentou a maior temperatura máxima do período, tendo sido registrado 35,6 °C às 17h.

Como pode ser observada, na imagem do domingo 10/12, à noite (Figura 33), uma frente estacionária estava sobre o Sudeste, sobre o Sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro, se deslocando para o Norte. Um cavado havia se formado sobre o Paraná e Santa Catarina.

Uma frente fria se encontrava sobre o oceano na altura do litoral do Rio Grande do Sul e um cavado sobre a Argentina.

Figura 33 – Imagem GOES 12 IR 4.

Fonte: SIMEPAR (2006).

Org: CRUZ, Gilson C F da, em 20/12/2006.

Para ilustrar o comportamentos dos sistemas atmosféricos durante o dia 10 de dezembro, segue uma sequência de 4 imagens globais.

A sequência de imagens globais *GOES+METEOSAT* do dia 10 de dezembro permitem observar como evoluiu os sistemas atmosféricos. Principalmente no caso da frente fria que avançava por sobre o oceano, influenciando no clima do Paraná.

As duas primeiras imagens mostram pouca alteração nas condições gerais, com a alta pressão sobre o oceano, na altura da região Sul e a frente fria, também, sobre o oceano, um pouco ao Sul da alta pressão.

Figura 34 – Imagem Global *GOES + METEOSAT* do dia 10/12/2006, 12h GMT.
Fonte: CPTEC.

Figura 35 – Imagem Global *GOES + METEOSAT* do dia 10/12/2006, 15h GMT.
Fonte: CPTEC.

A alta nebulosidade observada no campo durante o período da tarde, pode ser entendida com a observação das duas imagens a seguir (Figura 37 e 38), onde é possível que mostra uma perda de força da frente fria sobre o oceano e um aumento da nebulosidade na altura do Paraná.

Figura 36 – Imagem Global *GOES + METEOSAT* do dia 10/12/2006, 18h GMT.
Fonte: CPTEC.

Figura 37 – Imagem Global *GOES + METEOSAT* do dia 10/12/2006, 21h GMT.
Fonte: CPTEC.

Ao analisar a carta sinótica ou de pressão ao nível do mar, das 12h GMT, do dia 10 de dezembro de 2006 (Figura 38), deve-se destacar a presença de um sistema de alta pressão próximo a costa brasileira, na retaguarda de uma frente fria que se deslocava sobre o Atlântico Sul, com uma frente Oclusa mais afastada da costa.

Na parte continental o destaque é para o sistema de baixa pressão sobre parte das regiões sudeste e Sul, que determinou um dia com tempo estável, com umidade que não foi suficiente para gerar precipitação.

Figura 38 - Carta Sinótica do dia 10/12/2006 às 12h GMT.

Fonte: Marinha (2006).

O primeiro dia da coleta dos dados revelou temperaturas mais elevadas, sob influências de uma massa de ar quente estacionária, que atuava sobre o Sul do Brasil. Tratava de um domingo, dia de pouco movimento e que retrata os finais de semana nos quais em geral o clima urbano sofre menor influência da dinâmica da cidade, que é reduzida.

O dia começou com temperaturas elevadas no início dos trabalhos e a máxima do dia foi registrada às 17h. A umidade relativa que tem sua evolução inversamente proporcional ao da temperatura iniciou os dias elevada e foi caindo, até atingir o mínimo no final da tarde, no mesmo horário em que a ocorria a máxima da temperatura.

Foi um dia em que do início dos registros às 9h, até as 11h esteve nublado para a grande maioria dos pontos, sendo que a partir do meio dia o sol apareceu e ficou presente até o por do sol por volta das 20 h. Durante a tarde a nebulosidade diminuiu, porém com a queda de temperatura no final da tarde e com os ventos vindos do oceano, com muita umidade, a nebulosidade volta a aumentar, criando uma condição de muitas nuvens.

Com relação ao vento, somente em 4 pontos foi registrada a ausência de vento em 1 ou mais horários de medição, no Jardim Carvalho, do início dos registros até o meio da tarde, em horários alternados e no Praça B R Branco/ex no fim da tarde após as 16h, foram 3 horários sem vento e no Jardim Europa, no horário da 9h e no Praça B R Branco/in no horário das 19h foi apenas 1 registro sem vento.

A direção variou muito na maioria dos pontos ao longo do dia, com destaque para os pontos em que predominaram os ventos de S. Porém em 8 pontos o vento se comportou de forma muito parecida durante todo o dia, sendo que em 6 deles houve o predomínio de ventos de E, SE e NE.

A temperatura do primeiro registro à 9h variou de 18,7°C no 26 de Outubro a 21,7 °C no Ana Rita, com uma amplitude de 3 °C e a umidade relativa de 90% no Ana Rita e 76% no Praça B R Branco/ex, com uma amplitude de 14%.

Quando do registro da temperatura máxima, às 17h e esta variou de 35.6 °C no Santa Paula a 25,6 °C no Praça B R Branco/in, com amplitude de 10 °C e a umidade relativa variou de 28% no Santa Paula a 60% no Ana Rita, com uma amplitude de 32%.

Para todos os pontos a temperatura mínima e a umidade relativa máxima ocorreram no primeiro registro, o das 9h, já a temperatura máxima teve uma grande amplitude nos horários de registro, pois houve pontos em que a máxima ocorreu às 14h e outros em que o registro ocorreu às 18h, porém na maioria dos pontos a máxima foi registrada às 17h. Com relação à umidade relativa mínima, esta teve amplitude horária menor, tendo sido registrada entre as 16h e as 17h, sendo que na maioria dos pontos o registro ocorreu às 17h.

A amplitude de horário, no registro da temperatura máxima e da umidade relativa mínima, está diretamente relacionada com as influências que os elementos que compõem a área urbana exercem sobre o clima urbano.

O desenho observado nos Gráficos 1 e 2, da temperatura e da umidade relativa, respectivamente, é inversamente proporcional, pois é esta a relação que existe entre estes dois elementos climáticos. No entanto algumas observações devem ser feitas, uma vez que os dados mostraram situações diferenciadas em alguns casos.

Quando se olha para os dados de umidade relativa máxima dos pontos, estes são coincidentes com os de temperatura mínima, porém quando foram estabelecidas relações, considerando os dois elementos, entre os pontos e para cada hora, isto não ocorre.

No caso do registro da temperatura máxima e da umidade relativa mínima de cada ponto, somente em 60% dos casos houve coincidência de horário, esta situação é reflexo da influência do vento, que transporta a umidade e das características do entorno de cada ponto, principalmente com relação aos elementos que compõem a cidade, os quais proporcionam uma diminuição na evaporação, particularmente, pela impermeabilização do solo e da

evapotranspiração, pela remoção da vegetação natural e pela inexistência da arborização urbana.

Ao se analisar a temperatura mínima de cada hora de registro e a umidade relativa máxima, não se encontrou nenhuma coincidência entre os dados, pois a temperatura mínima por hora de registro, em 82% dos casos ocorreu no ponto Praça B. R. Branco/in, consequência do fato de que o local se trata de uma praça no centro da cidade, com forte influência da vegetação e dos prédios do entorno.

No caso da umidade relativa máxima, 100% foram registradas no ponto Ana Rita, explicada pelo fato de se tratar de um ponto em um fundo de vale, onde existe um curso d'água e com vegetação em suas margens, apesar de ser um local de média densidade de ocupação, aberto e com insolação durante grande parte do dia, pois os obstáculos aos raios solares só influenciam no final da tarde.

Com relação à temperatura máxima por hora, apenas em 62% dos casos coincidiu com os dados da umidade relativa mínima. Este fato tem relação com as diferenças de características dos pontos, ação do vento etc.

A dinâmica observada no dia 10 de dezembro pode explicar algumas das variações do vento e de forma indireta o comportamento da temperatura e da umidade relativa em poucos pontos e horários de medição.

Os pontos nos quais foi registrada uma movimentação de veículos e pessoas, que pudesse ter interferido nos dados obtidos foram: Jardim Carvalho, com movimentação mais intensa no período da tarde e noite, quando circularam em média 30 veículos e 2 pessoas, no Ana Rita, onde a movimentação se deu durante todo o dia, porém com menor intensidade, visto que a circulação média foi de 13 veículos e de 3 pessoas, e no Jardim Europa, também com intensidade menor, mas com concentrações no final da manhã e começo e final da tarde,

com 12 veículos e 2 pessoas se movimentando próximo ao mini abrigo. Estes dados da circulação foram registrados 1 min antes e 1 min depois de cada medição.

O comportamento da temperatura e umidade relativa do ar, descrito nos parágrafos anteriores, pode ser observado nos Gráficos 1 e 2 que respectivamente trazem o comportamento das duas variáveis.

Gráfico 1- Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 10/12/2006.

Fonte: trabalho de campo realizado de 10 a 13/12/2006.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

Gráfico 2- Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 10/12/2006.

Fonte: trabalho de campo realizado de 10 a 13/12/2006.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

A análise dos transectos permitirá a visualização da ilha de calor em diferentes condições, a começar pelo transecto AB – Norte-Sul.

Nos três primeiros gráficos produzidos com os registros das, 9h, 10h e 11h é formaram-se duas ilhas de calor, no transecto AB – Norte-Sul, sendo uma no centro, Praça B R Branco/ex e outra em áreas entre o centro e a periferia, Jardim Europa e duas ilhas frias no centro, Praça B R Branco/in e Olarias (Gráfico 3).

Com relação a umidade relativa, destaque para as duas ilhas secas, uma no centro, Praça B R Branco/ex e outra mais ao sul do centro, no Jardim Europa.

A partir das 12h a situação vai se homogeneizando e uma ilha de calor se forma do centro em direção ao sul da cidade, onde se forma, também, uma ilha seca, em uma situação de influência do centro urbano, com maior rugosidade, que interfere na dinâmica dos ventos,

com pico um pouco afastado do centro urbano, no Jardim Europa, onde a insolação é muito forte durante todo o dia e onde a exposição da vertente é SE, situação que perdura durante toda a tarde. As ilhas frias se formam no Praça B R Branco/in e Olarias, neste com variações (Gráfico 4).

No início da noite é que a ilha de calor começa a assumir um desenho bem definido, no qual é possível perceber de forma mais incisiva a influência do centro da cidade no clima

local, pois com o registro das 19h, 20h e 21h os pontos extremos do transecto, indicam a formação de duas ilhas frias, com a formação de uma ilha de calor com dois picos, mas às 21h a ilha de calor se consolida com o pico no centro, no ponto XV de Novembro. Ao mesmo tempo o centro assume a condição de uma ilha seca (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul.

Durante o dia, no transecto AB a intensidade das ilhas variou de fraca a moderada, calculada em relação ao Distrito Industrial. As ilhas de calor variaram de 0,1 °C a 2,8 °C e as ilhas frias de 0,2 °C a 2,9 °C. A maior amplitude entre a ilha de calor e a ilha fria, foi registrada às 15h, com 5,1 °C.

As maiores intensidades foram observadas durante o período da tarde, e as mais intensas ocorreram às 15h, com 2,8. As 21h a ilha de calor no centro estava definida, com

intensidade fraca de 1.9 °C. Em geral onde se formaram as ilhas de calor, formaram-se ilhas secas e onde ocorreram as ilhas frias, ocorriam às ilhas úmidas.

Os gráficos horários do dia 10 para o transecto CD, que tem orientação Oeste-Leste, demonstram que no período da manhã, houve uma grande variação de temperatura. No ponto Uvaranas/Barbosa problemas instrumentais impediram o registro das 9h, sanado na sequência.

No centro houve a formação de uma ilha de calor, com pico no ponto da rua XV de Novembro e na Praça B do R Branco/ex, justificada pela intensa urbanização, pela elevada impermeabilização do solo, vertentes de exposição norte e pela verticalização (Gráfico 6).

Uma segunda ilha de calor se formou no Santa Paula, na extremidade Oeste do transecto, justificada pelo fato do ponto se encontrar numa vertente de exposição Norte, em uma região densamente urbanizada, com elevado índice de impermeabilização do solo e com ausência de arborização. A ilha fria de maior destaque ocorreu no Praça B R Branco/in.

Gráfico 6 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.

No período da tarde a situação da manhã se manteve, porém o surgimento de uma discreta ilha de calor em Uvaranas/UEPG, na extremidade Leste do transecto. No entanto, no final da tarde as condições começam a mudar e a ilha de calor no centro passa a se destacar, porém ainda com ilha de calor na extremidade Oeste, onde também, se forma uma ilha seca (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.

A noite a partir do registro das 18h a situação que se apresentava no final da tarde se intensifica e as 21h se observa a formação de uma ilha de calor muito bem definida, com o pico no centro e a temperatura caindo sentido da periferia, nas extremidades do transecto (Gráfico 8).

Gráfico 8 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-leste.

Apesar de que a melhor definição da ilha de calor ocorreu no período da noite, com intensidade fraca de 1,6 °C, as maiores intensidades foram registradas no período da tarde, de moderada a forte, com variação entre 0,1 °C e 7,3 °C, sendo que a ilha de calor das 17h no Santa Paula, foi de intensidade forte, com 7,3 °C. No caso das ilhas frias, a intensidade variou entre 0,1 °C e 2,8 °C. A maior amplitude entre as ilhas de calor e as ilhas frias, ocorreu no horário das 17h, quando atingiu 10 °C.

O transecto EF – Norte-Sul cortando uma região próxima ao centro da cidade teve por objetivo permitir analisar o comportamento da temperatura sem a influência da urbanização da área central da cidade em seu entorno. Contemplando áreas que vai de uma periferia a outra, passando por uma região entre o centro e a periferia, na porção Leste da cidade. No ponto Uvaranas/Barbosa problemas instrumentais impediram o registro das 9h, sanado na sequência.

No transecto EF as diferenças que caracterizam os pontos são, principalmente, com relação a aspectos geocológicos, como no caso da altitude, da exposição de vertente, de localização com relação posição na vertente e em função da maior ou menor presença de vegetação. Em geral os pontos foram alocados em área de baixa intensidade de urbanização, com muitos terrenos desocupados e arborização, principalmente nos terrenos particulares.

Utilizando como referência o Distrito Industrial, no período da manhã as ilhas de calor que se consolidaram, ocorreram no Ana Rita e no Jardim Europa e as ilhas frias no Uvaranas/Barbosa e 26 de Outubro e no Jardim Carvalho.

A ilha de calor identificada, no ponto Ana Rita, um ponto em um fundo de vale encaixado em uma falha geológica, de orientação Leste Oeste, com vertentes íngremes a Norte e suave a Sul, com urbanização intensa em ambas as encostas e até em parte do fundo do vale.

No caso da ilha de calor formada no ponto Jardim Europa, a explicação passa pela intensa urbanização e impermeabilização do solo, exposição da vertente NE com insolação quase tão forte quanto as de exposição N, pouca influência do vale que é muito aberto e provavelmente por uma circulação local determinada pelas baixas latitudes do entorno da região na direção sul, que culmina com as margens de um grande rio o Tibagi.

A extremidade norte do transecto se comportou com ilha de calor durante quase todo o dia, tendo se transformado em ilha fria apenas no meio da tarde.

No ponto Olarias, próximo ao centro as temperaturas ficam um pouco mais elevadas.

Com relação à umidade relativa, destaque para a ilha úmida no Ana Rita, consequência do fato do ponto se encontrar em um fundo de vale com curso d'água e vegetação, o que proporciona esta condição, mesmo com a formação de uma ilha de calor no local (Gráfico 9).

Gráfico 9 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.

Durante a tarde a situação observada pela manhã de distribuição das ilhas de calor e frias se manteve, porém houve uma intensificação das condições observadas.

No Jardim Europa a temperatura passou dos 31 °C, destaque da ilha de calor é que a umidade relativa chegou próximo de 40%, dando destaque para a ilha seca que se formou no local.

O comportamento da temperatura e umidade relativa do período da tarde do transecto EF - Norte-Sul pode ser observado no Gráfico 10.

Gráfico 10 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.

No início do período da noite a temperatura começava a cair e a umidade relativa a subir, porém ainda com valores expressivos (Gráfico 11).

Os gráficos mostram linhas que indicam para certa homogeneização dos dados de temperatura, mas ainda com destaque para as ilhas de calor no Ana Rita e no Jardim Europa.

Nos registros das 20h e 21h a temperatura cai mais no Distrito Industrial, do que nos demais pontos, momento em que deixa de formar ilhas frias, para predominar apenas a ilha de calor com picos no Palmeirinha, Ana Rita e Jardim Europa, com intensidades que chegaram a 1,8 °C. A configuração da ilha seca ocorre no Jardim Europa e na Palmeirinha.

Gráfico 11 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 10 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.

As intensidades das ilhas foram calculadas em relação ao Distrito Industrial e estiveram entre fraca e moderada, com valores que variaram de 0,1 °C a 2,8 °C, no caso das ilhas de calor. As ilhas de calor de maior intensidade ocorreram no período da tarde, chegando à moderada. À noite e pela manhã as ilhas de calor foram fracas chegando a 1,8 °C. No caso

das ilhas frias a intensidade variou de 0,2 °C a 1,5 °C, com ocorrência em todos os pontos, com exceção do Jardim Europa.

Utilizando a interpolação por krigagem, uma das técnicas estatística utilizada para espacializar e posteriormente analisar os dados obtidos durante o trabalho de campo, foram gerados mapas com isolinhas, os quais foram agrupados de acordo com os três períodos do dia, manhã com 4 mapas, tarde com 5 mapas e noite com 4 mapas.

Os mapas resultantes da interpolação dos dados de temperatura para o período da manhã do dia 10 de dezembro mostram a tendência de temperatura mais elevadas nas faces Oeste, Norte e Sul da área urbana, particularmente, próximo ao centro (Figura 39).

No horário das 9h se observa a formação de uma ilha fria, pequena e discreta no centro, próxima ao ponto Praça B R Branco/in.

Os dados da mensuração no horário das 10h levaram a formação de 2 ilhas de calor, uma no ponto Ana Rita, fundo de vale em região de área construída, rua asfaltada, com ampla exposição ao Sol e outra a Leste do ponto Praça B R Branco/ex, sob influência do mesmo, no centro em área densamente urbanizada, próxima a praça e de pouca circulação de ar.

Ainda as 10h os dados proporcionaram a formação de 3 ilhas frias, uma isolada no Jardim Carvalho, uma no Praça B R Branco/in, que se estende até próximo do Felicidade e XV de Novembro e uma que envolve 2 pontos, o Uvaranas/B Jesus e 26 de Outubro.

O mapa das 11h apresenta uma ilha de calor formada no ponto Ana Rita e 2 ilhas frias no Praça B R Branco/in e ex e nos pontos Uvaranas/Barbosa e Uvaranas/B Jesus.

No mapa das 12h a situação observada no mapa do horário anterior se manteve. Um fato a destacar é que a Sul e a Oeste do centro as isolinhas mostram temperaturas mais elevadas, sem formar ilha de calor, porém mostrando uma tendência de aquecimento da região Oeste, Sul e Norte da cidade.

No período da manhã a ilha de calor de maior intensidade, calculada em relação ao Distrito Industrial, foi de 1 °C, no Ana Rita às 11h e da ilha fria foi de 3 °C no Praça B R Branco/in às 12h.

Figura 39 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9h e 10h (parte superior), 11h e 12h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

O período da tarde começa com quase uma repetição da situação observada às 12h no registro das 13h. No entanto, para perceber que a situação existe se intensificou, principalmente, em função do aumento da temperatura nas faces Norte, Oeste e Sul, o que fez intensificar as ilhas frias (Figura 40).

No mapa das 14h as ilhas frias que apareciam separadas nos mapas anteriores, se apresentam ligadas por uma isolinha, apesar de uma diferença considerável entre si.

A partir das 15h formam-se 2 ilhas de calor, uma no ponto Ana Rita e outra próximo aos pontos do centro. A ilha fria que havia se ampliado no horário anterior, se desfez no sentido Leste, para se alongar para Noroeste, envolvendo os pontos Hilgemberg e Palmeirinha, além dos pontos do centro. A temperatura continua elevada imediatamente a Oeste, Norte e Sul do centro, porém sem formar ilha de calor.

As 16h têm-se 3 ilhas de calor, uma no Santa Paula, periferia Oeste, uma no centro próximo ao Praça B R Branco/ex, sendo que esta mantém relação com a outra formada no Ana Rita e 2 ilhas frias no Praça B R Branco/in, agora com menor intensidade e no Uvaranas/Barbosa, que voltou a ser formar, envolvendo ainda o Uvaranas/Bom Jesus e o 26 de Outubro (Figura 40).

No registro das 17 h a ilha de calor formada no Santa Paula foi a de maior intensidade da hora, do dia e das 2 etapas de coleta da dos da pesquisa, com 7,3 °C, calculado em relação ao Distrito Industrial. Já a ilha fria de maior intensidade foi registrada no Praça B R Branco/in, às 13h com 2,8 °C.

O aquecimento nas faces Norte, Oeste e Sul atingiu o máximo e as isolinhas se concentraram e se aproximaram, confirmando a tendência observada desde o início dos registros pela manhã.

A amplitude máxima, entre a ilha de calor e a ilha fria, foi de 10 °C, às 17h.

Figura 40 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

Figura 41 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.

À noite a partir do registro das 18h a situação se altera e o que se observa são 2 ilhas de Calor, no Ana Rita e no Felicidade, uma num fundo de vale e outra no alto da vertente de exposição Sul, e as ilhas frias que envolvem vários pontos, como o Olarias, Uvaranas/Barbosa e Uvaranas B Jesus e no Centro sentido noroeste, a partir do Praça B R Branco/in.

Às 19h forma-se uma ilha fria a noroeste do centro da área urbana. As demais isolinhas indicam um centro mais aquecido, com extensão que envolve o Ana Rita, além das faces Norte, Oeste e Sul que se mostram mais aquecidas.

Às 20h 1 ilha de calor se forma no Ana Rita e 3 ilhas frias nos pontos Uvaranas/Barbosa, Jardim Carvalho e Hilgemberg, com indicação de ilha de calor no centro.

Já no registro das 21h se consolida uma ampla ilha de calor que se estende do centro para o sul compreendendo as áreas de maior densidade de ocupação.

Figura 42 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

✓ **dia 11 de dezembro de 2006**

O Segundo dia do trabalho de campo da 1ª etapa da pesquisa ocorreu na segunda-feira 11 de dezembro de 2006.

Na imagem de segunda-feira 11, pela manhã, na Figura 43, se observa os sistemas que avançavam para o Norte, com grande presença de nuvens sobre o Paraná, fato este que resultou em nebulosidade durante todo o dia, particularmente no período da manhã.

A frente fria se encontrava sobre o oceano na altura do litoral do Rio Grande do Sul, com o cavado sobre o estado de Santa Catarina. Uma frente estacionária estava posicionada sobre São Paulo, Sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Uma alta pressão estava formada sobre o oceano, a frente do litoral do Paraná.

Figura 43 - Imagem de Satélite do dia 11/12/2006.
Fonte: SIMEPAR (2006).

As 4 imagens de satélite do dia 11 de dezembro de 2006, nas Figuras 44,45,46 e 47, mostram a evolução dos sistemas que atuaram durante o dia, com destaque para a frente fria

sobre o oceano, com cavado na altura de Santa Catarina e Paraná. Um centro de alta pressão estava posicionado próximo a costa dos estados da região Sul e um centro de baixa pressão, principalmente, sobre os estados do Paraná e Santa Catarina .

A imagen do período da manhã mostram que a nebulosidade sobre os estados do Sul estavam diminuindo, com muitas nuvens sobre o Sudeste, assim como ao Sul do Rio Grande do Sul.

Figura 44 – Imagem Global *GOES + METEOSAT* do dia 11/12/2006, 12h GMT.

Fonte: CPTEC.

Figura 45 – Imagem Global *GOES + METEOSAT* do dia 11/12/2006, 15h GMT.

Fonte: CPTEC.

No período da tarde a evolução dos sistemas continua, com nebulosidade aumentando sobre o Rio Grande do Sul, porém com poucas nuvens sobre o Paraná, situação esta que, também, foi observada durante o trabalho de campo.

Figura 46 – Imagem Global *GOES + METEOSAT* do dia 11/12/2006, 18h GMT.

Fonte: CPTEC.

Figura 47 – Imagem Global *GOES + METEOSAT* do dia 11/12/2006, 21h GMT.

Fonte: CPTEC.

A carta sinótica do dia 11 de dezembro de 2006 das 12h GMT, (Figura 48) mostra que o centro de alta pressão sobre o oceano Atlântico é de 1026 hPa, de maior intensidade em relação ao que se formou no dia anterior, no mesmo horário. Esta alta pressão atuou mais sobre o continente, fazendo recuar o sistema de baixa pressão que se encontrava sobre o continente.

Figura 48 - Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 11/12/2006 às 12h GMT.
Fonte: Marinha (2006).

Os Gráficos 12 e 13 gerados a partir dos dados da segunda-feira, 11 de dezembro mostram mais uma vez, a relação inversamente proporcional entre a temperatura e a umidade relativa, pois enquanto uma aumenta a outra diminui. As linhas com raras exceções, sempre iniciam com valores inferiores aos que terminam, fazendo uma curva ascendente, que atinge o seu máximo no período da tarde. O desenho mostra muita variação entre os dados dos pontos e dentre os dados de um mesmo ponto.

Já, a análise dos dados mostrou diversas variações em relação ao que se observou no dia anterior o domingo 10.

A temperatura mínima de 75% dos pontos foi registrada no primeiro registro da manhã e 25% no último registro, a noite, mas em nenhum caso os valores foram iguais. No entanto, no caso da umidade relativa máxima, somente em 40% dos pontos o registro ocorreu pela manhã, no primeiro registro, pois em 35% dos pontos foi a noite, no último registro e em 25% dos pontos houve igualdade entre o registro do primeiro horário da manhã e o registro do último horário da noite.

Com relação à temperatura máxima, houve uma grande variação no que diz respeito aos horários de registro, pois em 45% dos pontos foi registrada às 16h, em 25% às 17h, em 15% às 15h e em 10% às 18h. Já com relação a umidade relativa mínima, a variação foi menor em termos percentuais, mas não na amplitude de horários, visto que em 60% dos pontos o registro ocorreu às 16h, em 20% às 15h, em 15% às 17h e em 10% às 18h. Apesar de ter havido a mesma amplitude de horário tanto para o registro dos dados de temperatura, como dos de umidade relativa mínima, apenas em 70% dos pontos o horário dos registros coincidiram.

A grande amplitude nos horários de registros está relacionada com as influências dos elementos urbanos no microclima. A desconexão, em 30% dos pontos, com relação aos registros de temperatura máxima e umidade relativa mínima estão diretamente relacionadas com o vento e as alterações nas condições de evaporação e evapotranspiração, seja pela substituição da vegetação pelas áreas construídas, seja pela impermeabilização do solo.

Quando da análise da temperatura mínima para cada hora de registro, o que se observa é que em 69% isto ocorreu no ponto Uvaranas/Barbosa e 31% no ponto Hilgemberg. No caso da umidade relativa máxima, apenas em 39% dos horários de registro, esta foi registrada no ponto Uvaranas/Barbosa e os outros 61% no ponto Ana Rita. A causa principal

desta discrepância está no fato de que o ponto Ana Rita, está localizado em um fundo de vale, com curso d'água muito próximo, com vegetação em suas margens, fatores estes que favorecem a concentração de umidade.

No caso da temperatura máxima para cada horário de registro, observa-se uma grande variação com relação à distribuição dos registros pelos pontos, visto que em 39% dos horários ela ocorreu no ponto Jardim Europa, em 31% no ponto Praça B. R. Branco/ex, em 15% no ponto Ana Rita, em 7,5% no Felicidade, em 7,5% no ponto Santa Paula.

No caso da umidade relativa mínima para cada horário de registro, em 46% dos horários o registro foi feito no ponto Santa Paula, em 31% no ponto Praça B R Branco/ex, 15% no XV de Novembro e 8% no Felicidade.

Com toda esta variação, em apenas 49% o registro da temperatura máxima da hora coincidiu com o registro da umidade relativa mínima, particularmente nos registros noturnos, mais um indicativo de que elementos naturais como vento e nebulosidade e elementos urbanos, como as construções com alterações na vegetação provocam mudanças no comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar.

Devemos destacar também, a dinâmica observada no local dos registros dos pontos em que se observou maior variação nos dados. O ponto que predominou essa variação, em relação aos registros da umidade relativa máxima, foi o Ana Rita e neste, no momento dos registros, predominaram ventos de Sul, onde estavam os equipamentos, somado com o transporte e o acúmulo de umidade no fundo do vale.

Neste ponto, em cada horário de registro, em média passaram 16 veículos e 3 pessoas entre 1min antes e 1min depois dos registros. Toda esta dinâmica contribuiu para que mais umidade se depositasse no fundo do vale.

O segundo ponto com maior número de registros de umidade relativa máxima foi o Uvaranas/Barbosa, que teve uma dinâmica totalmente diferente, pois nele predominaram

ventos de E, com alguns horários em que ocorreram ventos de SE, NE e N, o número de veículos e pessoas que circularam pelo local foi de 2 entre 1min antes e 1min depois de cada registro. Porém, neste caso não é possível estabelecer relação entre a dinâmica urbana e o comportamento da umidade relativa mais elevada em relação aos demais pontos.

No que diz respeito à umidade relativa mínima e a temperatura máxima, as variações foram muito maiores, com o envolvimento de 5 pontos diferentes em cada caso, porém nem todos são coincidentes, o que eleva para 6 o número de pontos envolvidos.

Para 2 dos 6 pontos, o Praça B R Branco/ex e XV de Novembro, ambos no centro da área urbana, a orientação das ruas nos sentidos Sul/Norte e Oeste/Leste, respectivamente, o fluxo de veículos e pessoas, teve grande influência no vento, particularmente, na direção e velocidade do vento, que por sua vez, teve grande influência sobre o comportamento da temperatura e umidade relativa do ar.

No Ponto Praça B R Branco/ex predominaram os ventos de Sul, em função da orientação da rua lateral Leste da Praça Barão do Rio Branco, combinado com o efeito das demais ruas que a cruzam, somado a orientação das mesmas, com variações de SW e SE, em consequência da circulação de carros, que foi em média, de 20 veículos e de 21 pessoas, para 1min antes e 1min depois de cada registro.

Os registros do ponto XV de Novembro mostram a ocorrência de ventos em apenas duas direções: E e W, com leve predomínio de ventos de E, provavelmente em função da orientação da rua e do efeito causado enquanto um corredor de vento. Com pouca circulação de carros e pessoas, no domingo predominou ventos de W.

Com o aumento na circulação, na segunda-feira se destacam os ventos de E, seguido dos ventos de W. As observações feitas e registradas no local do registro dos dados confirmam esta relação, pois sempre que veículos e pessoas circulavam próximo ao abrigo,

era perceptível a mudança no comportamento do ar, que se refletia nos dados, quando próximo do horário de registro.

No momento em se registrou os menores valores de umidade relativa, entre 14h e 16h, predominava ventos de Leste.

No caso do ponto Santa Paula, os 2 horários em que foi registrada a menor umidade relativa da hora, não coincidiram com a maior temperatura, mas era um momento em que sofria ação do vento N, que seguia vale acima.

A menor umidade relativa no ponto Felicidade no primeiro horário foi normal, pois teve a maior temperatura da hora, e no caso do horário das 12h não foi encontrada nenhuma relação explicativa.

Os pontos Jardim Europa e Ana Rita se destacaram em função de que, em vários horários do dia, neles foi registrada a temperatura máxima, porém, em consequência das várias alterações nos demais pontos, não tiveram o registro da menor umidade relativa, exceto para o horário das 11h no ponto Jardim Europa (Gráfico 12 e 13).

Gráfico12- Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 11/12/2006.

Fonte: trabalho de campo realizado de 10 a 13/12/2006.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

Gráfico 13- Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 11/12/2006.

Fonte: trabalho de campo realizado de 10 a 13/12/2006.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

Seguido o procedimento utilizado para análise dos dados do 1º dia, prepararam-se os gráficos com os dados do dia 11/12, obedecendo à divisão dos transectos.

No segundo dia do trabalho de campo, segunda-feira 11, foi dado sequência aos registros do dia anterior, no intuito de buscar a continuidade da produção dos dados e iniciar a produção de dados referentes aos dias úteis, que devido à dinâmica de pessoas e veículos, pode mostrar a interferência desta no clima local.

A registrar a perda dos dados do ponto Boa Vista, também, para este dia.

No transecto AB - Norte-Sul, no início dos registros, as temperaturas estavam mais elevadas do que no dia anterior na maioria dos pontos, situação que perdurou por toda a manhã, porém não manteve o mesmo ritmo de evolução, o que fez com que os registros da tarde ficassem abaixo dos registros do domingo.

Na maioria dos pontos o tempo começou aberto, com sol e poucas nuvens, situação esta que mudou no início da tarde, com o aumento das nuvens e, no final da tarde voltou a diminuir, para finalizar os registros com céu limpo.

Os ventos que predominaram durante todo o dia foram os de NE, E e SE, o que fez aumentar a nebulosidade, pois foram ventos que trouxeram muita umidade do oceano, em consequência de uma frente fria que se encontrava deslocando pelo Atlântico Sul e do sistema de alta pressão sobre o oceano.

No transecto AB - Norte-Sul os dados da temperatura do ar no início dos registros do dia 11, às 9h mostram 2 ilhas de calor, uma com pico no centro, no XV de Novembro e outra na área entre o centro e a periferia sul, com pico no Jardim Europa, com predomínio de ilhas frias no restante do transecto (Gráfico 14).

A figura referente aos dados das 10h mostra ainda 2 ilhas de calor, porém com uma mudança, o deslocamento para N, com pico no Santo Antônio. A ilha de calor do centro, passa a se confundir com a existente ao sul pelo aumento da temperatura no Olarias, que era um divisor entre as 2 ilhas.

A situação descrita anteriormente se alterna no final da manhã, com o detalhe da formação de uma ilha fria no Praça B R Branco/in para o registro das 11h e durante o restante da manhã, surgindo um novo pico de ilha de calor na região entre o centro e a periferia norte.

A ilha seca se forma do centro para o Sul da área urbana, com algumas oscilações, porém, com o pico no Jardim Europa. A ilha úmida de destaque se forma no Praça B R Branco/in.

Gráfico 14 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 29 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul.

No período da tarde a situação se consolida com ilhas frias nas extremidades do transecto, com três ilhas de calor, no centro no XV de Novembro e áreas entre o centro e a periferia a Norte no Santo Antônio e Sul no Jardim Europa. Neste período, foram registradas as maiores intensidades das ilhas de calor, que variou de fraca a moderada, com valores entre 0,1 °C a 3,8 °C, calculado em relação ao Distrito Industrial.

Além da ilha fria no Praça B R Branco, se forma também uma ilha fria no Hilgemberg no horário das 13h e das 17h (Gráfico 15).

Com relação a umidade relativa, a ilha seca se formou, principalmente no Jardim Europa e no XV de Novembro. A ilha úmida do Praça B R Branco prevaleceu durante a tarde, só perdendo força no final, às 17h.

Gráfico 15 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul.

Ao iniciar a noite, o que se observa é uma mudança na configuração do desenho das ilhas, que começa às 18h e vai até o encerramento dos registros.

Às 19h o pico da ilha de calor do XV de Novembro no centro adquire força e se sobressai em relação aos demais, porém ainda com a formação de ilha fria no Hilgemberg e Praça B R Branco/in.

Às 20h já não existem mais ilhas frias e o que prevalece é a ilha de calor no centro, áreas de menor temperatura na periferia, principalmente no Distrito Industrial.

A situação evolui e às 21h está consolidada a ilha de calor no centro da área urbana com pico no XV de Novembro e Praça B R Branco, com intensidade de 2.2 °C, calculada em relação ao Distrito Industrial (Gráfico 16).

Gráfico 16 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul.

Os registros do transecto CD - Oeste-Leste, apresentados no Gráfico 17, para o período da manhã, mostram que o comportamento espacial da temperatura é decrescente de Oeste para Leste, isto é, do Santa Paula para o Uvaranas/UEPG, com a formação de ilhas de calor na periferia Oeste e no centro, conforme os gráficos gerados para o transecto e período, com intensidades que chegaram a 2,5 °C, no caso da ilha de calor e a 2,2 °C no caso da ilha

fria, calculado em relação ao Uvaranas/UEPG, o que resulta em uma amplitude máxima de 4,7 °C (Gráfico 17).

Às 9h observa-se a formação de uma ilha fria no ponto Uvaranas/Barbosa, entre o centro e a periferia, o qual permaneceu nesta condição durante quase todo o dia. No centro no XV de Novembro e deste para o Santa Paula na extremidade oeste, se formou 2 ilhas de calor.

A partir das 10h forma-se, também, uma ilha fria no Praça B R Branco/in e começa a adquirir força uma ilha de calor no Uvaranas/B Jesus.

A ilha seca com maior destaque ocorre no Felicidade e a ilha úmida no Uvaranas/Barbosa.

Gráfico 17 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.

No início da tarde a situação verificada no final da manhã se manteve, com pequenas variações na intensidade e na forma que as linhas adquiriram.

A partir das 14h a ilha fria do Uvaranas/Barbosa, aumenta em extensão incorporando o Uvaranas/B Jesus e o 26 de Outubro, permanecendo a ilha de calor no centro e deste para o Santa Paula (Gráfico 18).

Às 17h a temperatura começa a cair em todos os pontos do transecto, porém as ilhas de calor no Santa Paula, periferia e no XV de Novembro, centro persistiram, assim como as ilhas frias do Praça B R Branco, centro e Uvaranas/Barbosa, entre o centro e a periferia.

Gráfico 18 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-Leste.

Ao final da tarde distribuição espacial decrescente da temperatura do Santa Paula, na extremidade Oeste do transeccto, para o Uvaranas/UEPG, na extremidade Leste se manteve. Esta situação observada durante todo o dia, indica que a porção Leste da área urbana possui uma condição climática mais amena em relação à porção Oeste.

No início da noite, os dados do registro das 18h ainda repercute as condições encontradas durante a tarde, com uma uniformização da linha da temperatura na porção Oeste do transecto.

Às 19h começa a adquirir forma uma ilha de calor ampla com o pico no centro, no XV de Novembro, com uma ilha fria restrita ao Uvaranas/Barbosa.

Às 20h a situação observada às 19h evolui, com o desaparecimento da ilha fria do centro no Praça B R Branco/in.

Às 21h a ilha de calor se concretiza, se estendendo do centro com pico no XV de Novembro e Praça B R Branco/ex, para Oeste, inclusive com elevação de temperatura no Praça B R Branco, que durante grande parte do dia se comportou com uma ilha fria e com queda de temperatura no Santa Paula, que pela primeira vez no dia, apresentou temperatura menor do que no centro (Gráfico 19).

Calculada em relação ao Uvaranas/UEPG, a intensidade da ilha de calor noturna chegou a 2,3 °C e da ilha fria a 1,4 °C às 18h com amplitude máxima de 3,4 °C. Às 21h os valores foram 1,5 °C para ilha de calor e 1,1 °C para ilha fria, com amplitude de 2,6 °C.

No transecto EF – Norte-Sul por problemas de instrumento, não foi registrada a umidade relativa no Ana Rita, porém a situação foi resolvida e no restante dos dias, os dados foram registrados normalmente (Gráfico 20).

Ilhas de calor se formaram no Ana Rita e no Jardim Europa, localizados em regiões intermediárias entre o centro e a periferia. No Uvaranas/Barbosa e no Palmeirinha se formou ilhas frias.

Durante a manhã houve oscilação com domínio ora de uma, ora de outra ilha de calor. As ilhas secas se formaram no Jardim Europa e no Ana Rita, apesar das temperaturas elevadas, devido às características específicas do local, se consolidou como ilha úmida.

A intensidade da ilha de calor, calculada em relação ao Distrito Industrial, chegou a 2,7 °C no Jardim Europa e a ilha fria no Uvaranas/Barbosa a 2,6 °C, com amplitude máxima de 5,2 °C para os horários das 11h e 12h.

Gráfico 20 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.

A tarde os gráficos referente aos registros das 13h, 14h e 15h mostram que a situação se manteve semelhante ao que foi observado pela manhã, 2 ilhas de calor, no Jardim Europa e Ana Rita e 2 ilhas frias no Palmeirinha e Uvaranas/Barbosa.

Às 16h o Palmeirinha passa da condição de ilha fria para ilha de calor.

Mudança ocorrida no horário anterior se consolida às 17h e surge uma ilha fria no Jardim Carvalho, além da existente no Uvaranas/Barbosa (Gráfico 21).

Gráfico 21 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.

A situação observada no transecto EF foi determinada pelo aumento da nebulosidade, de forma especial, na região da cidade por onde corta o transecto, devido à entrada de ventos úmidos do oceano, em consequência dos ventos de Leste, Sudeste e Nordeste, que predominaram durante quase todo o dia (Gráfico 22).

Outra explicação está na circulação periférica da ilha de calor que se formou no centro da cidade e que exerce influência principalmente no ponto Uvaranas/Barbosa.

À noite nos registros das 18h a situação observada no período da tarde ainda está presente, com as mesmas ilhas de calor e frio.

Às 19h ocorre pequena mudança com a ilha fria do Uvaranas/Barbosa envolvendo também o 26 de Outubro e Olarias.

Os registros das 20h e 21h resultaram em gráficos que mostram a situação noturna, com a definição de 2 ilhas de calor, no Ana Rita e no 26 de Outubro, Olarias e Jardim Europa e de uma ilha fria no Uvaranas/Barbosa

Gráfico 22 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.

Os resultados da interpolação dos dados do dia 11/12 serão vistos nas figuras a seguir, divididos em três grupos, manhã, tarde e noite.

Os dados do primeiro registro, o das 9h, quando interpolados resultaram em 1 ilha de calor com o Ana Rita como referência, a qual a partir da 3° isolinha, abre sentido do centro e para Oeste, refletindo que no centro e na porção Oeste da área urbana, há formação de uma região de temperaturas mais elevadas.

Ainda analisando o mapa das 9h percebe-se a formação de 2 ilhas frias nos pontos Jardim Carvalho e Uvaranas/Barbosa, esta última com maior gradiente.

Toda a situação descrita para o horário das 9h ilustra o fato de que foi um dia em as temperaturas começaram mais elevadas do que o dia anterior.

A partir das 10h surge 1 ilha de calor próximo ao ponto Arroio do Padre e 1 ilha fria nos pontos Praça B R Branco/in e ex.

No restante da manhã, a situação que se apresenta é de uma região aquecida do centro para Oeste e do centro para Nordeste, que se estende até o ponto Ana Rita, com 3 ilhas frias na Palmeirinha, Uvaranas/Barbosa e Praça B R Branco/in.

As regiões a Nordeste, para além do ponto Santa Luzia e ao Sul antes do ponto Distrito Industrial, apresentam temperaturas mais elevadas, apesar da não formação da ilha de calor (Figura 49).

As intensidades das ilhas que se formaram durante a manhã chegaram a 2 °C no caso da ilha de calor e, de 2,2 °C da ilha fria, o que resulta numa amplitude de 4,2 °C, calculado em relação ao Distrito Industrial, ponto mais distante do centro da área urbana, localizado na periferia Sul da cidade.

Figura 49 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

No início da tarde ocorre a desconfiguração de algumas ilhas que haviam se formado durante a manhã, porém outras se formaram, dentro do dinamismo que envolve as questões climáticas.

O mapa das isolinhas referente aos dados das 13h indica a formação de 1 ilha de calor no centro, no ponto Praça B R Branco/ex e 2 ilhas frias, uma no Uvaranas/Barbosa e outra no Praça b R Branco.

No ponto Ana Rita não houve a formação da ilha de calor, porém está vinculada ao centro por uma área de temperaturas mais elevadas, em meio a qual está a ilha de calor do Praça B R Branco/ex.

Na sequência, no mapa das 14h o que se observa é uma situação semelhante ao das 13h, porém com algumas alterações, com a consolidação da ilha de calor no Ana Rita e a formação de uma ilha fria no Palmeirinha.

O mapa para os dados das 15h, mostra a formação de 3 ilhas de calor, uma no Ana Rita, a qual mantém relações fortes com o centro, particularmente nas temperaturas mais elevadas, outra no centro, no XV de Novembro e a última no Jardim Europa.

Ainda com relação ao mapa para os dados das 15h, se observam 3 ilhas frias, uma no entorno do centro, no Uvaranas/Barbosa, outra na periferia, no Palmeirinha e a última no centro, no Praça B R Branco/ex, esta última consequência da vegetação presente na praça onde se encontrava o equipamento.

A partir das 16h a ilha de calor que havia se formado no centro se desconfigurou, porém as temperaturas continuaram elevadas, principalmente em sentido a Oeste e Sul, com extensão até a ilha de calor formada no Ana Rita. No que diz respeito à ilha fria, 3 se formaram, no Uvaranas/Barbosa, no Praça B R Branco e no Hilgemberg, sendo que neste a ilha se estendeu por uma ampla região, abrangendo o Boa Vista, o Palmeirinha e o Santo Antônio (Figura 50).

Figura 50 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

Ainda no período da tarde, às 17h o que se observa é a formação de uma ilha de calor no Ana Rita, a qual a partir da 3ª isolinha se abre em direção ao centro. Do centro para Oeste, Sul e Norte, não formaram ilhas de calor, mas é possível identificar faixas formadas pelas isolinhas, que indicam temperaturas mais elevadas nesta região da cidade (Figura 51).

Com relação às ilhas frias, 3 se formaram em torno do centro, no Uvaranas/Barbosa, envolvendo também, o 26 de Outubro e o Uvaranas/B Jesus, no Hilgemberg e Boa Vista e no Jardim Carvalho, além da ilha fria formada no Praça B R Branco/in (Figura 51).

A intensidade das ilhas no período da tarde variou de fraca a moderada. As ilhas de calor chegaram a 3,1 °C e as frias 2,7 °C, com amplitude de 5,8 °C. A amplitude máxima para cada horário de coleta de dados no período, foi registrada às 15h, com 4,9 °C.

Figura 51 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.

No início da noite às 18h a ilha de calor do centro volta a se formar, deslocada um pouco para Leste do ponto Praça B R Branco/ex, sempre mantendo uma ligação com a área onde está o ponto Ana Rita, com sua ilha de calor. No Jardim Europa, também, se formou uma ilha de calor, confirmando as temperaturas mais elevadas ao Sul do centro da cidade.

Às 19h se acentua a queda das temperaturas, que havia começado às 17h, com a definição de uma ilha de calor no centro, envolvendo os pontos XV de Novembro, Praça B R Branco/ex e Ana Rita, consolidando uma situação que se manifestou durante todo o dia. A ilha fria no local ficou por conta do Praça B R Branco/in, um pouco para o Norte. No extremo Leste, no Uvaranas/UEPG, também, se formou uma ilha de calor de intensidade fraca.

Em torno do centro e sua ilha de calor, no Hilgemberg, Palmeirinha, Jardim Carvalho, formaram-se ilhas frias isoladas, já no Olarias, Uvaranas/Barbosa, 26 de Outubro e Uvaranas/B Jesus, formou uma ampla ilha fria, confirmando uma tendência para a região.

Às 20h começa a prevalecer o domínio da ilha de calor no centro associada a uma ampla faixa com temperaturas mais elevadas, que vai de Norte a Sul, acompanhando os limites da área urbana a Oeste. Apenas uma ilha fria aparece na região do Uvaranas/Barbosa.

No último registro, das 21h o mapa mostra que a ilha de calor no centro é uma realidade e compreende todo o centro e algumas áreas próximas, se estendendo em direção Sul/Sudoeste, principalmente sobre a área de maior ocupação na região, envolvendo os vários pontos de mensuração localizados na área (Figura 52).

Considerando o Distrito Industrial como referência, calculou-se a intensidade das ilhas, sendo que no período da noite as ilhas de calor chegaram a 3,8 °C e a ilha fria a 0,9 °C, com amplitude de 4,7 °C para o período.

Porém para os horários das 20h e 21h, quando a ilha de calor formada no centro adquiriu a sua forma mais efetiva, a intensidade máxima foi de 2,2 °C no Praça B R Branco e 2 °C no XV de Novembro, com uma amplitude foi de 3,1 °C, considerando a ilha fria formada no Uvaranas/Barbosa com intensidade de 0,9/C.

Figura 52 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

✓ **dia 12 de dezembro de 2006.**

O 3º dia de trabalho de campo da etapa de dezembro corresponde ao início da segunda metade da etapa. Foi o dia de temperaturas mais baixas, durante todo o tempo, na comparação com os outros dias da etapa.

Na terça-feira 12 de dezembro de 2006 registraram-se a umidade relativa mais baixa, em relação aos dias anteriores, o que resultou em um dia mais seco, com menor nebulosidade e com maior tempo de exposição ao sol para toda a área de estudo. A frente fria já se encontrava na altura do litoral do nordeste e as que avançavam do Sul estavam sobre a Argentina. (SIMEPAR, 2006).

As 3 imagens a seguir servem para ilustrar como se apresentava a atmosfera no Sul do Brasil, onde é possível perceber a pouca presença de nuvens, principalmente, no início da manhã (Figura 53).

No início da tarde começava a aumentar a nebulosidade, fato observado no campo e constatado nas imagens, mas ainda sob influência da alta pressão sobre o atlântico (Figura 54 e 55).

Figura 53 – Imagem Global *GOES + METEOSAT* do dia 12/12/2006, 12h GMT.

Fonte: CPTEC.

Figura 54 – Imagem Global *GOES + METEOSAT* do dia 12/12/2006, 15h GMT.

Fonte: CPTEC.

Figura 55 – Imagem Global *GOES* + *METEOSAT* do dia 12/12/2006, 16h GMT.

Fonte: CPTEC.

A carta sinótica ou de pressão ao nível do mar deixa mais claras as informações observadas na imagem do período da manhã. No continente a massa de ar quente estava mais fortalecida, formando um centro de baixa pressão mais homogêneo. No Atlântico, próximo a costa o Anticiclone do Atlântico, continuava atuando e influenciando no clima do estado, particularmente com ventos transportando umidade do mar para o continente (Figura 56).

Figura 56 - Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 12/12/2006 às 12h GMT.
 Fonte: Marinha (2006).

A temperatura e umidade relativa são apresentadas em gráfico (Gráfico 23 e 24) para evidenciar a evolução destes elementos climáticos durante o dia 12 de dezembro de 2009.

No caso da temperatura, o desenho da linha relativa aos dados de cada ponto faz uma curva ascendente, com raras exceções, a partir do primeiro registro da manhã, temperaturas mais baixas, atingindo o máximo da curva, quando do registro da temperatura máxima do meio para o final da tarde. O final das linhas, com raras exceções, sempre em nível mais elevado do que no início, consequência das temperaturas mais elevadas nos últimos registros, às 21h.

No terceiro dia do trabalho de campo, a temperatura no primeiro horário de registro às 9h variou de 17,5 °C nos pontos Hilgemberg e Uvaranas/B Jesus a 21,8 °C no ponto Palmeirinha, o que representou uma amplitude de 4,3 °C e a umidade relativa variou de 82% no ponto Ana Rita a 61% no Palmeirinha, com uma amplitude de 21%. A temperatura das 9h representou a mínima para todos os pontos, com exceção dos pontos Palmeirinha e Boa Vista. Já, no caso da umidade relativa máxima, somente para 25% dos pontos o valor foi registrado no horário das 9h, o que demonstra que houve um comportamento diferenciado da temperatura e umidade relativa durante o dia, visto que em 75% dos pontos a mínima foi observada no último registro da noite.

A temperatura máxima do dia, para os 20 pontos, foi registrada entre as 15h às 18h e variou entre 23,7 °C no ponto Praça B R Branco/in e 28,0 °C no Santa Paula, com uma amplitude de 4,3 °C e a umidade relativa mínima foi registrada entre as 16h e 18h, com variação entre 40% no ponto Praça B R Branco/ex e 52% nos pontos Jardim Carvalho, Hilgemberg, Praça B R Branco/in e no Ana Rita, com uma amplitude de 12%.

Na terça-feira, 12 de dezembro, em apenas 30% dos pontos a umidade relativa máxima coincidiu com a temperatura mínima, indicativo de incremento da evaporação, evapotranspiração e do ingresso de umidade na área de estudo. Esta umidade pode ter sido

transportada pelo vento, principalmente, porque foi um dia em que predominaram ventos de E, NE e SE, que trouxeram a umidade do mar até a região. Justifica-se o incremento da umidade, pelo fato de que em 90% dos pontos a temperatura mínima foi registrada na primeira medição da manhã, às 9h e em 80% dos pontos a umidade relativa máxima foi registrada no último registro da noite, às 21h e não pela manhã, como no caso da temperatura mínima, apesar de que a queda da temperatura no início da noite, naturalmente faz aumentar a umidade relativa.

No que diz respeito à umidade relativa máxima de cada hora de registro, a distribuição ocorreu por 4 pontos, com os seguintes percentuais: 76% no ponto Ana Rita, 7,7% Praça B R Branco/in no, 7,7% no Uvaranas/B. Jesus e 7,7% no Jardim Carvalho.

Em contrapartida, a temperatura mínima para cada hora foi registrada em 4 pontos com os percentuais a seguir: 54% no ponto Praça B R Branco/in, 31% no Jardim Carvalho, 7,7% no Hilgemberg e 7,7% no Uvaranas/B Jesus. Em 10 horários de registro, a temperatura mínima não coincidiu com a umidade relativa máxima, o que demonstra que determinados pontos tiveram incremento de umidade, ao mesmo tempo em que outros sofriam interferências na temperatura.

No caso da temperatura máxima em cada horário de registro, houve grande variação, pois ocorreu em 7 pontos diferentes, durante as 13 horas de medição, com maior ocorrência no ponto Palmeirinha com 31% dos casos.

A umidade relativa mínima em cada horário de registro apresentou uma variação menor, com ocorrência em 5 pontos, durante as 13 horas de medição, com predomínio do ponto Palmeirinha, com 31% dos casos.

No entanto, em apenas 31% dos pontos e horários, houve coincidência entre os registros de temperatura máxima e umidade relativa mínima. Isto demonstra que apesar de serem inversamente proporcionais, a temperatura e a umidade relativa podem apresentar

discrepâncias entre um ponto e outro, o que está associado às características naturais do local, influências do vento e alterações ambientais provocadas pelo homem, no caso em questão através do processo de urbanização.

No que diz respeito à dinâmica observada e registrada em cada ponto e em cada horário de registro dos dados, é possível inferir sobre algumas influências da mesma no comportamento da temperatura e da umidade relativa, no dia 12 de dezembro de 2006.

No Ana Rita em cada horário de registro, em média passaram 18 veículos e 4 pessoas entre 1min antes e 1min depois dos registros. Toda esta dinâmica contribuiu para que o ponto Ana Rita atingisse a umidade relativa máxima em 85% dos horários de registro. A umidade relativa máxima em cada horário de registro apresentou variação muito pequena, sendo predominante no ponto Ana Rita, quando predominaram ventos de Sul e Sudoeste, seguida de ventos de Nordeste, onde estavam os equipamentos, auxiliando com o transporte e acúmulo de umidade no vale.

Durante os 13 horários de registro, a temperatura mínima foi predominante no ponto Praça B R Branco/in, em 54% das medições, em consequência do sombreamento provocado pela vegetação, por se tratar de uma praça arborizada, e também pelos edifícios existentes no entorno da praça e por impedir o aquecimento direto da superfície.

O vento no local apresentou grande variação de direção, com leve predomínio de ventos de S, SE e E, associado à presença da vegetação, orientação das ruas laterais da praça e das que chegam ao local.

A circulação de veículos foi em média de 13 e de 11 pessoas, o que pode ter colaborado, para as variações na orientação e velocidade do vento e por consequência na temperatura e na umidade relativa.

Outros 31% dos registros ocorreram no Jardim Carvalho, principalmente no período da noite. Neste caso relacionado com aspectos naturais, como o fato de se localizar em um

topo de vertente de exposição sul e com o uso da terra, pois é uma região com ruas pavimentadas, de média densidade de ocupação, com construções de 1 a 4 pavimentos e exposta a ventos frios que descem para o vale.

Neste ponto circularam em média 29 veículos, que influenciaram no vento, de forma especial no período da tarde e da noite, quando a equipe de campo observou que a circulação dos veículos alterava a dinâmica do vento, e 1 pessoa para o período compreendido entre 1 min antes e 1 min depois de cada registro.

No entanto, no caso da umidade relativa mínima, observou-se grande variação, pois dos 13 registros horários, se distribuíram por 5 pontos diferentes. Dentre os 5 pontos, foi no Palmeirinha que se observou o maior número de registros com 31%, em parte consequência de sido neste ponto, registrada as temperaturas mais elevadas de parte dos horários de registro.

Pelo local circulara em média 7 veículos e 6 pessoas, sendo que nos horários em que houve maior concentração, os ventos predominantes foram de S, o que pode ser um indicador da interferência neste elemento e por consequência na temperatura e na umidade relativa. Os ventos predominantes foram de S, seguidos de ventos de N e NE, consequência da dinâmica local e de aspectos do relevo e das diferenças de aquecimento entre o vale e a vertente, que se refletiu de forma especial no período da tarde.

Os registros do ponto Praça B R Branco/ex, das 17h às 19h, mostram ser este o local mais seco daquele momento. Neste ponto e horários, os dados estiveram associados a ventos de S e SE, provenientes de uma área de intensa ocupação e impermeabilização e a uma circulação média de 18 veículos e 21 pessoas, fatores estes que interferiram no vento e por consequência na temperatura e umidade relativa.

Os demais registros de umidade relativa mínima estiveram relacionados com características específicas, como no caso do Santa Paula, em que há uma alta densidade de

ocupação e impermeabilização do solo, com ruas calçadas ou asfaltadas, que interferem no volume da evaporação e aumentam o aquecimento local.

Em alguns casos, a umidade relativa mínima da hora não coincidiu com a temperatura máxima em função de que a diferença da temperatura do momento era muito pequena entre um ponto e outro.

Gráfico 23- Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 12/12/2006.

Fonte: trabalho de campo realizado de 10 a 13/12/2006.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

Gráfico 24 - Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 12/12/2006.

Fonte: trabalho de campo realizado de 10 a 13/12/2006.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

A análise dos dados referentes ao dia 12/12, tem início com a leitura e discussão dos gráficos elaborados, segundo a divisão dos transectos pré-estabelecida. Cabe lembrar que os dados do ponto Boa Vista foram perdidos, porém para os horários a partir das 18h, existe o registro dos dados, os quais passam a ser utilizados no trabalho.

Nos gráficos, fruto dos registros do dia 12, os dados dos 10 pontos que compõem o transecto AB - Norte-Sul, para o horário das 9h permitem a constatação da formação da ilha de calor no centro da cidade, com dois picos nos pontos XV de Novembro e Jardim Europa, este último já um pouco deslocado do centro, sentido Sul. As ilhas frias se formaram uma no Hilgemberg e Santo Antônio e outra no Praça B R Branco/in, de difícil distinção visual, no gráfico (Gráfico 25).

Nos registros das 10h ocorrem variações na parte Norte do transecto, com aumento maior da temperatura no Hilgemberg, o que momentaneamente o transforma em ilha de calor.

A partir da mensuração das 11h a situação se estabiliza, com a formação de uma ilha de calor no Santo Antônio e outra no centro, no XV de Novembro, com expansão para o Sul até o Jardim Europa. Situação que se repete às 12h.

A ilha seca no centro, no XV de Novembro, prevalece na primeira mensuração, mas depois perde força e no final da manhã se apresenta em condições de igualdade com a que se intensificou no Jardim Europa.

Gráfico 25 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 12 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul.

No período da tarde esta situação se manteve com destaque para a ilha fria no ponto Praça B do R Branco/in, consequência do papel fundamental da vegetação na amenização da temperatura.

Outro destaque foi a forma assumida pela ilha de calor entre o centro e o Jardim Europa, que se torna única com a elevação da temperatura no Olarias.

A ilha seca é dominante no Jardim Europa até as 16h, assim como a ilha úmida no Praça B R Branco/ex, porém na mensuração das 17h o centro, se transforma na ilha seca mais importante (Gráfico 26).

A intensidade das ilhas de calor chegou a 3,1 °C e das ilhas fria a 2,1 °C, com amplitude de 5,2 °C, em relação ao Distrito Industrial.

Gráfico 26 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 12 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul.

No início da noite, a partir do registro das 18h os dados do Boa Vista são inseridos na planilha e os gráficos aparecem completos, porém independente disso, houve uma variação muito grande no comportamento da temperatura e na configuração das ilhas de calor e fria, ao longo de todo o transecto, com um desenho que começava a indicar a formação de uma ampla ilha de calor a partir do centro, sentido periferia (Gráfico 27).

Às 21h ficou clara a ilha de calor no centro e uma ilha de calor no Boa Vista, sem ilhas fria.

A intensidade das ilhas, calculada em relação ao Distrito Industrial, chegou a 3 °C para as ilha de calor e a 0,8 °C para as ilhas frias, sendo que a amplitude foi de 3,8 °C.

Às 21h, horário de melhor definição da ilha de calor no centro, a intensidade máxima foi registrada no XV de Novembro, no centro, com 1,6 °C.

Gráfico 27 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 11 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul.

Os gráficos produzidos com os dados dos pontos do transecto CD demonstraram desde a primeira mensuração, uma situação que prevaleceu durante quase todo o dia, onde mais uma vez ficou nítida a variação espacial decrescente da temperatura, de Oeste para Leste, com exceção para os três primeiros horários (Gráfico 28).

A situação se configurou com uma ilha de calor no centro da cidade, com um pico bem destacado e outra no ponto Santa Paula, alternância de outras ilhas de calor entre o centro e a periferia.

O gráfico das 9h mostra a existência de 3 ilhas de calor, no Santa Paula, XV de Novembro e Uvaranas/Barbosa e 3 ilhas fria, no Praça B R Branco/in, 26 de Outubro e Uvaranas/Bom Jesus. No centro fica evidente a formação de uma ilha seca.

A partir das 10h, no Santa Paula, a elevação da temperatura é mais rápida do que no restante do transecto, o que leva a formação de uma ilha de calor no local. As outras ilhas perdem força, porém o desenho se mantém até o final da manhã, quando fica nítido o aquecimento maior na porção Oeste do que na Leste.

Um destaque do transecto e do período foi a formação de uma ilha de calor no Uvaranas/Barbosa, ponto que nos dias anteriores havia se comportado sempre como ilha fria.

A intensidade da ilha de calor chegou a 2,3 °C e da ilha fria a 1,3 °C, com amplitude de 3,6 °C, isto em relação ao Uvaranas/UEPG.

O período da tarde no transecto CD – Oeste-Leste foi marcado por uma repetição das condições observadas no final da manhã, quando havia 3 ilhas de calor bem definidas, a do Santa Paula, XV de Novembro e Uvaranas/Barbosa e 2 ilhas fria, a do Praça B R Branco/in e a do 26 de Outubro (Gráfico 29).

Na mensuração das 17h fica evidente a homogeneização da situação na porção Leste do transecto, com uma inversão, que foi a transformação da ilha de calor em ilha fria no Uvaranas/Barbosa.

Com relação à intensidade a máxima foi registrada às 17h no ponto Santa Paula, para a ilha de calor com 2,4 °C e de 2,1 °C para a ilha fria, no Praça B R Branco/in, sendo a variação de fraca a moderada, o que significa uma amplitude de 4,5 °C no período.

Os gráficos referentes aos registros da noite, às 18h, 19h e 20h pouca diferença apresentam em relação ao que foi observado no final da tarde, exceto pelo fato de que a partir das 20h, o Praça B R Branco/ex deixa de ser ilha fria, pela primeira vez no dia, indicativo dos efeitos do baixo fator de visão do céu (Gráfico 30).

Às 21h a ilha de calor da periferia, no Santa Paula rivaliza com a do centro, no XV de Novembro. Volta a se formar a ilha de calor no Uvaranas/Barbosa, como ocorrera em grande parte do dia e a única ilha fria se forma no Uvaranas/B Jesus.

A intensidade da ilha de calor chegou a 2,7 °C e da ilha fria a 2,1 °C, no início da noite, com amplitude para o período, de 4,8 °C. Os dados do último registro mostram intensidades menores, 1,1 °C para a ilha de calor e 0,4 °C para a ilha fria.

No transecto EF- Norte-Sul, o comportamento da temperatura foi muito diferente do que havia sido registrado nos dois dias anteriores, com inversão dos pontos com relação à formação de ilha de calor e ilha fria, com no caso dos pontos Ana Rita e 26 de Outubro, nos quais havia se formado ilha de calor e agora aparecem como ilha fria (Gráfico 31).

Começando pelo registro das 9h onde o Palmeirinha, Uvaranas/Barbosa e Olarias, aparecem como ilha de calor, mas com variações de intensidade. Neste horário, também se formou ilha fria no Jardim Carvalho e Ana Rita, assim como no 26 de Outubro.

Às 10h apenas o 26 de Outubro permanece como ilha fria e às 11h esta desaparece e não há a formação de ilha fria em nenhum ponto, ou seja, o Distrito Industrial na periferia Sul que funciona como referência é o ponto de menor temperatura.

A partir das 12h as ilhas de calor formadas anteriormente se mantiveram, porém mudanças ocorrem com o Jardim Carvalho e o 26 de Outubro voltando a condição de ilha fria.

Durante a tarde o Jardim Europa se transformou na principal ilha de calor, seguido do Palmeirinha e do Ana Rita, que mantiveram a mesma condição adquirida pela manhã.

No final da tarde, o Ana Rita e o Jardim Europa se encontravam nas mesmas condições enquanto ilha de calor, porém em condições opostas com relação a umidade relativa, o primeiro como ilha úmida e o segundo como ilha seca, consequência do fato do Ana Rita se encontrar em um fundo de vale com elevada umidade.

Gráfico 32 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 12 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.

Para o período da noite a sequência de gráficos mostra a reprodução das condições gerais observadas durante o dia, com pequenas variações. O Uvaranas/Barbosa passando de ilha fria nos registros das 18h e 19h para ilha de calor às 20h e 21h, o Ana Rita dominando na última mensuração, como ilha de calor, em consequência da elevada umidade relativa e das condições especiais do fundo de vale e o Jardim Carvalho como ilha fria, por conta de sua altitude mais elevada, ocupação de uma das vertentes Sul e pelas influências recebidas enquanto área aberta e exposta.

A intensidade das ilhas de calor atingiu 1,7 °C e da ilha fria 0,6 °C, com amplitude de 2,3 °C, calculada em relação ao Distrito Industrial.

Gráfico 33 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 12 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-sul.

Os mapas resultantes da interpolação dos dados do dia 12 de dezembro mostram uma dinâmica muito maior do que a observada nos dois dias anteriores, particularmente com relação a formação de ilha de calor e ilha fria, apesar de ter sido um dia de temperaturas um pouco mais baixas, sendo que os procedimentos utilizados foram os mesmos.

No primeiro registro, o das 9 h, formou-se uma ilha de calor no Palmeirinha a Norte do centro e outra ao Sul no ponto Jardim Europa, e ilhas fria no Hilgemberg e Santo Antônio, Jardim Carvalho, Olarias e Ana Rita, Uvaranas/ Barbosa e B Jesus. No Distrito Industrial não houve a formação de ilha fria, porém observando o mapa se percebe que a temperatura estava mais baixa naquela região.

Esta situação evoluiu e às 10h havia uma grande ilha fria que envolvia os pontos da região central e de seu entorno. As duas ilhas de calor no Palmeirinha e Jardim Europa mantiveram a mesma condição.

No mapa das 11h identificam-se as duas ilhas de calor observadas nos mapas anteriores, assim como a ilha fria formada no centro, porém se observa o surgimento de uma segunda ilha fria centrada no Hilgemberg e duas novas ilhas de calor, discretas, no Ana Rita e no Uvaranas/Barbosa.

No final da manhã, a ilha fria presente no centro sofreu uma descofiguração, passando a centralizar no Jardim /Carvalho, porém envolvendo ainda o Praça B R Branco/ex, mas já era possível observar a tendência de aquecimento no centro, e deste no sentido Oeste e Sul. A ilha de calor do Ana Rita, do Uvaranas/Barbosa e do Palmeirinha se mantinha, assim com a ilha fria do Hilgemberg. Na periferia no extremo Sul as temperaturas ainda se apresentavam mais baixas.

Com relação à intensidade, calculada em função do Distrito Industrial, a ilha de calor no Palmeirinha atingiu 3,2 °C e no Ana Rita e Uvaranas/Barbosa chegou a 1,9 °C. A ilha fria atingiu o máximo no Jardim Carvalho, às 12h, com 2,1 °C. A amplitude da manhã foi 5,1 °C.

Figura 57 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

No início do período da tarde a ilha de calor do Palmeirinha e do Ana Rita se mantiveram.

No caso da ilha fria ocorreram algumas alterações, pois as condições do final da manhã, quando se tinha uma ilha fria no Jardim Carvalho que se estendia até o Praça B R Branco/ex, no centro se ampliaram e no início da tarde já compreendia a região do Santo Antônio e Hilgemberg. Neste horário surge uma nova ilha fria, a do 26 de Outubro.

Às 14h a situação encontrada anteriormente é a mesma, a não ser pelo fato de voltar a formar uma ilha de calor no Jardim Europa, como no início da manhã.

Às 15h apenas a ilha de calor no Palmeirinha consegue se manter, visto que nos demais pontos onde se formou ilhas, estas são frias.

Às 16h a ilha de calor no Jardim Europa volta a se formar, além daquelas já existentes no Palmeirinha e Ana Rita. As ilhas frias se mantêm como nos horários anteriores, porém com um aumento de intensidade em relação ao seu entorno, no caso daquela formada no Hilgemberg (Figura 58).

No mapa da interpolação dos dados das 17h mudanças ocorrem, principalmente em função da queda de temperatura, com o desaparecimento da ilha de calor do Palmeirinha, que se manteve em todos os mapas anteriores, porém começa a se formar uma ilha de calor no centro, junto ao XV de Novembro com extensão até a ilha de calor do Ana Rita, incluindo o Praça B R Branco/ex.

A ilha fria envolve a parte Norte do centro, a partir do Praça B R Branco/in compreendendo o Hilgemberg, o Jardim Carvalho, o Boa Vista e o /Santo Antônio. Também se formou uma ilha fria no Uvaranas/Barbosa (Figura 59).

Figura 58 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

Figura 59 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.

A partir das 18 h a evolução da situação encontrada no final da tarde resulta na consolidação da ilha de calor no centro com extensões até o Ana Rita e com grande abertura para Oeste, Nordeste e Sul do centro. No Palmeirinha voltou a formar uma ilha de calor.

As ilhas frias começam a ficar isoladas, no Jardim Carvalho e Praça B R Branco/ex, ou em duplas como no Boa Vista e Hilgemberg e no Uvaranas/Barbosa e 26 de Outubro, todas em torno do centro, com exceção do Praça B R Branco/in.

Às 19h a ilha de calor no centro é uma realidade, com ilhas frias a sua volta. A ilha de calor do centro se transforma em uma ampla mancha aquecida, com ilhas frias a sua volta, no mapa das 20h, onde também é possível perceber a formação de uma ilha de calor no Boa Vista e Palmeirinha e uma ilha fria na extremidade Norte, no Santa Luzia.

Às 21h o centro permanece aquecido sem formar ilha de calor, mas sim uma ampla mancha, com a formação de uma nova ilha de calor no Santa Paula (Figura 60).

Figura 60 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

✓ **dia 13 de dezembro de 2006**

Na quarta-feira formou-se uma ciclogênese na Argentina e por conta disso, nuvens se formavam sobre o Paraná. Em Ponta Grossa a nebulosidade esteve elevada, principalmente pela manhã, chegando a nublado, porém sem que ocorresse chuva (Figura 61).

Foi um dia com umidade relativa elevada como na segunda-feira, porém com a diferença de que no período da tarde a umidade relativa mínima ficou na média acima de 52% mesmo no momento de registro da temperatura máxima.

Figura 61 – Imagem Global *GOES + METEOSAT* do dia 13/12/2006, 12h GMT.
Fonte: CPTEC.

A carta sinótica do dia 13 de dezembro de 2006 mostra os sistemas de alta e baixa pressão atuando sobre o oceano e continente, respectivamente, com a formação de um cavado na litoral do Sudeste, com diferentes centros de baixa pressão, no Centro Oeste e sobre a Argentina e Paraguai.

O Anticiclone do Atlântico estava um pouco mais afastado da costa. Os sistemas de baixa pressão sobre o continente e o de alta pressão sobre o oceano bloqueavam o avanço das frentes formadas na região Antártica e que avançavam para o Norte.

Figura 62 - Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 13/12/2006 às 12h GMT.
 Fonte: Marinha (2006).

Os dados de temperatura e umidade relativa do dia 13 de dezembro estão representados na forma gráfica (Gráficos 34 e 35), onde é possível observar a evolução dos dois elementos do clima durante o dia e início da noite.

Esses dados resultaram em linhas formando uma figura convexa que mostra a evolução ascendente até o momento do registro da máxima de cada ponto, para depois entrar na descendente, no final da tarde.

No caso da umidade relativa o desenho é inverso, isto é, forma uma figura côncava, inicia com as linhas fazendo uma descendente até o registro da mínima no período da tarde, para depois fazer uma ascendente até o último registro do dia às 21h.

Na primeira medição da manhã do dia 13, a temperatura foi a mínima do dia para todos os pontos e variou de 18,4 °C no 26 de Outubro a 21,9 °C no Felicidade, que resultou

em uma amplitude de 3,5 °C. A umidade relativa, também, na primeira medição foi a máxima para todos os pontos, com exceção do Felicidade e Distrito Industrial, nos quais o registro da máxima foi na última medição da noite e variou entre 67% no Felicidade e 82% no Ana Rita, com amplitude de 15%.

A temperatura mínima de cada horário de medição foi registrada em sua maioria no Praça B. R. Branco/in, em 69% dos horários, sendo que em 2 deles a temperatura foi igual a de outros pontos. Em 31% dos horários a mínima foi registrada no Jardim Carvalho, porém neste caso, também, houve registros iguais a de outros pontos.

Os registros de umidade relativa máxima em 54% dos horários de medição ocorreram no Ana Rita, 23% no Jardim Carvalho, 15% no Praça B R Branco/ex e 8% no Uvaranas/Barbosa.

A coincidência entre a temperatura mínima e a umidade relativa máxima, nos horários de registro, ao longo do dia não ocorreu, para a maioria dos horários, visto que somente em 39% dos casos, no meio da tarde e a noite. Um indicativo de que alguns pontos tiveram um incremento de umidade, seja pela localização, seja pela dinâmica de ventos e da cidade.

No caso da temperatura máxima para cada um dos 20 pontos, esta foi registrada entre às 15h e 18h, com predomínio para às 16h em 55% dos pontos. A variação foi entre 25,6 °C no Praça B R Branco/in e 32 °C no Jardim Europa, o que resultou em uma amplitude de 6,4 °C.

Ao se considerar a temperatura máxima de cada horário de registro, a variação se dá entre 4 pontos, sendo 46% no Jardim Europa, 23% no Santa Paula, 23% no Felicidade e 8% no Ana Rita.

A umidade relativa mínima para os 20 pontos foi registrada entre 15h e 18h, sendo 40% no horário das 16h, 25% às 15h, 25% às 18h e 10% às 17h. A amplitude registrada foi de 16%, com 41% no Jardim Europa e 57% no Praça B R Branco/in de umidade relativa mínima.

Em se tratando da umidade relativa mínima em cada horário de registro, a distribuição se deu por 5 pontos, sendo 39% no Felicidade, 23% no Jardim Europa, 23% no Santa Paula, 8% no Praça B R Branco/ex e 8% no XV de Novembro.

Ao comparar os registros de temperatura máxima com os de umidade relativa mínima para os 20 pontos, percebe-se que em 80% dos pontos os dados coincidiram. Um indicativo da evolução normal da temperatura e da umidade para a maioria dos pontos de medição na área urbana, durante o dia.

No caso dos 20% em que não houve coincidência dos dados, observa-se que o horário mais seco ocorreu após o registro da temperatura máxima, um indicativo de perda de umidade no local provavelmente pela ação do vento no transporte da mesma.

Com relação à temperatura máxima e umidade relativa mínima de cada horário de medição, em 69% dos casos houve coincidência entre os dados. Este é uma evidência de que ao longo do dia os dois elementos do clima, na maioria dos pontos, tiveram uma evolução sem grandes variações, associada a vento fraco e temperaturas elevadas.

A dinâmica da área urbana no dia 13/12 pode ser uma das causas das variações que se observou quanto aos valores da temperatura e umidade relativa

No entanto, em muito poucos casos foi possível identificar uma relação dos registros de temperatura e umidade relativa com os registros da dinâmica de vento e de circulação.

Com relação à temperatura mínima e umidade relativa máxima, o fato de terem sido registradas no mesmo horário para a grande maioria dos pontos demonstra que neste dia não houve discrepância significativa no aumento ou diminuição da umidade nos pontos ao longo do dia.

Em se tratando da temperatura máxima do dia e da umidade relativa mínima, o que se observa é que em apenas 25% dos pontos, não houve coincidência entre os dados, sendo que neste as diferenças foram mínimas, o que dificulta relacionar com questões da dinâmica urbana.

No caso da temperatura máxima e umidade relativa mínima para cada horário de registro, na maioria dos casos houve coincidência entre os dados, com exceção para o horário das 12h no qual a temperatura máxima ocorreu no ponto Ana Rita, com 25,8 °C e umidade relativa de 70% e a umidade relativa mínima foi registrada no ponto Felicidade, com 54% e uma temperatura de 25,5 °C.

No ponto Ana Rita, no horário das 12h foram registrados ventos de Sul, da vertente para o fundo do vale onde se encontravam os equipamentos, associados a uma circulação de 25 veículos no momento do registro, em sua maioria provenientes da direção Sul, fatos estes que podem ter colaborado para a concentração de umidade no fundo do vale, visto que a vertente oposta é íngreme e funciona como bloqueio para o vento e para a umidade.

Já no caso da temperatura mínima e umidade relativa máxima de cada horário de medição, apenas em 38% dos horários, houve coincidência entre os dados, principalmente, no período da noite, quando no ponto Jardim Carvalho, a temperatura que era a mínima da hora, coincidiu com a umidade relativa máxima.

Para parte dos 62% dos horários em que a temperatura mínima não coincidiu com a umidade relativa máxima da hora, a explicação passa pelo fato de que as diferenças de temperatura ou de umidade foram muito pequenas, não sendo possível estabelecer relação com aspectos da dinâmica local. Mas no caso da maioria dos 62% a explicação está na questão da localização, visto que o ponto Praça B. R. Branco/in, onde foram registradas as mínimas da maioria dos horários, teve grande interferência da vegetação arbórea da praça e dos edifícios em seu entorno. O ponto Ana Rita, onde se registrou a umidade relativa máxima

da maioria dos horários, sofre grande influência de sua localização em um fundo de vale que se mostrou ao longo do trabalho como um local de umidade elevada.

Gráfico 34 – Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 13/12/2006.

Fonte: trabalho de campo realizado de 10 a 13/12/2006.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

Gráfico 35 – Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 13/12/2006.

Fonte: trabalho de campo realizado de 10 a 13/12/2006.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

A análise por transecto a partir dos gráficos produzidos com os dados de temperatura e umidade relativa do dia 13/12, permitiram mais uma vez identificar as ilhas de calor e ilhas frias que se formaram em função dos dados registrados, que receberam influência direta das

características de cada ponto de coleta de dados e dos sistemas atmosféricos atuantes sobre a área de estudo.

O último dia do trabalho de campo ocorreu na quarta-feira dia 13/12, um dia com muitas nuvens, que para alguns pontos significou o predomínio do tempo nublado durante a maior parte do período da manhã.

No transecto AB – Norte-Sul, no período da manhã o gráfico das 9h mostra que apenas no XV de Novembro, no centro, se formou uma ilha de calor. No restante do transecto, na maioria dos pontos formaram-se ilhas frias, sendo que a de maior destaque ocorreu no Hilgemberg.

No gráfico das 10h percebe-se a formação de 3 ilhas de calor, no Santa Luzia, no Santo Antônio, no XV de Novembro e no Jardim Europa.

Às 11h somente no Santa Luzia e Santo Antônio se formam ilhas de calor. Já nos demais pontos a condição é de ilha fria.

O registro das 12h resulta num gráfico com 2 ilhas de calor, uma no Santa Luzia e outra do XV de Novembro ao Jardim Europa.

As intensidades das ilhas no período da manhã chegaram a 1,6 °C no caso da ilha de calor e a 2,5 °C da ilha fria, com amplitude de 4,1 °C para o período (Gráfico 36).

No decorrer da manhã entre as mudanças está o da ilha de calor do centro que perde força, quando passa a se destacar uma ilha de calor no Santo Antônio e outra no Jardim Europa.

As variações observadas no período da manhã estão relacionadas com diversos fatores, como os que compõem o desenho urbano, e com o domínio do tempo nublado ou com muitas nuvens.

Os ventos de leste e sudeste predominaram durante todo o dia, como consequência da massa de ar fria que ainda se deslocava pelo Atlântico Sul e podem ter influenciado nas condições observadas pela manhã.

Gráfico 36 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul.

No período da tarde predominou, praticamente, apenas uma configuração de gráfico, mas com variações de amplitude, em consequência das oscilações nos valores da temperatura e da umidade relativa.

Com poucas alterações, no período da tarde as ilhas que se formaram pela manhã se mantiveram, nos mesmos pontos. Alterações começam a aparecer no gráfico referente aos dados das 17h, com a formação de ilha fria no Hilgemberg, Santo Antônio e Boa Vista (Gráfico 37).

Gráfico 37 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul.

Os primeiros dados do transecto AB – Norte-Sul no início da noite, resultam em gráficos que indicam a continuidade da situação observada no final da tarde.

No entanto, a partir das 19h a ilha de calor no centro começa a se definir para se consolidar no gráfico dos registros das 21h, com pico no XV de Novembro.

A partir das 20h não se observa mais a formação de ilha fria. A umidade relativa se comportou acompanhando as variações da temperatura, com a formação de ilhas secas, onde se formou ilhas de calor e ilhas úmidas onde ocorreram as ilhas frias (Gráfico 38).

Gráfico 38 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto AB – Norte-Sul.

Ao analisar o conjunto de gráficos referentes ao transecto CD – Oeste-Leste se observa o domínio das temperaturas mais elevadas na parte Oeste em detrimento da parte Leste.

Às 9h a principal ilha de calor se formou no Felicidade, seguida da que se formou no centro, no XV de Novembro, porém chama a atenção o fato de que a ilha seca de maior intensidade aparece em função da 2ª ilha de calor e não da 1ª, muito provavelmente por influência direta do fato de se tratar de uma região central com prédios e intensa impermeabilização.

Após o primeiro registro a situação começa a mudar já, na mensuração das 10h com a formação de uma ilha de calor temporária no Uvaranas/B Jesus, que desaparece nos gráficos dos 2 horários seguintes.

Os gráficos das 11h e 12h mostram duas situações semelhantes com a parte Oeste mais aquecida do que a parte Leste, com destaque para a ilha fria do Praça B R Branco/ex, no centro.

Os gráficos do período da tarde no transecto CD mantêm as mesmas características do final da manhã, mas com uma diferença que é a formação de uma ilha de calor no XV de Novembro, no centro, isto até as 16h.

A partir das 17h a configuração do gráfico muda consideravelmente, pois no Santa Paula é registrada a temperatura máxima, enquanto que nos demais pontos a máxima ocorreu no horário anterior, o que faz com que se forme uma ilha de calor no extremo Oeste do transecto, com grande intensidade. Neste horário 2 ilhas frias se destacam, no centro, no Praça B R Branco/ex e no Uvaranas/Barbosa (Gráfico 40).

A intensidade das ilhas no período da tarde, calculadas em relação ao Uvaranas/UEPG, o ponto mais distante do centro, com características mais próximas da zona rural, chegou a 3,3 °C nas ilhas de calor e a 2,2 °C nas ilhas frias, o que implica numa amplitude de 5,5 °C.

No início da noite, nos gráficos do transecto CD foi possível identificar a ilha de calor no centro, no XV de Novembro, no Santa Paula e uma no Uvaranas/B Jesus, com intensidade muito baixa (Gráfico 41).

Após as 20h a situação anterior se mantém, porém com o centro se consolidando como ilha de calor, inclusive com o Praça B R Branco/in deixando de ser ilha fria, condição esta presente apenas no Uvaranas/Barbosa.

A situação às 21h é muito semelhante a das 20h apenas com o fortalecimento da ilha de calor central.

Gráfico 41 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto CD – Oeste-leste.

Os gráficos do transecto EF – Norte-Sul mostram um desenho diferente do observado nos dias anteriores da etapa do trabalho de campo.

Às 9h quase todos os pontos representam ilhas frias, considerando a referência que é o Distrito Industrial. O destaque fica por conta do 26 de Outubro, a ilha fria de maior intensidade (Gráfico 42).

A partir das 10 h no Jardim Europa se forma uma ilha de calor, assim como no Ana Rita, Uvaranas/Barbosa, Olarias e Palmeirinha.

No entanto às 11h a configuração do gráfico é de uma ilha de calor, a do Ana Rita e várias ilhas frias, porém a de maior destaque é a que se forma no Jardim Carvalho.

Já às 12h as alterações gráficas continuam, por conta das variações nos dados, que resultam na formação de outras ilhas de calor no Palmeirinha e Olarias e Jardim Europa. Apenas o 26 de Outubro permanece como ilha fria.

Durante a manhã a ilha úmida sempre se formou no Ana Rita e a ilha seca no Olarias e Jardim Europa.

A intensidade das ilhas de calor atingiu 2,3 °C e a fria 2,8 °C, com uma amplitude de 5,1 °C.

Gráfico 42 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.

No início do período da tarde no transecto EF, aparece um desenho mais suave, onde se destacam as ilhas de calor do Jardim Europa, Ana Rita e Palmeirinha.

A partir das 14h as intensidades aumentam, assim como as diferenças, porém a novidade é que neste horário, pela primeira vez o Distrito Industrial, ponto no extremo Sul do transecto, na periferia da área urbana, ocupa a posição de menor temperatura no gráfico, o que significa dizer que a área urbana se encontra mais aquecida do que a sua periferia.

No horário das 15h a situação observada no gráfico anterior se repete.

A partir das 16h volta a formar uma ilha fria no Uvaranas/Barbosa e a se intensificar a ilha de calor do Jardim Europa, com perda de força para a ilha de calor do Palmeirinha, no extremo norte, assim como no Ana Rita.

Às 17h o que se observa é só uma evolução no sentido da tendência já identificada para o horário das 16h.

Gráfico 43 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte - Sul.

No período da noite os gráficos do transecto EF refletem muito do que ocorreu no período da tarde.

Às 18h o gráfico é quase que uma reprodução dos últimos gráficos do final da tarde, com alterações muito pequenas.

No entanto, a partir das 19h a situação é de enfraquecimento das ilhas, mas com a manutenção das ilhas de calor do Jardim Europa, Ana Rita e Palmeirinha. Esta situação se repete às 20h e às 21h, apenas com variação de intensidade, com a queda geral da temperatura.

Com relação à umidade relativa, pela primeira vez, o Ana Rita deixou de ser a ilha úmida, fato que ocorreu nos registros das 16h, 17h e 18h, pois nos demais dias e horários ele sempre se comportou como ilha úmida. Já, no caso do Jardim Europa, se manteve como ilha seca o tempo todo.

Gráfico 44 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 13 de dezembro de 2006, no transecto EF – Norte-Sul.

A análise dos dados do dia 13/12 por meio dos mapas resultantes da interpolação dos dados de temperatura, assim como para os outros dias servirá para corroborar com a análise gráfica feita anteriormente, no intuito de proporcionar uma melhor interpretação do clima urbano de Ponta Grossa, agora com a espacialização dos dados.

A interpolação dos dados das 9h resulta em uma ilha de calor, centralizada no Felicidade, voltada para Sudoeste. Observa-se, também que a porção Oeste da área urbana estava mais aquecida.

Imediatamente a Norte, Nordeste e Leste do centro se formou uma ampla ilha fria envolvendo os pontos Praça B R Branco/ex, Hilgemberg, Santo Antônio, Jardim Carvalho,

Uvaranas/Barbosa e 26 de Outubro, confirmando uma situação encontrada na análise por transecto, porém separada pela distribuição dos pontos nos transectos.

Às 10h a ilha de calor se desfez com a formação de faixas mais aquecidas a partir do centro para Nordeste, Oeste, Sudoeste e Sul, até o Jardim Europa. A ilha fria se dividiu em 4 ilhas menores, centralizadas nos pontos, 26 de Outubro, Praça B R Branco/ex, Hilgemberg e Boa Vista e Jardim Carvalho.

Observando o mapa das 11h identifica-se a ilha de calor do Ana Rita, além do ressurgimento da ilha de calor do Felicidade. As ilhas frias se mantiveram do horário anterior, com poucas alterações.

Às 12h as 2 ilhas de calor formadas as 11h se mantiveram, porém no caso das ilhas frias, houve uma unificação que envolve todos os pontos do Boa Vista ao Uvaranas/Barbosa, incluindo os que estão no centro (Figura 63).

A situação observada ao meio dia pode ser reflexa da alta nebulosidade da manhã e das interferências que o desenho urbano exerce sobre o clima, que variaram entre os pontos.

Figura 63 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

No início da tarde, o mapa das 13h apresenta uma ilha de calor, a do Ana Rita, dentro de uma condição especial já descrita anteriormente, relacionada principalmente com sua localização no fundo de vale. Uma ilha fria no Uvaranas/B Jesus e uma ampla ilha fria envolvendo Boa Vista, Hilgemberg, Jardim Carvalho, Praça B R Branco/in e Praça B R Branco/ex. Esta situação toda só vem a confirmar um fato já identificado, de que na parte Leste e Norte, a partir do centro, a temperatura é menor do que no restante da área urbana.

A partir das 14h o aquecimento do centro, sentido Oeste, Sudoeste e Sul, até o Jardim Europa aumenta ao mesmo tempo em que se intensifica a ilha de calor no Ana Rita, com a qual mantém uma ligação. As ilhas frias aparecem todas isoladas, Uvaranas/Barbosa, Jardim Carvalho, Praça B R Branco/in e Hilgemberg e Boa Vista.

No mapa das 15h, o desenho que aparece é diferente dos anteriores, pois segue a elevação da temperatura no centro, com a formação de uma ilha de calor no XV de Novembro, com ligações com a do Ana Rita, além do surgimento de uma nova ilha de calor no Jardim Europa. Neste horário apenas uma ilha fria acontece, do centro para Norte, com os pontos Praça B R Branco/in, Santo Antônio, Hilgemberg, Boa Vista e Palmeirinha. O Leste e a periferia Sul se mantêm como áreas mais frias, apesar da não formação de ilhas frias.

A situação encontrada no mapa das 15h se intensifica e no mapa das 16h é nítida a ampla ilha de calor que compreende grande parte do centro, além do aquecimento maior a Oeste e Sul do centro, para além do Jardim Europa. Neste horário surgiu uma nova ilha de calor, no Palmeirinha.

Às 17h as temperaturas começam a cair, o centro se consolida como ilha de calor, assim com o Ana Rita, com 3 ilhas frias no entorno, no Hilgemberg, Jardim Carvalho e Uvaranas/Barbosa.

A intensidade máxima da ilha de calor foi de 4,9 °C e da ilha fria 2,2 °C, com amplitude de 7,1 °C, calculadas em relação ao Distrito Industrial.

Figura 64 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

Figura 65 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.

Apesar de apresentar a mesma configuração das ilhas encontradas no final da tarde, o início da noite é de diminuição da intensidade, porém ainda com temperaturas elevadas, pois a máxima de vários pontos havia sido registrada às 17h.

Às 18h o Ana Rita é a única ilha de calor, porém o desenho das linhas que passam pelo centro indicam que a região está aquecida. Ilhas frias apenas no Boa Vista com Hilgemberg e no Jardim Carvalho.

As isotermas no mapa da 20h formam um desenho que permite concluir que o centro está mais aquecido, sendo que apenas uma ilha fria se forma envolvendo o Uvaranas/Barbosa e o 26 de Outubro.

Às 21h somente se formam ilhas de calor, a do Ana Rita e a do XV de Novembro.

A intensidade máxima de 3,6 °C da ilha de calor e de 0,8 °C da ilha fria dão uma amplitude de 4,4 °C no período.

Figura 66 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

6.2 – Dinâmica dos meses de julho e agosto de 2007

✓ dia 29 de julho de 2007

Os dados do trabalho de campo dos meses de julho e agosto de 2007 mostram que as condições climáticas estiveram mais homogêneas, em relação às observadas no mês de dezembro de 2006. Nesta etapa o horário estava normal refletindo as condições reais dos meses de julho e agosto de 2007.

Sob influência de uma massa de ar frio que se encontrava na altura do Uruguai, o tempo no início do período de 29/07 a 01/08 se apresentou estável, com predomínio de baixas temperaturas, particularmente, na manhã do Domingo 29, que foi o dia mais frio da etapa, com muito vento e poucas nuvens. Ventos de Sudeste atuaram durante o dia, transportando umidade do oceano para o continente e para a área de estudo no final da tarde.

Na imagem da manhã do dia 29 se observa uma frente estacionária sobre o continente e oceano, sobre o Sudeste e o litoral na altura do Rio de Janeiro. Uma corrente de jato, vinda dos Andes chegou ao Brasil sobre o Rio Grande do Sul e acrescentou umidade a região, com consequências, também para o Paraná (Figura 67).

Figura 67 - Imagem GOES de 29/07/2007.
Fonte: SIMEPAR (2007).

As três imagens de satélite da América do Sul, do dia 29 de julho de 2007, dos horários *GMT* das 12h, 18h e 23h45, mostram o sistema que manteve o dia limpo e com baixas temperaturas, com uma frente estacionária na altura do litoral do Rio de Janeiro e uma frente fria sobre a Argentina, no extremo Sul do continente.

Na primeira imagem o Paraná aparece praticamente sem nuvens, situação constatada durante o trabalho de campo (Figura 68).

A segunda imagem, representativa do final da tarde, mostra a formação de nebulosidade sobre o estado, que resultou na formação de nuvens sobre a área de estudo (Figura 69).

Figura 68 – Imagem *GOES 10*, canal – 4 IR, da América do Sul, do dia 29/07/2007, 12h *GMT*.

Fonte: INPE/CPTEC/DSA.

Figura 69 – Imagem *GOES 10*, canal – 4 IR, da América do Sul, do dia 29/07/2007, 18h *GMT*.

Fonte: INPE/CPTEC/DAS.

Na 3ª imagem que mostra as condições da noite do dia 29/07, imediatamente após o término dos registros, é possível perceber o aumento da nebulosidade, que teve início no meio da tarde, agora, quase sobre todo o estado (Figura 70).

Figura 70 – Imagem *GOES 10*, canal – 4 IR, da América do Sul, do dia 29/07/2007, 23h45 GMT.

Fonte: INPE/CPTEC/DSA.

A carta sinótica ou de pressão ao nível do mar, das 12h GMT, do dia 29 de julho de 2007, serve para entender melhor o que se passava durante o período da manhã.

Havia um forte centro de alta pressão, com 1036 hPa centrado sobre o litoral do Rio Grande do Sul e do Uruguai, exercendo grande influência sobre todo o Sul e Sudeste do Brasil e alguns países vizinhos.

Uma frente estacionária estava posicionada na altura do litoral do Rio de Janeiro, a Norte do sistema de alta pressão e uma frente fria que tentava avançar pela Argentina, ao Sul do sistema de alta pressão.

Enquanto isso, outras frentes frias estavam sobre o extremo Sul da América do Sul e sobre o Oceano buscando avançar para o norte.

Na altura do Pantanal dominava um sistema de baixa pressão.

Figura 71 - Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 29/07/2007 às 12h GMT.
 Fonte: Marinha (2007).

O primeiro dia do trabalho de campo foi o mais frio de todos, consequência da entrada de uma massa de ar frio, combinado com condições de baixa umidade, que resultou em baixas temperaturas, sem precipitação.

Quanto à nebulosidade, durante a maior parte do dia se observou a ausência de nuvens, variando, no máximo para uma condição de poucas nuvens a partir do meio da tarde.

A evolução da temperatura e da umidade relativa será descrita nos parágrafos a seguir, os quais remetem a representação gráfica dos dados apresentados ao final do texto (Gráfico 45 e 46).

Às 9h, no primeiro horário das medições, as temperaturas foram as mais baixas para 80% dos pontos, tendo variado de 4,5 °C, nos pontos Hilgemberg e Santo Antônio, fora do centro, a 7,5 °C no ponto XV de Novembro, no centro. A amplitude foi de 3 °C.

A umidade relativa variou de 54% nos pontos Jardim Carvalho, Santa Luzia, na periferia norte e nordeste e XV de Novembro no centro, a 70% no Distrito Industrial na periferia sul, com uma amplitude de 16%, tendo sido a máxima do dia apenas para 1 dos 20 pontos, o Uvaranas/B Jesus. O que mostra que a temperatura mínima do dia não coincidiu com a umidade relativa máxima.

Com relação à temperatura mínima para cada horário de medição, o Jardim Carvalho se revelou o ponto mais frio do dia, pois teve a menor temperatura em 62% dos horários, particularmente, a partir das 14 h, em 15% foi no Santo Antônio, 15% no Praça B R Branco/in e em 8% no Praça B R Branco/ex.

No entanto a umidade relativa máxima de cada horário de medição, apresentou certa variação, pois nos 13 horários de registro, se distribuiu por 4 pontos diferentes, tendo predominado como ponto mais úmido, ao longo do dia, o Praça B R Branco/in, com 38% dos horários, o Distrito Industrial, com 31%, o Arroio do Padre com 15% , o Boa Vista e o Uvaranas/Barbosa com 8% cada um. Apenas para 15% dos horários, a temperatura mínima da hora coincidiu com a umidade relativa máxima.

As temperaturas máximas do dia para a maioria dos pontos foram registradas no meio da tarde, na medição das 15 h para 85% dos pontos, tendo variado de 16,5 °C no centro, no XV de Novembro a 11,2 °C na periferia, no Jardim Carvalho, com uma amplitude de 4,3 °C. A umidade relativa para 65% dos pontos foi registrada no horário das 14h com variação de 35% no XV de Novembro a 46% no Uvaranas/Barbosa e Praça B R Branco/in, com uma amplitude de 11%. Ao se estabelecer a relação entre os dados, observou-se que para 50% dos pontos não houve coincidência entre a temperatura máxima do dia e a umidade relativa mínima.

A temperatura máxima de cada horário de medição se distribuiu por 3 pontos, mostrando que os mesmo foram os mais quentes em determinados momento do dia. Pela

manhã e início da tarde, as temperaturas mais elevadas foram registradas no XV de Novembro, centro, já no período da tarde e em um dos horários de registro da noite o ponto mais quente foi o Jardim Europa, e na maior parte dos registros da noite no último registro da tarde, o ponto mais quente foi o Santa Paula, ambos periferia.

No caso da umidade relativa mínima para cada horário de medição, os dados mostram que o ponto mais seco na maior parte do dia, foi o XV de Novembro, no centro, no período entre o início dos registros e o meio da manhã, até o meio da tarde.

Os registros mostraram a relação direta entre temperatura máxima e umidade relativa mínima, visto que em parte dos horários de registro elas coincidiram. O segundo ponto mais seco foi o Santa Paula, no período entre o meio da tarde e o último registro da noite, onde também houve coincidência entre alguns horários de temperatura máxima e umidade relativa mínima.

No último horário da noite, além do Santa Paula, mais 3 pontos com 64% de umidade relativa cada um, se apresentavam como os mais secos, são eles: Santa Luzia, Olarias e XV de Novembro.

Em se tratando da umidade relativa máxima, que para a grande maioria dos pontos não coincidiu com o registro da temperatura mínima, foi registrada no último horário de registro, às 21h, com variação entre 64% no Santa Luzia, Santa Paula, Olarias e XV de Novembro e 74% no Uvaranas/Barbosa. Um indicativo de que houve um incremento excepcional de umidade ao longo do dia.

A dinâmica urbana no domingo, 29 de julho, primeiro dia do trabalho de campo de julho e agosto de 2007 é menor do que nos demais dias da semana, porém, como as condições climáticas eram bastante estáveis, em pelo menos 5 pontos, foi possível perceber que a circulação de veículos e pessoas, além de características específicas dos pontos, interferiu nos

dados registrados, alterando diretamente a direção do vento e indiretamente a temperatura e a umidade relativa.

No Jardim Europa, Palmeirinha e Ana Rita, a circulação de veículos foi fundamental para determinar alterações nas condições de vento, em diferentes momentos do dia. Já no Praça B R Branco/in, a presença da arborização conjugada com a disposição das ruas e construções, e com a circulação de veículos, também resultou em alterações nos ventos. No Praça B R Branco/ex a orientação das ruas, a presença das construções e a circulação de pessoas atuou de forma direta no vento e indireta na temperatura e na umidade relativa.

O ponto com menores temperaturas na maior parte do dia foi o Jardim Carvalho, principalmente entre as 14h e 21h, quando predominou ventos de Leste e Nordeste. Durante o dia a média de circulação de veículos foi de 17 entre 1min antes e depois dos registros e de pessoas foi inferior a 1.

Os pontos com maior temperatura foram o XV de Novembro, no período da manhã e início da tarde, quando predominaram ventos de Leste. A circulação de veículos foi de 4 e de pessoas de 1 para o período de 2min durante os registros.

No Jardim Europa, registrou-se as temperaturas mais elevadas do período da tarde, com ventos predominantes de Sul, circulação de 14 veículos e 4 pessoas no momento do registro. Também, no Santa Paula no período da noite, com ventos predominantes de Norte, sem circulação de veículos e pessoas.

A estabilidade que predominou durante o dia, associada a baixa nebulosidade, a insolação, e a entrada de umidade de outras áreas, fora da área urbana, proporcionou as condições necessárias para um aumento da nebulosidade ao longo do dia, a tal ponto que mesmo com temperaturas mais elevadas do que pela manhã, o período da noite apresentou os maiores índices de umidade relativa do dia, em 95% dos pontos.

Para 55% dos pontos ao registro da temperatura máxima e umidade relativa mínima do dia foram simultâneos. Para os 45% restantes, a hora de registro destes dados, que representa 9 pontos, em 7 pontos a explicação passa pelas diferenças entre os dados que é muito pequena e pelo fato de que a umidade relativa antecedeu a temperatura máxima em apenas 1 horário de diferença.

Os dois pontos em que a diferença foi maior, foi do Jardim Carvalho, no qual os dados mostram que a circulação de veículos, com a mudança na direção do vento podem ter contribuído para alterações na umidade relativa e no Santo Antônio para o qual os dados não mostram nenhuma relação que explique a diferença.

A temperatura esteve muito baixa no 1º registro às 9h, descrevendo linhas crescentes até o meio da tarde, para decrescer até o último registro, às 21h, porém com valores superiores aos registrados no início da manhã, formando um desenho com forma convexa. O desenho das linhas mostra certa estabilidade e homogeneidade dos dados.

No primeiro registro da manhã a umidade relativa estava elevada e na sequência começa a decrescer para atingir a mínima no meio da tarde, momento a partir do qual começa a aumentar, para atingir o seu máximo no registro das 21h, formando um desenho com forma côncava, também mostrando a estabilidade que predominou durante o dia, com certa homogeneidade dos dados.

Gráfico 45 - Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 29/07/2007.

Fonte: trabalho de campo realizado de 29/07 a 01/08/2007.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

Gráfico 46 - Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 29/07/2007.

Fonte: trabalho de campo realizado de 29/07 a 01/08/2007.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

Sob condições climáticas de pré-frontal o primeiro dia do trabalho de campo nos meses de julho de agosto de 2007, 29 de julho assim como no de dezembro de 2006, era um domingo. Foi o dia mais frio da etapa, típico de inverno, com temperaturas muito baixa pela manhã e a noite, com máxima próxima ou abaixo de 16 °C, pois uma massa de ar frio estava entrando no Rio Grande do Sul.

A evolução do dia foi com a presença do sol, sem nuvens ou com poucas nuvens para grande maioria dos pontos e ventos fortes, principalmente na periferia e locais abertos.

Os gráficos dos transectos a serem analisados a seguir servirão para confirmar, com dados de campo, as informações contidas nas imagens e na carta sinótica e demonstrar a formação da ilha de calor.

Durante o período da manhã o que se observou, ao analisar o gráfico construído com base nos dados das 9h, do transecto AB – Norte-Sul, foi a configuração de uma ilha de calor no centro, com um pico destacado no ponto da rua XV de Novembro e duas ilhas de calor de menor intensidade, uma deslocada ao Sul do centro no Jardim Europa e outra na periferia, no extremo norte do transecto, no Santa Luzia.

Nos pontos Boa Vista, Hilgemberg, Santo Antônio, Praça B R Branco/in e no Praça B R Branco/ex, identificou-se a formação de uma ilha fria.

A umidade relativa se comportou dentro do padrão na parte Sul do transecto, porém na parte Norte esteve em desacordo com a temperatura no ponto Santo Antônio.

As 10h a situação era muito parecida com o que foi visto às 9h, porém com variações da umidade que a levaram a uma condição de normalidade, quase total em todo o transecto. As temperaturas estavam em elevação.

As condições semelhantes a das 10h foram encontradas às 11h e 12h, com elevação da temperatura e queda da umidade relativa, em todo o transecto (Gráfico 47).

Gráfico 47 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 29 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.

No período da tarde fica mais nítida a evolução crescente da temperatura de Norte para Sul.

Até as 15h o desenho que se observa nos gráficos é semelhante ao visto nos gráficos do período da manhã, com destaque para a ilha de calor no centro, onde a ilha seca formada chegou a uma mínima próxima de 34%.

A partir das 16h com a temperatura em plena descendente a ilha de calor do jardim Europa aparece em destaque, com o fato de ter se desfeita a ilha de calor do centro (Gráfico 48).

A intensidade máxima das ilhas, calculada em relação ao Distrito Industrial, foi de 3,1 °C para a ilha de calor e de 1,9 °C para a ilha fria, com amplitude máxima de 5 °C.

Gráfico 48 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 29 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.

No período da noite é possível perceber que o centro apresenta temperaturas mais elevadas do que a periferia, com a formação da ilha de calor e em seu entorno próximas ilhas frias como no Boa Vista e Olarias.

A partir das 18h a ilha de calor no centro da cidade começa a ter o seu desenho melhor definido, compreendendo todos os pontos do centro e de seu entorno. Neste horário deixaram de existir as ilhas frias.

No gráfico das 19h a ilha de calor do centro, no ponto da rua XV de Novembro já está em destaque em relação aos demais.

As 20h a ilha de calor do centro perde força e aparece com a mesma intensidade daquela formada no Jardim Europa, mas as 9h volta a ser destaque, confirmando a ilha de calor noturna no centro urbano. Neste horário, também volta a formar ilhas frias no Santo Antônio e no Boa Vista (Gráfico 49).

A intensidade máxima da ilha de calor no período noturno chegou a 1,5 °C, enquanto a ilha fria a 0,2 °C, o que representa uma amplitude máxima de 1,7 °C, calculada em relação ao Distrito Industrial.

Os gráficos produzidos a partir dos dados registrados nos 10 pontos do transecto CD – Oeste-Leste deixam claro uma tendência já observada na análise dos dados de dezembro, que é da distribuição espacial decrescente da temperatura, com exceção do centro, de Oeste até o centro e deste para Leste.

O diferencial fica por conta de que durante quase todo o dia, a ilha de calor do centro mantém seu pico mais elevado do que as demais ilhas.

As 9h a ilha de calor do centro, no ponto da rua XV de Novembro se destaca, porém, também se forma ilha de calor no Arroio do Padre e no Santa Paula. Ilhas frias se formam no Felicidade, Praça B R Branco/in, Praça B R Branco/ex, no 26 de Outubro e no Uvaranas/Barbosa. A umidade relativa se comporta dentro do padrão, com algum descompasso na parte leste do transecto.

No gráfico das 10h as ilhas de calor do horário anterior se mantiveram, sendo que uma nova se formou no Uvaranas/B Jesus, no caso das ilhas frias somente o Praça B R Branco/in, Praça B R Branco/ex e o Uvaranas/Barbosa mantiveram a condição. A umidade relativa esteve dentro do padrão em todo o transecto.

Os gráficos das 11h e das 12h são semelhantes ao das 10h, com as mesmas ilhas, apenas com a temperatura se elevando e a umidade relativa caindo (Gráfico 50).

A intensidade máxima da ilha de calor foi de 3,3 °C e da ilha fria de 1,3 °C, com amplitude de 4,6 °C.

Gráfico 50 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 29 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste – Leste.

No início da tarde no transecto CD, ocorrem duas inversões às 13h, uma no Arroio do Padre, que se comportou como ilha de calor pela manhã, passa a ilha fria, com a diminuição no ritmo de aquecimento por conta da nebulosidade e início de sombreamento da vegetação, construções e relevo. A outra no caso do Praça B R Branco/ex, que começa a receber insolação a partir das 13h, deixa de ser uma ilha fria e passa a ser uma ilha de calor. Nos demais pontos a situação é semelhante a do horário anterior, apenas com as variações de valores. O desenho formado no gráfico das 14h é semelhante ao anterior, com pequenas variações e valores maiores para a temperatura e menores para a umidade relativa.

A partir das 15h, quando a temperatura começa a cair, o que se observa são várias mudanças nos gráficos. A ilha de calor do centro volta a ser grande destaque, seguida da ilha de calor do Jardim Europa, mas no horário das 16h volta a perder força.

As 17h a temperatura, principalmente do centro para Leste, parece seguir para uma homogeneização, mas não é fato, como poderá ser visto nos próximos gráficos. Destaque para 3 ilhas úmidas, uma no Praça B R Branco/in, outra no Arroio do Padre, apesar de parecer se tratar da mesma e uma no Uvaranas/Barbosa.

A intensidade máxima de 3,9 °C foi da ilha de calor e de 1,5 °C da ilha fria, com amplitude máxima de 5,4 °C.

Gráfico 51 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 29 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste – Leste.

A análise dos gráficos do transecto EF – Norte-Sul mostrou mais uma vez que deslocar o centro do transecto da área central da cidade para os bairros entre o centro e a periferia Leste, mudou completamente o desenho com relação a ilha de calor e ilha fria, pois onde antes se formação ilha de calor em função de se tratar do centro da cidade, no novo traçado do transecto, se forma uma ilha fria.

As 9h a situação encontrada era de 3 ilhas de calor, no Jardim Europa e Olarias, no Ana Rita e Jardim Carvalho e no Palmeirinha. Uma ilha fria se formou no 26 de Outubro e Uvaranas/Barbosa.

Já para o horário das 10h, além da diferença de valores da temperatura e umidade relativa, uma alteração é significativa, que é o fato de que no Jardim Carvalho passa a formar uma ilha fria.

As 11h e 12h o desenho gráfico é semelhante ao que se formou no caso das 10h, apenas com algumas alterações em função da variação dos dados (Gráfico 52).

A intensidade máxima da ilha de calor chegou a 1,7 °C e da ilha fria a 1,1 °C, o que da uma amplitude máxima de 2,8 °C.

Gráfico 52 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 29 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste – Leste.

Os gráficos referentes ao transecto EF – Norte-Sul mostram que do extremo Norte, no Palmeirinha até o Jardim Europa, na parte Sul, entre o centro e a periferia, o comportamento da temperatura aponta para uma tendência de evolução crescente da temperatura, respeitada as diferenças entre ilhas de calor e ilhas frias e delas entre si, situação observada praticamente durante todo o dia, para todos os horários de registro.

As 9h o que se observa são 3 ilhas de calor, uma no Ana Rita, outra no Jardim Europa e uma terceira no Palmeirinha.

Também se destacam a ilha fria do Uvaranas/Barbosa e 26 de Outubro, pontos de altitudes mais elevadas, em vertentes de exposição sul, fortemente influenciados pelos ventos de encosta.

O gráfico das 10h é o único em que houve uma mudança no desenho, com a elevação da temperatura no Palmeirinha. Neste horário surge uma nova ilha fria no Jardim Carvalho. A umidade relativa elevada fez do Ana Rita, também um ilha seca.

A partir das 11h se consolidam as 3 ilhas de calor, no Palmeirinha, Ana Rita e Jardim Europa, sendo que a deste último é a de maior intensidade. As ilhas frias são 2, uma no Jardim Carvalho e outra no 26 de Outubro. O desenho formado pela linha da temperatura

mostra a evolução crescente de Norte para Sul, até o Jardim Europa, para depois decrescer até o Distrito Industrial. Esta situação será observada em todos dos gráficos do dia, variando apenas os valores para mais no caso da temperatura até o registro da máxima e depois para menos, e para o caso da umidade a situação é inversa, isto é, primeiro diminui até atingir a mínima e depois aumenta até o final dos registros às 21h (Gráfico 53).

A intensidade máxima da ilha de calor no período da manhã foi de 1,7 °C e da ilha fria de 1,9 °C, com uma amplitude máxima de 2,6 °C.

Gráfico 53 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 29 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.

No período da tarde, nos gráficos das 13h, 14h e 15h surge uma nova situação, na qual o ponto Palmeirinha no extremo Norte do transecto, mesmo com a linha da temperatura formando um desenho que indica crescimento, tem seus dados inferiores aos registrados no

Distrito Industrial, que é a referência para a definição das ilhas, se encontra em uma condição de ilha fria (Gráfico 54).

O gráfico das 13h é o único em que no Ana Rita se forma uma ilha seca.

Gráfico 54 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 29 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.

Os ventos de força 3, fraco, segundo a Escala de Beaufort exerceram grande influência sobre os dados pois estiveram atuando em grande parte da área urbana, porém no

centro da cidade a interferência dos prédios fez com que sua atuação fosse menor. Nas regiões mais altas e abertas os ventos, impediram uma evolução normal da temperatura, determinando uma máxima abaixo do que se esperava, como no caso do ponto Jardim Carvalho (Gráfico 55).

No período da noite, nos gráficos das 18h, 19h e 20h, a ilha fria do Uvaranas/Barbosa deixa de ocorrer, formando ilha fria apenas no Jardim Carvalho. A ilha de calor do Ana Rita supera todas as demais apenas no horário das 19h como pode ser observado no gráfico.

As 21h a ilha fria do Uvaranas/Barbosa volta a se formar e aumenta a intensidade da ilha fria do Jardim Carvalho.

Gráfico 55 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 29 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.

Na sequência será feita a análise dos mapas resultantes da interpolação, dentro da proposta de espacialização da temperatura em toda a área urbana, em que um dos principais objetivos é identificar as ilhas de calor.

No mapa das 9h é possível identificar 3 ilhas de calor, no Ana Rita, no XV de Novembro e no Jardim Europa. As ilhas frias formadas são duas, uma envolvendo o Uvaranas/Barbosa e o 26 de Outubro e outra abrangendo o Santo Antônio, o Hilgemberg e o Felicidade.

A interpolação com os dados das 10h resultou em um mapa com uma ilha de calor, que tem seu centro no ponto XV de Novembro, mas se estende até o Jardim Europa. As ilhas frias são em número de 3, Uvaranas/Barbosa, Praça B R Branco e Santo Antônio.

As 11h existem duas ilhas de calor, uma no centro, alongada sentido ao Sul, envolvendo o Jardim Europa e outra no Ana Rita. A ilha fria centrada no Praça B R Branco/in se apresenta alongada para nordeste, abrangendo o Santo Antônio e o Boa Vista. Neste horário começa a ficar nítido que a parte Norte está com temperaturas mais baixas e a parte Sul, próxima ao centro, com temperaturas mais elevadas.

Algumas mudanças ocorrem às 12h pois a ilha de calor do centro se desfaz, porém a ilha de calor do Ana Rita permanece, assim como a ilha fria do Praça B R Branco, que se estende por vários pontos a Norte e Nordeste do centro (Figura 72).

A intensidade máxima da ilha de calor foi de 2,6 °C e da ilha fria de 2 °C, com amplitude máxima de 4,6 °C no período da manhã, calculada em relação ao Distrito Industrial.

Figura 72 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

O período da tarde tem início com a formação, novamente, da ilha de calor no centro, com ligações com a ilha de calor do Ana Rita, visível no mapa do horário das 13h. Também no Palmeirinha se forma uma ilha de calor. No Uvaranas/Barbosa e Boa Vista e Hilgemberg ocorre a formação de ilhas frias. Na periferia, no extremo Sul não se forma ilha fria, mas é uma região de temperaturas mais baixas.

A ilha de calor no Jardim Europa é uma das novidades do mapa referente aos dados das 14h, que tem ainda uma ilha de calor no Ana Rita e 2 ilhas frias, uma no Hilgemberg e outra no Jardim Carvalho com extensão até o Arroio do Padre. A proximidade das linhas na região central indica grande variação da temperatura do centro para o Sul, até um pouco além do Jardim Europa.

As 15h a situação vista no mapa anterior se intensifica, com áreas mais aquecidas do centro para o Sul e para Oeste. Na ilha de calor do Ana Rita a intensidade aumentou. Ao norte se forma uma ampla ilha fria com vários pontos.

Uma ilha de calor no Ana Rita e outra no Jardim Carvalho, com duas ilhas frias no Jardim Carvalho e Arroio do Padre e no Boa Vista e Hilgemberg, são características tiradas do mapa das 16h. O centro e deste para Oeste e para o Sul, até um pouco além do Jardim Europa é possível identificar elevação da temperatura. Ilhas frias menores e isoladas se formaram no Uvaranas/Barbosa e no 26 de Outubro (Figura 73).

As 17h é possível identificar áreas mais aquecidas para o Sul, a partir do centro, até o Jardim Europa, assim como para Oeste, com extensão até o extremo Norte, mas sem a formação de ilha de calor. Ilha de calor somente aparece no Ana Rita e ilha fria no Jardim Carvalho e Arroio do Padre, assim como no Boa Vista e Hilgemberg (Figura 74).

Figura 73 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

Figura 74 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.

No mapa das 18h, que abre o período da noite, identifica-se uma ilha de calor no XV de Novembro, no centro, ao mesmo tempo em que se observam faixas de áreas mais aquecidas, que se estendem de Norte a Sul, passando pelo centro. A parte da área urbana a Leste do centro aparece dentro de uma faixa de temperaturas mais baixas, que se estende do Norte até o extremo Sul.

Áreas com temperaturas mais baixas são encontradas no extremo Sul da área urbana e a norte do centro, inclusive com a formação de uma ilha fria no Jardim Carvalho, a Nordeste do centro.

As 19h se repete a situação encontrada as 18h, porém com o surgimento de duas novas ilhas frias, no Uvaranas/Barbosa e no Arroio do Padre.

No mapa das 20h a ilha de calor do centro abrange os 3 principais pontos localizados na região o XV de Novembro, o Praça B R Branco/in e o Praça B R Branco/ex. No Ana Rita, também se formou uma ilha de calor. Já no Uvaranas/B Jesus se formou uma ilha fria. A partir dos dados das 21h gerou-se o mapa onde se consegue identificar uma ilha de calor localizada no centro, entorno do ponto XV de Novembro. A segunda isolinha que compreende a ilha de calor envolve também o Ana Rita (Figura 75).

Figura 75 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18h e 19h (parte superior), 20h e 21h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

✓ **dia 30 de julho de 2007**

A 2ª etapa do trabalho de campo teve continuidade na segunda-feira, 30 de julho com a coleta de dados, dia que iniciou com temperaturas mais elevadas e muita nebulosidade.

Na segunda-feira, dia 30 de julho de 2007, o tempo esteve nublado ou parcialmente nublado durante toda a manhã e o início da tarde. A partir das 14h teve início uma precipitação que variou entre garoa e chuva fina e se estendeu até o início da noite, com algumas breves interrupções.

Na imagem do final da tarde é possível observar em que condições o tempo estava, com um cavado sobre o Paraná e Santa Catarina, com muitas nuvens.

Uma frente fria se encontrava sobre a Argentina, avançando em direção ao Sul do Brasil. Um sistema de alta pressão na vanguarda da frente fria estava posicionado sobre o Uruguai e o Rio Grande do Sul e um sistema de baixa pressão se encontrava sobre o Paraguai.

Figura 76 - Imagem GOES de 30/07/2007.
Fonte: SIMEPAR (2007).

A alta nebulosidade sobre o Paraná pode ser observada, também, nas três imagens do satélite *Goes* (Figuras 77, 78 e 79), onde, da 1ª imagem que é da manhã até a última que é da noite, se percebe o aumento de nebulosidade, principalmente no período da tarde.

As condições locais de tempo associadas ao bloqueio das frentes frias que avançavam do Sul e ao centro de alta pressão sobre a costa brasileira e oceano, fez com que as temperaturas se elevassem um pouco em relação ao dia anterior.

Figura 77 – Imagem *GOES 10*, canal – 4 IR, da America do Sul, 30/07/2007, 12h GMT.
Fonte: INPE/CPTEC/DSA.

Figura 78 – Imagem *GOES 10*, canal – 4 IR, da America do Sul, 30/07/2007, 18h GMT.
Fonte: INPE/CPTEC/DSA

Figura 79 – Imagem *GOES 10*, canal – 4 IR, America do Sul, 30/07/2007, 23h45 GMT.
Fonte: INPE/CPTEC/DSA.

A carta sinótica ou de pressão ao nível do mar reforça o que mostram as imagens de satélites vistas anteriormente.

Fica muito claro que o sistema de alta pressão sobre a costa brasileira e o bloqueio feito pelo mesmo as frentes frias que avançavam do Sul, as quais pouco a pouco eram desviadas para o oceano, impediu que as temperaturas fossem tão baixas como no dia anterior, porém ainda assim foram baixas.

Figura 80 - Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 30/07/2007 às 12h GMT.
 Fonte: Marinha (2007).

A evolução da temperatura e umidade relativa durante todo o dia será apresentada nos parágrafos a seguir, com base nos dados de campo que resultaram em uma representação gráfica que se encontra mais a frente.

A segunda-feira 30 foi um dia em os registros de temperatura iniciados às 9h estiveram em média 2,2 °C mais elevados do que no dia anterior e os de umidade relativa

12%, um indicativo de que o dia seria mais quente e mais úmido, resultado de mudanças na dinâmica climática regional e local.

O tempo esteve nublado, praticamente durante todo o dia, com a ocorrência de chuva no período da tarde e início da noite entre as 14h e 19h. A chuva foi bem distribuída e registrada em todos os pontos, variando de garoa até chuva fina, com alguns intervalos sem chuva.

A chuva fez com que as temperaturas não subissem tanto no período da tarde, o que levou a ficar abaixo das temperaturas do dia anterior, particularmente nos registros das 15h, 16h e 17h, porém no último registro da noite a temperatura ficou em média 2,4 °C e a umidade relativa 10,5%, superior ao registrado no dia anterior.

As medições realizadas as 9h constituíram a temperatura mínima para 80% dos pontos, com os dados variando entre 6 °C no Santo Antônio e 9,6 °C no Ana Rita, com amplitude de 3,6 °C, sendo que as exceções foram o Santa Luzia, Uvaranas/Barbosa, Jardim Europa e Ana Rita, para os quais a mínima foi registrada na última medição do dia. No caso da umidade relativa máxima, o registro para todos os pontos ocorreu na última medição, a das 21h, variando entre 85% nos pontos Santa Paula, Hilgemberg e Santo Antônio e 92% no Jardim Carvalho, não coincidindo, para 80% dos pontos com a temperatura mínima.

Analisando a temperatura mínima para cada horário de medição permitiu identificar o ponto mais frio que foi o Boa Vista. Neste ponto foi registrada a temperatura mínima de 69% dos horários de medição, principalmente, no período da tarde e noite, porém, destes em apenas em 23% houve a coincidência com o registro de umidade relativa máxima.

A umidade relativa máxima teve uma distribuição acentuada, pois foi registrada em 8 pontos diferentes durante as 13 horas de medição, sendo que em pelo menos 2 horários ela foi igual em dois ou mais pontos.

No que diz respeito à temperatura máxima do dia, ela ocorreu logo no início da tarde, pois com o início da precipitação às 14h, as temperaturas começaram a cair, assim, para alguns pontos a máxima ocorreu às 13h, porém para 75%, ocorreu às 14h, variando entre 12,4 °C no Praça B R Branco/in e 14,9 °C no Santa Paula, com amplitude de 2,5 °C.

A umidade relativa mínima variou entre 50% no Jardim Europa e 61% no Praça B R Branco/in, com uma amplitude de 11% e para a maioria dos pontos foi registrada às 13h e 14h, coincidindo em 85% dos pontos com a temperatura máxima e nos casos em não coincidiu, isto ocorreu em função da diferença razoavelmente pequena entre os valores, tanto de temperatura como de umidade relativa.

Com relação à temperatura máxima de cada horário de medição, em sua grande maioria, o registro ocorreu no Jardim Europa, em 85% dos horários, principalmente nos períodos da tarde e noite.

Já no caso da umidade relativa mínima de cada horário de medição, observou-se uma grande distribuição, tendo sido registrada em 9 pontos diferentes, sendo que em 5 horários, houve repetição de dados em 2 ou mais pontos. A distribuição se acentuou a partir das 15h, muito provavelmente em função da chuva que desequilibrou as condições de umidade entre os pontos, em parte pelas condições de meso e macro escala, porém também em função de condições locais que impediram maior dinâmica de vento e interferiram nas condições da temperatura.

Analisando as informações relativas a dinâmica urbana do dia 30 segunda-feira e comparando com a do dia anterior, o domingo 29, percebe-se um aumento da mesma, principalmente com relação a circulação de veículos. Os dados permitem, também, identificar que em 7 pontos houve influência desta nos dados registrados. A circulação de veículos no ponto Praça B R Branco/ex, Jardim Europa, Distrito Industrial, Praça B R Branco/in,

Palmeirinha e Ana Rita e a circulação de pessoas no Santa Luzia interferiram nos dados de temperatura e umidade relativa em alguns dos horários de medição.

A temperatura máxima e a umidade relativa mínima se comportaram de forma bastante coerente, pois na maioria dos pontos houve coincidência na ocorrência de ambas.

O ponto mais frio do dia, o Boa Vista, pode ser explicado por um fator natural, o fato de nele ter ocorrido os ventos mais fortes, em comparação a outros dois pontos nos quais foi feito o registro de velocidade do vento.

O ponto mais quente, o Jardim Europa, teve sua condição determinada pela localização, posição na vertente, exposição da vertente e elementos urbanos como revestimento asfáltico da rua, área construída em seu entorno e intensa exposição a insolação.

A grande distribuição da umidade relativa máxima e mínima por diversos pontos ao longo do dia, de forma especial após o início da chuva, teve relação direta com a ocorrência desta e de suas variações durante o período de ocorrência da mesma. Este fato ficou mais claro para alguns pontos, como o Santa Luzia, Praça B R Branco/ex, Olarias, Hilgemberg, Uvaranas/B Jesus e Palmeirinha.

Para 12 pontos as variações na direção do vento ao longo do dia não ocorreram ou foram pequenas, o que mostra certa estabilidade deste elemento do clima e do tempo. Outro fato que aponta para esta estabilidade é que em 8 pontos em até 3 horários de medição não havia vento.

O gráfico 56 que mostra o comportamento da temperatura no dia 30, permite identificar a evolução da temperatura crescente até as 14h, momento em que se inicia a chuva e as temperaturas começam a cair. O desenho discreto e suave da maioria das linhas mostra, também, que em poucos casos houve um sobressalto da temperatura.

O gráfico 57 que trata da umidade relativa mostra linhas com um desenho mais perturbado, indicando as variações ocorridas ao longo do dia e analisadas anteriormente.

No entanto, o desenho com forma convexa formada pelas linhas obtidas com os dados da temperatura no Gráfico 56 e o desenho com forma côncava no gráfico 57 obtido com os dados de umidade relativa, ilustra de forma incontestável a relação inversamente proporcional entre as duas variáveis climáticas, apesar de pequenas discrepâncias determinadas pelos fatores que interferem no tempo, sejam eles naturais ou antrópicos.

Gráfico 56 - Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 30/07/2007.

Fonte: trabalho de campo realizado de 29/07 a 01/08/2007.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

Gráfico 57 - Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 30/07/2007.

Fonte: trabalho de campo realizado de 29/07 a 01/08/2007.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

O segundo dia de campo dos meses de julho e agosto de 2007, a segunda-feira 30 de julho, como já foi dito antes, foi de temperaturas um pouco mais elevadas, o que pode ser percebido logo nos primeiros registros da manhã.

A massa de ar frio que avançava pelo Rio Grande do Sul começou a se deslocar para o oceano na altura de Santa Catarina e as temperaturas começaram a subir inclusive em Ponta Grossa.

Os valores de temperatura do dia 30 ficaram em média 2,5 °C acima dos registros do dia 29, tanto na mínima, como na máxima. Os valores da mínima e da máxima se aproximaram fato este que resultou em uma diminuição da amplitude térmica.

Os ventos estiveram mais fortes, pela manhã nos pontos da periferia e nas de regiões abertas, onde em alguns casos atingiram 19,5km/h, gerando uma sensação térmica de temperatura muito mais baixa do que a registrada nos termohigrômetros.

Dando continuidade às análises dos dados, iniciarei pelos gráficos gerados com base na divisão dos transectos, os quais auxiliaram na compreensão da formação da ilha de calor, nas variações de intensidade e na espacialização em função do transecto, considerando os diversos fatores que interferem no clima urbano.

No transecto AB – Norte-Sul observando o gráfico das 9h percebe-se que destacam 2 ilhas de calor, uma no Jardim Europa e outra no Santa Luzia. Diante do fato de considerar o Distrito Industrial com referência, os dados dos outros 8 pontos os colocaram abaixo da referência. Com isso, 2 ilhas frias merecem serem citadas: a do Santo Antônio e Hilgemberg e a do Olarias.

Com relação à umidade relativa, é importante levar em consideração a formação da ilha seca no Jardim Europa e da ilha úmida no Distrito Industrial.

A partir das 10h começa a se destacar a ilha de calor no centro, que perde força até o final da manhã, porém o destaque maior ainda é para a ilha de calor do Jardim Europa. A ilha

fria do Praça B R Branco/in e do Boa Vista se isolam e ficam mais visíveis no gráfico. Nos demais pontos o comportamento tanto da temperatura como da umidade relativa segue dentro da evolução natural diária para as respectivas variáveis.

Após as 10h ocorre uma redução pela metade da amplitude da umidade relativa, com variações entre 60% e 70% entre os pontos. Foi uma manhã nublada para a maioria dos pontos.

Ainda com relação à umidade relativa, se sobressaem as ilha úmidas do Boa Vista e do Praça B R Branco, além do Distrito Industrial, nos gráficos das 10h, 11h e 12h.

A amplitude máxima de intensidade entre a ilha de calor e a ilha fria no período da manhã foi de 4,3 °C, sendo que a ilha de calor teve intensidade máxima de 2,4 °C e a ilha fria de 1,9 °C.

Gráfico 58 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 30 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.

A partir das 14h o tempo fica totalmente encoberto e começa uma chuva fina, que se mantém até o final da tarde, início da noite.

A nebulosidade e a precipitação fizeram com que as máximas fossem antecipadas, sendo registradas às 14h, pois em função da chuva, a partir deste horário, a temperatura começou a cair.

No início do período da tarde no transecto AB, as condições são semelhantes às encontradas no final na manhã e se refletiram no gráfico das 13h no qual se observa um desenho, formado pelas linhas de temperatura e umidade relativa, muito próximo do que foi visto nos gráficos da manhã.

A destacar o aumento na intensidade da ilha de calor formada no centro.

A partir das 14h, no gráfico das 15h e das 16h o formato da ilha de calor só foi se consolidando, porém com uma ilha de calor no extremo Norte do transecto, que destoava um pouco.

As 17h o desenho no gráfico se altera um pouco, principalmente pela queda mais acentuada da temperatura no Santo Antônio, fato este que o faz se destacar dentro da condição de ilha fria, que também tem o Olarias e o Boa Vista (Gráfico 59).

A intensidade máxima da ilha de calor no período da tarde foi de 2,8 °C e da ilha fria de 1 °C, resultando em uma amplitude de 3,8 °C, ficando entre fraca e moderada, normal para a estação de inverno.

Gráfico 59 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 30 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.

Os gráficos referentes ao período da noite mostraram que a ilha de calor do Jardim Europa continuou como a de maior intensidade no transecto AB e que havia no momento uma ilha de calor no centro, o que pode ser constatado nos gráficos das 18h e 19h.

Já nos gráficos das 20h e 21h no Jardim Europa se localizava a única ilha de calor, visível nos gráficos, considerando o Distrito Industrial como referência. No Boa Vista e Olarias se destacavam 2 ilhas frias. Um indicativo de que o centro estava mais frio do que o extremo na periferia Sul.

As intensidades ficaram muito baixas durante a noite, atingindo o máximo de 0,8 °C para ilha de calor e 0,9 °C para a ilha fria, com amplitude de 1,7 °C

Gráfico 60 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 30 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.

As Ilhas de Calor do transecto Oeste/Leste CD no dia 30 de julho se apresentaram com baixa intensidade durante todo o dia, com as maiores concentradas no período da manhã, sendo que para alguns pontos estas avançaram até o início da tarde, porém sem ultrapassar 2,0 °C, fato este, em partes, justificável pela precipitação que ocorreu no período da tarde em toda a área urbana, o que de certa forma uniformizou a queda de temperatura dos pontos.

No gráfico das 9h do transecto CD, o Uvaranas/Barbosa se sobressai por constituir a ilha de calor de maior intensidade e a principal ilha úmida. No Santa Paula também se formou uma ilha de calor. Já no Uvaranas/B Jesus, no 26 de Outubro e no Arroio do Padre o destaque é pela formação de ilha frias nestes locais.

A partir das 10h a ilha de calor do Santa Paula apresenta uma aumento significativo de sua intensidade e ultrapassa as demais, assim como ocorre com a ilha de calor do XV de Novembro e no Praça B R Branco/in, no centro e no Uvaranas/Barbosa e Uvaranas/

B Jesus a ilha de calor apresenta quase a mesma intensidade. Com relação à ilha fria, a intensidade aumenta no Praça B R Branco/ex.

Nos gráficos das 11h e 12h os dados dos pontos tiveram oscilações que se refletiram nos gráficos, sendo que as 12h se observa uma retificação das linhas por conta da uniformização dos dados entre os pontos, com uma situação muito clara de temperaturas mais elevadas na parte Oeste e temperaturas mais baixas na parte Leste, com a ilha fria do Praça B R Branco/ex, no centro, funcionando como divisor. A umidade relativa evoluiu em conformidade com as variações da temperatura, com poucas discrepâncias (Gráfico 61).

A intensidade máxima de 1,8 °C e de 1,4 °C para ilha de calor e ilha fria, respectivamente, foram as registradas durante a manhã, com amplitude máxima de 3,2 °C. Isto é, ilhas de intensidade fraca.

Gráfico 61 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 30 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.

Durante a tarde e a noite as intensidades ficaram baixas, sempre menores que 2 °C.

No gráfico das 13h, a uniformização dos dados que ocorreu no final da manhã deu lugar a variações, principalmente com o surgimento de uma ilha fria no 26 de Outubro.

As 15h se observa que as intensidades, que já eram baixas, diminuem, particularmente no caso a ilha fria do Praça B R Branco/ex.

A partir das 16h o centro se destacava como região mais aquecida e as ilhas frias estavam no Uvaranas/Barbosa e no Santa Paula, que teve sua condição invertida neste momento.

No entanto uma pequena elevação da temperatura no Santa Paula e a intensificação da queda da temperatura nos demais pontos fez com que este começasse a reagir no sentido de voltar a condição de ilha de calor.

A amplitude máxima entre ilha de calor e ilha fria no período da tarde no transecto CD, foi de 3,1 °C. A ilha de calor chegou a 1,4 °C e a ilha fria a 1,7 °C, calculadas em relação ao Uvaranas/UEPG.

Gráfico 62 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 30 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.

Mesmo com as variações pequenas e temperaturas baixas, a tendência já observada nos dias anteriores se manteve, a de um comportamento decrescente dos valores, do extremo Oeste para Leste.

No período da noite, apesar da baixa intensidade, que não passou de 0,5 °C, a linha de temperatura insinua a formação da ilha de calor no centro, assim como no Santa Paula, na periferia Oeste do transecto.

Outro detalhe é que próximo ao centro, a Oeste e a Leste, no Arroio do Padre, 26 de Outubro e Uvaranas/Barbosa se formaram ilhas frias.

Gráfico 63 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 30 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.

Como nos outros dois transectos, a chuva fina durante a tarde a partir das 14h, também repercutiu nos valores das temperaturas e intensidades da ilha de calor no transecto EF – Norte-Sul.

Como o transecto não passa pelo centro da cidade, o que se observa é a formação de várias ilhas de calor e no dia 30, não foi diferente, mesmo com a intensidade fraca.

Os destaques pela manhã ficaram por conta do Palmeirinha, Ana Rita e Jardim Europa, com ilha de calor e para Jardim Carvalho, 26 de Outubro, com ilha fria, com a utilização do Distrito Industrial como referência.

No gráfico das 9h se identificam 3 ilhas de calor, no Jardim Carvalho, Uvaranas/Barbosa e Jardim Europa e 3 ilhas fria, no 26 de Outubro, Ana Rita e Palmeirinha.

A partir das 10h ocorrem algumas mudanças, as quais se repetem às 11h, onde o Palmeirinha e o Ana Rita passam a formar ilha de calor e o Jardim Carvalho ilha fria.

Com relação à umidade relativa no Ana Rita, apesar de se comportar como ilha de calor, também funciona como ilha úmida, situação já constatada e explicada anteriormente.

O gráfico das 12h no final da manhã aponta para uma uniformização da temperatura na parte Norte do transecto, com a diminuição da diferença de temperatura entre os pontos (Gráfico 64).

Gráfico 64 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 30 de julho de 2007, no transecto EF – Norte-Sul.

Ao analisar o gráfico das 13h se percebe que a situação observada no final da manhã não se concretizou no início da tarde, pois a parte Norte do transecto voltou a apresentar variações e diferenças maiores de temperatura e umidade relativa entre os pontos.

A partir das 14h ocorrem algumas inversões em relação ao que havia sido registrado pela manhã, visto que no Palmeirinha, extremidade norte, se observa a formação de ilha fria,

assim como no Ana Rita e ilha de calor no Jardim Carvalho e Uvaranas/Barbosa, algo registrado apenas no início dos registros às 9h. Mudanças estas relacionadas com situações particulares e específicas de cada ponto. No caso do Uvaranas/Barbosa mesmo como ilha de calor a umidade relativa permaneceu elevada.

O gráfico das 15h mostra que na parte Norte volta a existir uma tendência de uniformização, com a retificação da linha de temperatura, antes com altos e baixos, em função das diferenças de temperatura.

Nos gráficos seguintes, das 16h e 17h a tendência se confirma, pois as temperaturas dos pontos, na medida em que caíam, o fizeram com velocidade e intensidade diferentes, o que resultou em uma aproximação dos valores (Gráfico 65).

A intensidade da ilha de calor chegou a 2,8 °C e da ilha fria a 0,2, o que resultou em uma amplitude de 3 °C, calculado em relação ao Distrito Industrial.

Gráfico 65 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 30 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.

Os dados de temperatura e umidade relativa das 18h resultaram em um gráfico semelhante ao das 17h, ainda como parte da evolução que ocorria no final da tarde. As temperaturas baixas do Palmeirinha diminuem ainda mais até o 26 de Outubro, para aumentar no Olarias e Jardim Europa e depois diminuir até o Distrito Industrial, com temperaturas um pouco mais altas do que as observadas no início do transecto no extremo Norte.

O gráfico das 19h mostra a queda mais acentuada da temperatura nos pontos do meio do transecto, de forma destacada no Olarias, que se transforma em ilha fria.

Nos gráficos das 20h e 21h o que se observa é a queda maior da temperatura no Palmeirinha, onde se forma uma ilha fria, acompanhando uma situação já existente no Uvaranas/Barbosa, 26 de Outubro e Olarias, com uma ilha de calor se formando no Jardim Carvalho, além da já formada no Jardim Europa.

Com relação à umidade relativa, nota-se que ficou elevada no período noturno, sempre acima de 83%, o que diminuiu a intensidade da queda da temperatura (Figura 66).

A amplitude máxima, considerada a ilha de calor e a ilha fria, utilizando como referência o Distrito Industrial, foi de 1,3 °C.

O comportamento da temperatura no transecto EF mostrou mais uma vez, que mesmo com pequenas variações, existem diferenças entre as áreas com maior intensidade de urbanização, mesmo que não se trate de região central de uma área urbana, e a periferia.

Os gráficos do transecto EF mostraram que ao se trabalhar com áreas mais abertas, com menor uso e ocupação da terra fora do centro urbano, as variações tendem a serem maiores, implicando algumas vezes em inversões de papel quanto a condição de ilha de calor e ilha fria, ou simplesmente com relação ao fato de em determinado momento estar com temperaturas mais altas e num outro com temperaturas mais baixas.

Gráfico 66 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 30 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.

Na sequência serão analisados e apresentados os mapas produzidos por meio da interpolação dos dados dos 20 pontos de amostragem, com isotermas de 0,5 °C.

A condição de ilha de calor ou de ilha fria será definida considerando como referência para toda a área urbana o Distrito Industrial, por se tratar do ponto mais afastado do centro, que representa muito bem a condição de periferia da área urbana.

No mapa das 9h, período da manhã, identifica-se 2 ilhas de calor, a do Jardim Europa, a Sul, e a do Ana Rita, a Norte do centro. Formando uma linha Oeste-noroeste/Leste-sudeste, se observa 3 ilhas frias, a do Uvaranas/Barbosa, a do Praça B R Branco/ex com o 26 de Outubro e uma ampla ilha fria da qual participam vários pontos, sendo os principais o Hilgemberg e o Santo Antônio. Esta última ilha fria mostra o domínio de temperaturas mais baixas a Norte, Noroeste e oeste do centro, até próximo do Santa Luzia.

No mapa das 10h algumas das ilhas frias se desfazem e a que se encontrava a Noroeste do centro perde força e tem sua área de influência diminuída. A ilha de calor do Jardim Europa se desfez, mas outra se formou no Palmeirinha, além da existente no Ana Rita que se manteve. A ilha fria do Santo Antônio e Higemberg, agora se estende até o centro, ao mesmo tempo em que se alonga sentido Noroeste.

As 11h tem-se 3 situações bem definidas, com uma ilha de calor no Jardim Europa, que mostra uma região entre o centro e o Distrito Industrial com temperaturas mais elevadas, uma ilha de calor no Ana Rita que aponta para uma área mais aquecida a Norte do centro.

A Noroeste do centro se observa uma ilha fria formada a partir do Boa Vista que permite identificar que toda a região está com temperaturas mais baixas. A Leste do centro não se formou nenhuma ilha fria ou de calor, mas pela distribuição da isoterma na região entende-se tratar de uma região mais fria.

Uma ilha de calor no Ana Rita, uma ilha fria no Boa Vista e outra no Praça B R Branco/ex são as únicas que aparecem formadas no final da manhã no mapa das 12h. Nele é possível perceber que estava ocorrendo um aquecimento de áreas a Sul e a Oeste do centro conforme a distribuição e aproximação das isotermas nestas áreas.

Figura 81 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

Os 5 mapas do período da tarde confirmam as tendências observadas pela manhã com relação a distribuição de áreas em função do aquecimento.

No mapa das 13h aparece uma ilha de calor no Jardim Europa e uma ilha fria ocupando ampla área, envolvendo vários pontos, a partir do Boa Vista com extensão até o centro no Praça B Branco/in. As 14h se repete o desenho do mapa das 13h, porém com diminuição da intensidade. Uma ilha fria formada com os pontos Boa Vista, Hilgemberg e Santo Antônio indica uma região mais fria a noroeste do centro no mapa das 15h.

No restante da área urbana, a distribuição e o desenho formado pelas isolinhas mostram áreas mais aquecidas em parte do centro e de seu entorno até os limites a Oeste e a Sul. Ainda no mapa das 15h, os extremos, Leste na região do Uvaranas/UEPG e Sul onde se encontra o Distrito Industrial compreendem áreas com temperaturas mais baixas, da mesma forma que a norte do centro.

Na medida em que a temperatura diminui, mantido o intervalo das isolinhas, estas aparecem em menor número, como no mapa das 16h, onde são apenas duas isolinhas, considerando a diferença dos valores das mesmas. Neste horário tem-se uma ilha de calor em torno do Jardim Europa e do Ana Rita e duas ilhas frias uma entorno do Jardim Carvalho e outra entorno do Uvaranas/Barbosa (Figura 84).

O mapa das 17h ficou interessante pelo fato de dividir a cidade em três grandes áreas, uma mais fria no extremo sul onde se encontra o Distrito Industrial. Outra do centro para Norte, também com temperaturas mais baixas, inclusive com a formação de uma ilha fria com os pontos Boa Vista, Santo Antônio e Hilgemberg. O detalhe é que encravada nesta área está uma ilha de calor entorno do Ana Rita. A terceira área é de temperaturas mais elevadas e ocupa uma região entre o centro e o Jardim Europa (Figura 83).

A intensidade máxima da ilha de calor no período da tarde foi de 2,8 °C e da ilha fria 1 °C, com amplitude máxima de 3,8 °C.

Figura 82 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

Figura 83 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17h na área urbana de Ponta Grossa.

Nos mapas do período noturno, as grandes áreas definidas no último mapa da tarde, o das 17h, sofrem alterações, mas ainda é possível visualizá-las. No mapa das 18h a área mais aquecida começa a perder espaço, com o avanço das áreas de temperaturas mais baixas, apesar da formação de uma ilha de calor no Jardim Europa. Uma ilha fria formou-se no Jardim Carvalho.

A partir das 19h as áreas mais frias dominam a área urbana com a formação de uma ilha compreendendo 4 pontos, o Uvaranas/Barbosa, o Uvaranas/B Jesus, o 26 de Outubro e o Olarias. A área mais aquecida ficou menor a oeste do Santa Paula e do Jardim Europa.

No mapa das 20h existem 2 ilhas frias, a do Uvaranas/Barbosa e a do Arroio do Padre. A área de temperaturas mais baixas domina quase toda a área urbana, restringindo a área mais aquecida ao entorno do Jardim Europa e deste para Sudoeste, (Figura 84).

As 21h a área mais aquecida ganha terreno em direção ao Santa Paula, mas o domínio é das áreas com baixa temperatura, com uma ilha fria no Uvaranas/Barbosa.

Figura 84 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

✓ **dia 31 de julho de 2007**

Na terça-feira 31, a massa de ar frio estava sobre a Argentina, em função do bloqueio que sofreu do sistema de alta pressão que se encontrava sobre o Sul do Brasil, deslocou-se para o oceano, como pode ser visto na sequência de imagens a seguir (Figuras 85, 86 e 87).

Em Ponta Grossa, foi um dia com muitas nuvens, porém, sem chuvas e com temperaturas mais elevadas do que as registradas nos dias anteriores.

Figura 85 – Imagem *GOES 10*, canal – 4 IR, da América do Sul, do dia 31/07/2007, 12h GMT.
Fonte: INPE/CPTEC/DAS.

Figura 86 – Imagem *GOES 10*, canal – 4 IR, da América do Sul, do dia 31/07/2007, 15h GMT.
Fonte: INPE/CPTEC/DAS.

Figura 87 – Imagem *GOES 10*, canal – 4 IR, da América do Sul, do dia 31/07/2007, 20h GMT.
Fonte: INPE/CPTEC/DS.

Pela manhã a, frente fria que se encontrava em partes sobre a Argentina, avançava se direcionando para o oceano, próximo a costa do Uruguai.

A presença da frente fria ao sul do Uruguai influenciou o clima no Sul do Brasil e fez com que muitas nuvens se formassem sobre o Paraná e no nosso caso, principalmente, sobre Ponta Grossa.

O anticiclone do Atlântico estava próximo ao litoral do sudeste, o que impediu o avanço da frente sobre o continente ou mais próximo do litoral brasileiro, forçando a mesma a seguir para o oceano.

As temperaturas no continente continuaram a tendência dos dias anteriores, se elevando tanto na mínima, como na máxima. Foi um dia sem precipitações, apesar da umidade transportada pelos ventos que sopravam do oceano.

Figura 88 - Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 31/07/2007 às 12h GMT.
 Fonte: Marinha (2007).

O comportamento da temperatura e da umidade relativa, durante a terça-feira 31 de julho será apresentado a seguir, considerando os dados de campo e sua representação gráfica.

O 3º dia do trabalho do campo dos meses de julho e agosto de 2007 começou com temperaturas 3,9 °C e 1,7 °C mais elevadas do que as registradas no domingo 29 e a segunda-feira 30, respectivamente, considerando a média para o horário das 9h.

A umidade relativa, que mantém uma relação inversamente proporcional com a temperatura, seguiu a mesma tendência, pois no início dos registros, em média, estava com 29% e 15% a mais de umidade em relação ao domingo e a segunda-feira, respectivamente.

A variação crescente das duas variáveis desde o início do trabalho de campo é um indicativo da tendência de aumento da temperatura e umidade relativa durante o trabalho de campo dos meses de julho e agosto de 2007, pois estas diferenças se consolidaram durante o restante do dia.

O tempo esteve nublado no início dos trabalhos, porém a partir das 11h a nebulosidade diminuiu, o tempo abriu e passou a ensolarado, permanecendo assim durante todo o dia, apesar da presença das nuvens. A partir das 18h as nuvens desapareceram e a noite ficou estrelada, o que favoreceu a queda de temperatura nos últimos registros da noite.

Os ventos oscilaram muito durante todo o dia, com condições que variaram de 0 a 11,4km/h, em dois dos pontos em que se monitorou a velocidade do vento, no Boa Vista e no Distrito Industrial. No centro da cidade, as construções bloquearam o vento e a velocidade máxima registrada foi de 6km/h no Praça B R Branco/ex. Em pelo menos 6 pontos e em diferentes horários de registro o vento esteve imperceptível.

O primeiro registro da manhã, o das 9h representou a temperatura mínima para a 75% dos pontos, sendo que no caso dos demais 25%, nos quais a mínima foi registrada no último registro da noite, a diferença com os dados daqueles da manhã variou entre 0,1 °C e

0,3 °C. As mínimas da manhã variaram entre 8,5 °C no Jardim Carvalho e 11,5 °C no Jardim Europa, o que resultou em uma amplitude de 3 °C.

Com relação à umidade relativa máxima, apenas no caso do ponto Uvaranas/Barbosa, o registro ocorreu no início dos trabalhos, pela manhã, coincidindo com a temperatura mínima dos pontos, pois para os demais pontos a umidade relativa máxima foi registrada no último registro, no período da noite. A umidade relativa máxima variou entre 99% no Boa Vista e 85% no XV de Novembro, com uma amplitude de 14%, um indicador de que o centro tende a ficar mais seco do que a periferia, mesmo porque também estava mais quente naquele momento com uma temperatura de 10,3 °C.

No que diz respeito à temperatura mínima de cada horário de medição, os dados mostram que o Jardim Carvalho foi o mais frio no primeiro registro, no Boa Vista se registrou as menores temperaturas nas duas medições subsequentes da manhã e nos 2 últimos registros da noite e que na primeira metade da tarde o Praça B R Branco/in esteve mais frio e na segunda metade da tarde o mais frio foi o Arroio do Padre.

No que diz respeito à umidade relativa máxima, esta foi registrada na maioria das vezes nos mesmos horários e pontos em que se ocorreu a temperatura mínima, obedecendo a lógica e nos casos em que isto não ocorreu, a diferença de temperatura ou de umidade relativa foi a mínima, não indicando que tenha ocorrido variação no comportamento das variáveis.

Quando se analisa os dados da temperatura máxima e umidade relativa mínima se percebe que em ambos os casos, os registros, em sua grande maioria, ocorreram entre 14h e 15h e foram coincidentes, com exceção para o Jardim Carvalho onde a umidade relativa mínima antecedeu a temperatura máxima em 1 hora.

Na maior parte dos horários a temperatura máxima de cada horário foi registrada no Jardim Europa, o que fez do ponto o mais quente do dia. Em 5 horários a máxima foi registrada em outros pontos sendo 3 no Santa Paula e 2 no XV de Novembro.

A umidade relativa mínima coincidiu apenas em 5 horários com a temperatura máxima da hora, indicativo de que a evolução da umidade ao longo do dia sofreu maiores alterações e variações, desconectadas das que ocorreram com a temperatura. E mais, o Jardim Europa que foi o mais quente na maior parte do dia, em nenhum momento foi o mais seco. Os dois pontos mais secos foram o Santa Paula, no final da manhã e da tarde e o XV de Novembro no meio da tarde e a noite, sendo que ambos estão localizados em áreas densamente construídas e impermeabilizadas, sendo o último localizado no centro em meio a diversos prédios que dificultam a circulação do vento.

A dinâmica urbana aumentou em relação aos dias anteriores em pontos do centro, no Praça B R Branco/ex, Praça B R Branco/in e XV de Novembro, assim como em 2 pontos da periferia, localizados em vias principais de suas vilas de localização ou de ligação com outras vilas e com o centro.

A circulação de veículos em 5 pontos e a circulação de veículos concomitante com a de pessoas em 2 pontos interferiram nos dados registrados em 1 ou mais horários de medição ao longo do dia.

A evolução da temperatura do dia 31 de julho de 2007 resultou em um desenho com forma convexa onde as linhas se cruzam em diferentes momentos, consequência das variações que ocorreram entre os pontos nos horários de medição. A queda de temperatura em alguns pontos próximo ao meio dia, como no caso do Praça B R Branco/ex e a elevação em alguns pontos às 17h, como no caso do Santa Paula, ocorreram em função do bloqueio dos raios solares em alguns pontos por árvores e construções presentes na área urbana e em outros pela ampla exposição ao sol (Gráfico 67).

Já o desenho com forma côncava formado pelas linhas que representam os dados da umidade relativa do dia 31, aparece com muito mais perturbações, resultado das variações que foram muito maiores na umidade relativa do que na temperatura. Apesar de ter sido um dia

com temperaturas mais elevadas do que as registradas nos 2 dias anteriores, a umidade relativa se manteve sempre acima dos 50% (Gráfico 68).

Gráfico 67 - Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 31/07/2007.

Fonte: trabalho de campo realizado de 29/07 a 01/08/2007.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

Gráfico 68 - Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 31/07/2007.

Fonte: trabalho de campo realizado de 29/07 a 01/08/2007.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

Os gráficos referentes a cada um dos transectos, elaborados com os dados do dia 31 de julho serão analisados e apresentados graficamente na sequência. A identificação de ilha de calor e ilha fria foi feita em relação ao Distrito Industrial.

No transecto AB – Norte-Sul, gráfico das 9h, somente no Jardim Europa se formou uma ilha de calor. Nos demais pontos houve a formação de ilhas frias, sendo que as de maior intensidade foram a do Boa Vista, Hilgemberg, Praça B R Branco/ex e XV de Novembro. A umidade relativa esteve elevada principalmente no Boa Vista e baixa no Jardim Europa, pontos mais frio e mais quente, respectivamente.

As 10h ocorreram pequenas mudanças, mas a situação é muito parecida com a que foi vista às 9h. A umidade relativa ainda estava elevada em todo o transecto, exceto no Jardim Europa.

Uma ilha de calor no Santa Luzia foi identificada no gráfico das 11h, além da já existente no Jardim Europa. As ilhas frias continuavam as mesmas dos horários anteriores.

No centro aparece uma ilha de calor com pico no XV de Novembro, no gráfico das 12h. As ilhas frias agora se restringem ao Boa Vista e Praça B R Branco/in. A umidade diminuiu um pouco, mas com sua evolução dentro do padrão (Gráfico 69).

A intensidade da ilha de calor chegou a 1,2 °C e da ilha fria a 3 °C, com amplitude de 4,2 °C.

Gráfico 69 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 31 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.

Nos dois primeiros gráficos da tarde, o das 13h e o das 14h, formou-se a ilha de calor moderada, no XV de Novembro, no centro, além de ilhas de menor intensidade no Hilgemberg e no Olarias. A ilha fria de destaque continuou sendo a do Praça B R Branco/ex.

Após as 15h as temperaturas começaram a cair e diminuiu também a intensidade da ilha de calor do XV de Novembro, Jardim Europa e Santa Luzia, passando a se sobressair a ilha fria do ponto Praça B R Branco/in, influenciada pela arborização intensa existente na praça, impermeabilização do solo e edifícios altos em seu entorno (Gráfico 70).

Às 20h e 21h as temperaturas se apresentam mais elevadas na parte sul do transecto, porém a ilha de calor do centro continua atuante e bem definida e a ilha de calor do Jardim Europa é a que apresenta a maior intensidade (Gráfico 71).

A intensidade de 1,8 °C foi a máxima da ilha de calor e 1,1 °C a máxima da ilha fria, o que resultou numa amplitude máxima de 2,9 °C para o período.

Gráfico 71 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 31 de julho de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.

No gráfico das 9h do transecto CD – Oeste-Leste, o que se observa no dia 31 é o indício da formação de uma ilha de calor, no centro, no ponto Arroio do Padre, com um valor mínimo de intensidade. No 26 de Outubro, XV de Novembro e Praça B R Branco/in se formaram as ilhas frias de maior intensidade, lembrando que a referência é o Uvaranas/UEPG, ponto mais distante do centro, localizado na periferia Leste.

O aumento da temperatura diante das diferenças constatadas no gráfico das 9h fez com que se intensificassem as diferenças, apesar de se tratar de valores mínimos, mas que começa a destacar, por exemplo, o Felicidade com uma temperatura um pouco maior e a ilha fria do Praça B R Branco/in como sendo a de maior intensidade.

No final da manhã no gráfico das 11h o Santa Paula aparece como ilha de calor, com uma diferença grande para os demais pontos, seguido do Felicidade e Arroio do Padre, na parte Oeste e do Uvaranas/Barbosa e Uvaranas/B Jesus na parte Leste do transecto. O centro permanece como ilha fria, mas com intensidades menores do que as observadas às 9h e 10h.

As 12h o aquecimento é geral e se destacam 3 ilhas de calor: a do Santa Paula, a do XV de Novembro e a do Uvaranas/Barbosa. Neste horário, ilha fria somente no Praça B R Branco/in e Praça B R Branco/ex (Gráfico 72).

A intensidade da ilha de calor chegou a 2,5 °C e da ilha fria a 1,4 °C, com amplitude de 3,9, calculado em relação ao Uvaranas/UEPG.

Gráfico 72 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 31 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.

No início da tarde, no gráfico das 13h formam-se várias ilhas de calor, mas se destacam a do centro no XV de Novembro e na parte Oeste a do Santa Paula e do Felicidade. A ilha fria de destaque continua sendo a do Praça B R Branco/in.

Durante a tarde as condições observadas às 13h se repetem às 14h com mudanças no Arroio do Padre e no Uvaranas/B Jesus, que perdem temperatura e se transformam em ilha fria.

As 15h a temperatura já começa a cair em alguns pontos e se destaca uma ilha de calor no centro, que é interrompida apenas pela ilha fria do Praça B R Branco/in e Praça B R Branco/ex.

A queda da temperatura se acentua às 16h na região central, como da para perceber no gráfico e assume papel de destaque a ilha de calor do Uvaranas/Barbosa. A Praça B R Branco/in se destaca como ilha fria.

O gráfico das 17h apresenta um desenho bem diferente para a linha da temperatura, consequência das variações causadas pela queda diferenciada da temperatura. A ilha de calor do Santa Paula é destaque e se sobressai em relação aos demais pontos, em sua maioria ilhas frias (Gráfico 73).

A intensidade oscilou, mas a ilha de calor chegou a 3,6 °C e a ilha fria a 1,9 °C o que representa uma amplitude de 5,5 °C.

Gráfico 73 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 31 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.

Os registros do período noturno mostram mais uma vez o destaque da ilha de calor no centro urbano, no XV de Novembro e uma ilha de calor no Santa Paula no extremo Oeste, como pode ser visualizado no gráfico das 18h e 19h. A ilha fria do Praça B R Branco/in continua se destacando, como ocorreu nos gráficos anteriores (Gráfico 74).

A partir das 20h o desenho da ilha de calor no centro começa a surgir e se consolida às 21h onde se tem uma ilha de calor no centro, com uma ilha fria encravada, que é a da Praça B R Branco/in.

Os valores de intensidade máxima no caso da ilha de calor chegaram a 1,4 °C e no caso da ilha fria a 0,7 °C, com amplitude de 2,1 °C, sendo que a referência é o Uvaranas/UEPG.

Gráfico 74 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 31 de julho de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.

A evolução da temperatura, nos pontos, ao longo do transecto EF – Norte-Sul na terça-feira 31 resultou em gráfico muito semelhante ao de outros dias, particularmente com relação ao desenho formado pelas linhas.

As 9h formou-se uma ilha de calor com destaque, a do Jardim Europa e duas ilhas frias de maior intensidade, a do Jardim Carvalho e a do 26 de Outubro. O desenho formado pela linha da temperatura indica uma tendência de crescente da variável, de norte para sul ao longo do transecto.

No gráfico das 10h se repete o que foi visto às 9h com pequena alteração de intensidade.

No entanto no gráfico das 11h ocorrem grandes alterações, as quais alteram consideravelmente o desenho do gráfico, apesar de ser mínima a diferença de valor entre os

pontos. O 26 de Outubro é o grande destaque, como ilha fria de maior intensidade, sem haver uma ilha de calor que se sobressaia.

Já as 11h a situação começa a voltar a certa normalidade, com a ilha de calor do Jardim Europa voltando a se destacar, além da ilha fria do 26 de Outubro (Gráfico 75).

Para alguns pontos a intensidade máxima foi registrada pela manhã. No geral a intensidade máxima para o período da manhã foi de 1,2 °C para a ilha de calor e de 1,8 °C para a ilha fria, com amplitude de 3 °C.

Gráfico 75 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 31 de julho de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.

Ao começar o período da tarde, além do Jardim Europa, outros pontos se destacaram como ilha de calor, como no caso do Ana Rita, Palmeirinha e Olarias. Neste horário das 13h não houve ilha fria.

Mas as 14h se tem 2 ilhas de calor a do Ana Rita e a do Jardim Europa. Porém volta a se sobressair a ilha fria do Jardim Carvalho.

Quando as temperaturas começam a cair, as 3 ilha de calor se aproximam enquanto intensidade fazendo com que a linha da temperatura resulte em um desenho quase horizontal.

As 15h o desenho no gráfico contraria a tendência que dominou em todos os dias do trabalho de campo de dos meses de julho e agosto de 2007 para o transecto EF, na medida em que a linha sugere uma evolução decrescente de Norte para Sul, mantendo praticamente as mesmas ilhas de calor e fria.

Porém já no gráfico seguinte, o das 17h, a situação volta ao normal e há tendência dominante, da temperatura crescente de Norte para Sul ao longo do transecto. As ilhas de calor neste momento são as mesmas dos horários anteriores, mas não há a formação de ilha fria (Gráfico 76).

A amplitude máxima foi de $3,9^{\circ}\text{C}$, sendo que no caso da ilha de calor a intensidade máxima chegou a $2,8^{\circ}\text{C}$ e para a ilha fria $1,1^{\circ}\text{C}$.

Gráfico 76 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 31 de julho de 2007, no transecto EF – Norte-Sul.

Com o registro das 18h e seu gráfico foi possível identificar mudanças significativas em relação ao que se observara durante todo dia, pois pela primeira vez a periferia a extremidade Norte do transecto apresentava a formação de uma ilha fria, com o Jardim Carvalho e Europa se destacando enquanto ilha de Calor.

As 19h o Jardim Carvalho, pela primeira vez no dia, chegou a se destacar com ilha de calor.

Nos gráficos das 20h e 21h o comportamento da temperatura é uma repetição do que ocorreu na maior parte do dia, porém com menor intensidade, pois as temperaturas estavam mais baixas. Como destaque dos horários, a ausência de dados de umidade para o Jardim Carvalho, consequência dos elevados valores, os quais o instrumento não registrou (Gráfico 77).

No geral a umidade relativa evoluiu conforme evoluiu a temperatura, respeitada a relação que possuem. O Ana Rita sempre como ilha úmida e o Jardim Europa como ilha seca.

Quanto à intensidade, a máxima no caso da ilha de calor foi de 2,8 °C e da ilha fria de 0,7 °C, com amplitude de 3,5 °C.

Gráfico 77 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 31 de julho de 2007, no transecto EF – Norte-Sul.

Os resultados da interpolação serão apresentados e analisados a seguir, para complementar as análises realizadas com base nos gráficos por transectos.

A interpolação dos dados das 9h apresenta duas áreas com temperaturas mais elevadas, no extremo Noroeste depois do Santa Luzia e ao Sul do centro, entorno do Jardim Europa, até próximo ao Distrito Industrial, sempre para Oeste, além da ilha de calor no Ana Rita, encravada numa região mais fria. Ocorrem também, duas áreas com temperaturas mais baixas, a Norte e Oeste do centro e no extremo Sul entorno e depois do Distrito Industrial. Duas ilhas fria se formaram no Jardim Carvalho, no Boa Vista e Hilgemberg.

As 10h surge um desenho de ilha fria envolvendo vários pontos, sendo os principais o Boa Vista e o Hilgemberg. A ilha de calor do Ana Rita se mantém. A divisão das grandes áreas, umas mais quentes e outras mais frias, permanece.

A partir das 11h a divisão das áreas apresenta uma mudança, pois já não é mais Norte e Sul, mas Oeste e Leste, com a primeira mais quente e a segunda mais fria. Neste mapa são 2 ilhas frias a do Boa Vista e outras e a do Praça B R Branco/in e outras.

No mapa das 12h a divisão se altera novamente e o que se observa são faixas no sentido Norte/Sul, a Oeste e Leste do centro, com áreas mais aquecidas, com o princípio de formação de uma ilha de calor no Jardim Europa, ficando as áreas frias restritas no extremo Leste, onde se formou uma ilha fria no Uvaranas/UEPG e a Norte do centro, incluindo parte deste, com duas ilhas frias no Boa Vista e no Praça B R Branco/in. Esta área fria apresenta um gradiente forte por estar cercada por áreas mais quentes, com diferença de temperatura aumentando.

As ilhas tiveram intensidades que variaram de fraca a moderada, com valores que chegaram a 1,2 °C no caso da ilha de calor e a 2,9 °C no caso das ilhas frias. A amplitude foi de 4,1 °C.

Figura 89 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

O mapa das 13h é semelhante ao anterior, porém com uma diferença, a formação de uma ilha de calor no Jardim Europa.

Já no mapa das 14h a ilha de calor do Jardim Europa se desfaz, surgindo a ilha de calor do Ana Rita e outra no centro, no XV de Novembro, e uma ilha fria no Uvaranas/B Jesus. A ilha fria do Boa Vista, também se desfez para ser incorporada por uma ilha fria maior.

A partir das 15h deixa de existir a delimitação das grandes áreas e a configuração muda consideravelmente, com a formação de uma ilha de calor no Jardim Europa e uma ampla ilha fria compreendendo parte do centro e a maioria dos pontos a Leste e Oeste do centro.

Com o resfriamento, às 16h são poucas as isolinhas, porém é nítida a formação da ilha de calor do Jardim Europa e as ilhas frias do Uvaranas/Barbosa com o Ana Rita e do Praça B R Branco/in com vários outros pontos, do centro para noroeste (Figura 90).

Já no mapa das 17h a formação das ilhas associadas com a divisão das grandes áreas entre mais aquecidas e mais frias volta a acontecer. A divisão que aparece neste mapa mistura um pouco das duas divisões que foi vista anteriormente, ou seja, existem áreas aquecidas no extremo Norte, a Oeste e Sul do centro. Formaram-se duas ilhas de calor: a do Jardim Europa e a do Ana Rita. Já as ilhas frias são resultantes de transformações que ocorreram com o que existia no mapa anterior, isto é, apenas um rearranjo, sendo que envolvem vários pontos, inclusive os do centro, além da ilha fria isolada do Palmeirinha (Figura 91).

A intensidade da ilha de calor foi de 3,2 °C e da ilha fria de 2,1 °C, com uma amplitude de 5,3 °C. As ilhas foram de intensidade fraca a moderada.

Figura 90 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

Figura 91 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17 h na área urbana de Ponta Grossa.

A divisão de grandes áreas que voltou no mapa anterior, se repete no mapa das 18h, com a formação de uma ilha de calor no centro, no XV de Novembro e duas ilhas frias, uma no Boa Vista e outra no Arroio do Padre.

A área mais aquecida aparece a oeste do centro e do Jardim Europa. No restante da área urbana vai predominar temperaturas mais baixas.

As 19h o que se tem é a formação de uma ilha de calor ligando o centro, XV de Novembro, ao Ana Rita. As áreas mais aquecidas ficam para Oeste.

Não se observa a formação de ilhas no mapa das 20h, mas uma divisão muito nítida feita pela isoterma de 10,7 °C que cruza a área urbana em diagonal de Noroeste para Sudeste, separando áreas mais frias para Nordeste da linha e áreas mais quentes para Sudoeste, incluindo o centro da cidade.

As 21h a isoterma que dividia a área urbana some, mas continua a haver uma divisão entre áreas mais quente e áreas mais frias, porém com uma pequena ilha fria no entorno do Arroio do Padre (Figura 92).

No que diz respeito à intensidade, esta esteve entre fraca e moderada, com valores que chegaram a 1,8 °C no caso da ilha de calor e a 1,1 °C no da ilha fria, com amplitude de 2,9 °C.

Figura 92 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

✓ **dia 01 de agosto de 2007**

A quarta-feira dia 01 de agosto de 2007, último dia do trabalho de campo dos meses de julho e agosto de 2007, começou com temperatura mais elevada do que nos dias anteriores, o que culminou com o dia mais quente de todos.

O dia começou com muitas nuvens para alguns pontos, mas no decorrer do dia as mesmas foram diminuindo até chegar a noite sem nuvens. A etapa dos meses de julho e agosto de 2007 foi um período de ventos mais fortes do que no verão. A formação de nuvens foi favorecida pelo ingresso de umidade de jatos de altos níveis e jatos de nível médio entre 4 e 6 mil metros. A frente fria se encontrava na altura do Uruguai, mais para o Oceano (SIMEPAR, 2007).

As 3 imagens a seguir servem para ilustrar as condições climáticas regionais que dominaram o tempo, de forma especial, em Ponta Grossa. Duas frentes, uma ao Sul da Argentina e outra sobre parte da Argentina e Uruguai, mas com sua maior parte sobre o oceano, influenciavam o clima no Sul do Brasil, onde é possível perceber a nebulosidade presente (Figura 93).

Na segunda imagem se observa que a frente sobre o Uruguai já avançou mais para o oceano, pois foi bloqueada pelo sistema de alta pressão que se encontrava sobre o mar na altura do litoral das regiões Sul e Sudeste (Figura 94).

A última imagem é do período noturno e mostra o avanço das frentes, com destaque para o aumento da nebulosidade sobre as regiões Sul e Sudeste, porém não se refletiu em Ponta Grossa, que teve um período noturno sem nuvens (Figura 95).

Figura 93 – Imagem *GOES 10*, canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 01/08/2007, 12h GMT.

Fonte: INPE/CPTEC/DSA.

Figura 94 – Imagem *GOES 10*, canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 01/08/2007, 18h GMT.

Fonte: INPE/CPTEC/DSA.

Figura 95 – Imagem *GOES 10*, canal – 4 IR, da America do Sul, do dia 01/08/2007, 23h45 GMT.

Fonte: INPE/CPTEC/DSA.

A carta sinótica ou de pressão ao nível do mar mostra que o Anticiclone do Atlântico, centro de alta pressão, se encontra um pouco mais afastado do litoral da região Sul e Sudeste.

O sistema de alta pressão bloqueou o avanço da frente fria que se encontrava na altura do litoral do Uruguai e fez com que ela fosse para o oceano.

Outro sistema, agora de baixa pressão, passou a atuar sobre o Paraná. Trata-se de uma massa de ar quente tropical que avançou para o Sul, pelo Paraguai e Mato Grosso do Sul, e passou a exercer grande influência sobre o clima do Paraná, o que justifica em partes as elevadas temperaturas da quarta-feira em Ponta Grossa.

Figura 96 - Carta Sinótica ou de Pressão ao Nível do Mar do dia 01/08/2007 às 12h GMT.
 Fonte: Marinha (2007).

Com base nos dados de campo e nos gráficos de temperatura e umidade relativa, faz-se uma análise do comportamento das duas variáveis ao longo do dia 01 de agosto de 2007 (Gráfico 78 e 79).

O último dia do trabalho de campo dos meses de julho e agosto de 2007 confirmou a tendência de elevação da temperatura no período, fato que ficou evidenciado logo na primeira medição da manhã, quando se registrou temperaturas em média 3,8 °C mais elevadas do que as do dia anterior e 7,7 °C em relação ao primeiro dia de campo, no início da etapa.

A nebulosidade variou durante todo o dia, o que permitiu um tempo ensolarado desde o primeiro registro às 9h até as 17h, pois havia poucas nuvens para a maioria dos pontos. No final da tarde as nuvens se dissiparam e a noite não se registrou a presença de nuvens. Estas condições favoreceram a elevação das temperaturas.

Os ventos tiveram comportamento diferenciado em relação aos dias anteriores, pois na maioria dos pontos o período da manhã foi de ventos muito fracos e em alguns casos praticamente não ocorreram. À noite, em muitos pontos, não foi possível identificar a direção do vento, pois o mesmo se tornara imperceptível ou estava muito fraco.

A direção predominante dos ventos foi E, seguida de ventos de NE e SE, em 60% dos pontos e nos 40% restantes os ventos predominantes em cada ponto diferenciou-se de um lugar para outro, tendo sido registrado ventos predominantes de W, NW, S e N.

Nos 3 pontos onde houve o monitoramento da velocidade do vento, estes variaram de 0 a 16,1Km/h, da seguinte forma: no Boa Vista os ventos foram de 0 a 9,7km/h, no Praça B R Branco de 0 a 8,4 km/h e no Distrito Industrial de 0 a 16,1km/h.

Foi um dia em que para a maioria dos pontos o período da manhã, fim da tarde e da noite, foi sem a presença de nuvens, que só apareceram em pequena quantidade no período da tarde.

A velocidade dos ventos, registrada no Distrito Industrial, no Praça B R Branco/ex e no Boa Vista, serviu para mostrar que no Distrito Industrial, região aberta, na periferia, no sul da cidade foi o que apresentou as maiores velocidades, que atingiram o máximo no meio da tarde, quando foi registrado vento fraco, segundo a Escala Beaufort, de 16km/h.

Já no ponto Praça B R Branco/ex, uma das áreas de maior altitude, porém em meio a prédios e ao lado de uma praça arborizada, os ventos máximos foram de 8,4km/h no início da tarde e de 6,42km/h às 21h.

No Boa Vista, na periferia norte da cidade, em uma região de ruas largas, de ocupação residencial e em uma vertente de exposição W, os ventos mais fortes foram observados no período da manhã, quando foram registrados ventos de 9,72km/h.

Tanto no Boa Vista como no Distrito Industrial, no período da noite, não houve registro de vento. No centro, os momentos sem vento ocorreram apenas em um horário do meio da manhã e outro no final da tarde.

No início das medições, às 9h, a temperatura registrada em cada um dos pontos, representou a mínima do dia, para o período de coleta de dados. As temperaturas variaram de 15,4 °C no XV de Novembro a 10,8 °C no Hilgemberg. A amplitude foi de 4,6 °C o que demonstra a diferença de temperatura entre o centro quente e a periferia fria.

A umidade relativa registrada no mesmo horário foi a máxima do dia para o horário de medição, para 17 dos 20 pontos, sendo que em 2 deles a umidade relativa da manhã se repetiu no último horário de registro da noite. A umidade relativa variou de 68% no XV de Novembro a 89% no Hilgemberg. Estes dados reforçam a relação inversamente proporcional entre as duas variáveis e, também, que o centro esteve mais seco do que a periferia no meio da manhã.

Com relação à temperatura mínima em cada horário de medição, o que ficou evidente foi que do primeiro registro da manhã até o primeiro registro da tarde, o Praça B R

Branco/ex constituiu o ponto mais frio, consequência, principalmente de que o local permanece sob a influência da sombra de um edifício até o início da tarde.

Das 14h até o encerramento das medições às 21h o Arroio do Padre foi o ponto mais frio, por estar durante o período sob influência da sombra da vegetação, do relevo e das construções do entorno do ponto.

A umidade relativa máxima para cada horário de medição permitiu identificar que o ponto Hilgemberg foi o mais úmido no primeiro registro e Praça B R Branco/ex nos 2 horários seguintes, coincidindo com a temperatura mínima, porém, nos horários das 12h e das 13h, o Santa Paula foi o mais úmido, mesmo não tendo sido o mais frio do horário.

A partir das 14h o Arroio do Padre, ponto mais frio, aparece também como o ponto mais úmido, confirmando a relação inversa de temperatura e umidade relativa e também que pouca alteração deve ter ocorrido ao longo do dia com relação às duas variáveis no ponto em questão.

A temperatura máxima do dia para metade dos pontos foi registrada as 15h e para outros 7, as 14h. Porém, para três pontos, em consequência da urbanização, o horário da máxima ocorreu em horário diferente dos demais, sendo que no Arroio do Padre foi as 13h e no Praça B R Branco/ex e XV de Novembro foi as 14h.

No caso da umidade relativa mínima a variação foi grande, com ocorrências concentradas nos horários das 14h, 15h e 16h, porém com registros às 13h e 17h. Para 7 pontos a máxima do dia não coincidiu com a umidade relativa, demonstrando que o comportamento das duas variáveis foi bastante diferente e com grande oscilação.

O comportamento da temperatura máxima para cada horário de medição mostrou que o ponto XV de Novembro foi o mais quente no período da manhã e o Jardim Europa no período da tarde e noite, o mais quente, com raras exceções.

No horário das 13h o Santo Antônio estava mais quente e nos horários das 16h e 17h foi o Ana Rita. No último horário o XV de Novembro e o Jardim Europa registravam a mesma temperatura e eram os mais quentes.

Já no caso da umidade relativa mínima os registros mostram uma distribuição por 5 pontos nos 13 horários de registro, sendo que o XV de Novembro e o Jardim Europa, foram os mais secos. No entanto, o Jardim Carvalho, Praça B R Branco/ex e Santa Paula também tiveram seus horários de ponto mais seco.

Deve-se destacar que em 6 horários de registro os mais quentes não foram os mais secos. No caso dos dois pontos mais quentes e secos, esta condição somente foi coincidente em 6 horários dos 10 que estes pontos registraram as maiores temperaturas e umidade relativa mínima.

A dinâmica urbana no dia 01 de agosto, o último dia do trabalho de campo, foi semelhante a do dia 30 e do dia 31. Segundo os registros, influenciou no comportamento do vento, da temperatura e da umidade relativa, em pelo menos 5 pontos: Jardim Carvalho, XV de Novembro, Jardim Europa, Praça B R Branco/ex e Praça B R Branco/in, em diferentes horários do dia.

Gráfico 78 - Comportamento da temperatura nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 01/08/2007.

Fonte: trabalho de campo realizado de 29/07 a 01/08/2007.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

Gráfico 79 - Comportamento da umidade relativa nos 20 pontos de amostragem ao longo do dia 01/08/2007.

Fonte: trabalho de campo realizado de 29/07 a 01/08/2007.

Organização: CRUZ, Gilson C. F. da.

O dia primeiro de agosto, o último do campo dos meses de julho e agosto de 2007, foi o oposto do primeiro dia, pois foi o mais quente. As temperaturas registradas nos 20 pontos às 9h da manhã estiveram em média 3,2 °C mais elevadas que no dia anterior e com relação ao domingo 29, primeiro dia de campo, a diferença é o dobro e em alguns casos até o triplo, considerando que toda esta variação ocorreu em um período de 4 dias.

O registro da temperatura máxima em cada ponto teve uma variação muito grande em relação ao que havia sido observado nos dias anteriores, associado em alguns poucos casos a nebulosidade, em outros a sombra de construções e da vegetação e em outros em função da ação do vento.

Os horários de registro da máxima variaram desde as 13h até as 16h, sendo que na maior parte dos casos ocorreram às 15h e a máxima do dia foi registrada no ponto XV de Novembro, no centro da cidade, às 14h, quando os termômetros marcavam 26,5 °C.

Para o transecto AB - Norte-Sul o gráfico das 9h mostrou a ilha de calor do centro definida, no XV de Novembro, porém também mostrou que a ilha de calor no Santa Luzia, na

periferia, se apresentava com maior intensidade que a do Jardim Europa. A única ilha fria se formou com 2 pontos, o Hilgemberg e o Santo Antônio.

No entanto, no decorrer da manhã nos gráficos das 10h, 11h e 12h foi o desaparecimento da ilha fria formada no primeiro horário e o surgimento de outra, a do Praça B R Branco/in, esta com maior intensidade.

O Hilgemberg e o Boa Vista passaram a formar uma ilha de calor, ao mesmo tempo em que se observou a perda de intensidade na ilha de calor do Santa Luzia e o aumento na ilha de calor do centro, que o fez se destacar, particularmente no caso do ponto XV de Novembro (Figura 80).

No início da tarde, com o céu com poucas nuvens e as temperaturas se elevando, o gráfico das 13h mostra a formação da ilha de calor no centro, com as periferias mais frias, porém com a presença da ilha fria do Praça B R Branco em destaque.

Na sequência dos registros do período da tarde a situação oscilou bastante, com a ilha de calor assumindo diferentes formas e com picos em diferentes pontos da cidade, em função da variação da intensidade, mas sempre com destaque no centro.

As 14h e 15h a elevação das temperaturas na parte Norte do transecto foi menor do que na parte Sul e isto levou a se sobressair a ilha de calor do centro, XV de novembro e do Jardim Europa, nos dois horários. A umidade seguiu sempre inversamente proporcional a temperatura, com exceção para o horário das 15h no Hilgemberg e Boa Vista, onde deveria estar mais seco e estava mais úmido.

O gráfico das 16h é praticamente uma repetição do gráfico das 13h, porém com as temperaturas mais elevadas.

As 17h com as temperaturas já em declínio, a intensidade da ilha de calor diminui no Jardim Europa e Olarias, principalmente, e aumenta na ilha fria do Praça B R Branco/in, ao mesmo tempo em que surge uma ilha fria no Hibemberg e Boa Vista.

A ilha seca no Jardim Europa chegou perto de 40% de umidade relativa, a mais baixa do dia.

A intensidade da ilha de calor chegou a 2,8 °C e da ilha fria a 2,1 °C, resultando numa amplitude de 4,9 °C.

Gráfico 81 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 01 de agosto de 2007, no transecto AB – Norte-Sul.

Já os registros da noite foram deixando evidente uma tendência, a de uma temperatura mais elevada na parte sul do transecto com uma trajetória decrescente até a extremidade norte. No gráfico das 18h 3 ilhas de calor se sobressaem: a do Jardim Europa, a do Santo Antônio e a do XV de Novembro, no centro.

Nos gráficos das 19h, 20h e 21h fica fácil perceber a ilha de calor no centro em contraste com as temperaturas mais baixas da periferia, com pequenas variações. Um aspecto importante a destacar é para o formação de uma ilha fria na extremidade Norte, no Santa Luzia (Gráfico 82).

A amplitude de intensidade foi de 3,8 °C, sendo que a ilha de calor chegou a 2,7 °C e a ilha fria a 1,1 °C, calculada em relação ao Distrito Industrial.

Os gráficos produzidos com base nos dados do transecto CD – Oeste-Leste – demonstram, de forma muito clara no período da manhã, a formação de uma ilha de calor no centro da cidade, com pico no ponto XV de Novembro, com destaque para a ilha fria do 26 de Outubro, por sua intensidade.

A partir das 10h tem-se uma situação que aponta para uma ilha de calor no centro com o pico no XV de Novembro. Ao mesmo tempo no Praça B R Branco/ex e Praça B R Branco/in se destaca uma ilha fria, sem esquecer que se trata de uma praça arborizada e com construções de diferentes alturas a sua volta. A umidade relativa acompanha a evolução da temperatura.

As 11h e 12h o que foi constatado às 10h pouco se altera, pois os gráficos mostram um desenho semelhante, apenas confirmando as variações normais de elevação da temperatura e diminuição da umidade relativa, com pequena variação na intensidade das ilhas. Um detalhe é que às 12h o Santa Paula se transforma em ilha fria, algo que não havia ocorrido em nenhum outro momento, reforçando a formação da ilha de calor no centro, até porque no Uvaranas/UEPG, ponto referência do transecto, as temperaturas, também, estavam baixas.

Com relação à umidade relativa é importante destacar que na medida em que se confirmava a ilha de calor no centro, este também se transformava em uma forte ilha seca.

A intensidade da ilha de calor foi de 3,4 °C e a da ilha fria de 3,2 °C, variando de fraca a moderada, com amplitude máxima de 6,6 °C.

Gráfico 83 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 01 de agosto de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.

Os registros após as 12h mostram que as diferenças observadas pela manhã se acentuam durante a tarde, porém sem que ocorram mudanças significativas com relação a condição de ilha de calor ou fria, mas sempre com destaque a ilha de calor no centro.

Apenas um ponto apresentou uma mudança drástica, o ponto Arroio do Padre, que entre 13h e 14h passa de ilha de calor para ilha fria, consequência do fato de que a partir deste horário, os raios solares deixaram de incidir sobre o local, por conta da projeção da sombra da vegetação e construções existentes no entorno, e por se tratar da estação de inverno, a perda de temperatura foi muito rápida, agravada pela ação do vento no local.

As áreas entre o centro e a periferia, tanto a Oeste como a Leste, teve um aquecimento maior, particularmente a partir das 15h, em função da urbanização, que através

da impermeabilização do solo e dos diferentes materiais utilizados nas construções, alteram o balanço de radiação e interferem na direção e velocidade do vento.

Favoreceu também nesta tarde a baixa nebulosidade e posição dos pontos no que diz respeito à exposição das vertentes. Tudo isto fez com que exatamente nos pontos com elevação de temperatura neste transecto, tenham sido os que atingiram a máxima mais tarde, ou seja até as 16h.

Com a umidade o comportamento foi semelhante ao observado pela manhã, sempre mantendo a relação com a temperatura. A destacar a formação da ilha úmida no Arroio do Padre e no Praça B R Branco/in, o que está diretamente relacionado com a presença de vegetação nos dois pontos, que associado a outros fatores possibilitou o aumento de umidade de forma especial.

No final da tarde a situação já se apresentava mais homogênea, apenas com o Arroio do Padre como ilha fria e todos os demais como parte de duas ilhas de calor, sendo a maior aquela que se estendeu do centro até a periferia Leste da área urbana.

Gráfico 84 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 01 de agosto de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.

A situação encontrada no fim de tarde se consolidou a noite com uma ilha de calor no centro da cidade de Ponta Grossa, que ficou mais perceptível nos gráficos.

Nos gráficos das medições das 20h e 21h se observa o aumento de intensidade das ilhas. A destacar que a temperatura tem redução maior na porção Leste da área urbana, fato este que destaca ainda mais a ilha de calor no centro.

Com relação à intensidade, foram as maiores para o período noturno nos 4 dias de campo dos meses de julho e agosto de 2007, com a ilha de calor atingindo a intensidade máxima de $2,9^{\circ}\text{C}$ e a ilha fria $3,7^{\circ}\text{C}$ o que significa uma amplitude máxima de $6,6^{\circ}\text{C}$.

Gráfico 85 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 01 de agosto de 2007, no transecto CD – Oeste - Leste.

As medições realizadas nos pontos que compõem o transecto EF – Norte-Sul no último dia de campo dos meses de julho e agosto de 2007 serviram para confirmar a formação de ilhas de calor e ilhas frias em áreas entre o centro e a periferia.

No registro das 9h, as ilhas de calor no Jardim Carvalho e no Jardim Europa, em áreas intermediárias, do transecto EF, tiveram maior destaque em função da ilha fria no Palmeirinha, extremo norte do transecto, das temperaturas baixas no Distrito Industrial, no extremo Sul, ambos na periferia da área urbana e da ilha fria do 26 de Outubro.

A partir das 10h a intensidade das ilhas diminui deixando de existir a ilha fria o 26 de Outubro. No Palmeirinha surge uma ilha de calor e no Ana Rita uma ilha fria, ambas com baixa intensidade.

As 11h as duas ilhas de calor que se destacam é a do Palmeirinha e a do Olarias. O desenho confirma uma tendência que começou no gráfico das 10h, de uma distribuição decrescente da temperatura do Palmeirinha, ao Norte, até o Distrito Industrial no Sul.

No gráfico das 12h a temperatura tem um aumento maior no Jardim Carvalho, em relação aos demais pontos e nele se forma uma ilha de calor. A distribuição decrescente de Norte para Sul fica mais evidente.

Gráfico 86 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da manhã do dia 01 de agosto de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.

Nos registros da tarde, novas variações ocorrem e o desenho que se observa nos gráficos se assemelha ao que havia sido registrado nos dias anteriores. As mudanças começam logo no gráfico das 13h, onde há uma ilha de calor no Ana Rita e outra no Jardim Europa, com ilha fria no 26 de Outubro e Uvaranas/Barbosa.

As 14h as mudanças aumentam com 3 ilhas de calor se destacando no Jardim Europa, Ana Rita e Palmeirinha. Pela primeira vez se forma uma ilha seca no Ana Rita.

Gráfico 87 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da tarde do dia 01 de agosto de 2007, no transecto EF – Norte-Sul.

Os gráficos das 15h, 16h e 17h se parecem na forma que assumem as linhas, porém com algumas diferenças quanto as ilhas, pois as ilhas de calor são as mesmas das 14h, mas o fato novo é o surgimento de ilhas frias, até porque a temperatura já estava em declínio. Formam-se ilha fria no Jardim Carvalho, que tem sua intensidade aumentada no gráfico das 17h, e Uvaranas/Barbosa e 26 de Outubro (Gráfico 87).

No gráfico das 18h mudanças continuaram a ocorrer, como um indicativo do que ocorreria, nos com os outros gráficos da noite. Duas inversões são observadas, pois o ponto Ana Rita passou de ilha de calor na medição das 17h para ilha fria às 18h e os pontos Uvaranas/Barbosa e 26 de Outubro de ilha fria para ilha de calor, consequência das características de cada um dos pontos, da forma como ocorreu o declínio da temperatura em cada e de como ocorreram as trocas de radiação de onda curta e de onda longa.

As 19h a ilha de calor do Jardim Europa se destaca pela maior intensidade, mas ela ocorre também no Jardim Carvalho e no Barbosa/Uvaranas. A ilha fria do Ana Rita se intensifica.

As 20h a situação é semelhante ao que se observou as 19h, mas com uma diferença significativa que é o fato do Palmeirinha apresentar uma queda mais acentuada da temperatura constituindo a ilha fria de maior intensidade.

Já às 21h duas ilhas de calor podem ser observadas no Jardim Europa e Jardim Carvalho. O Ana Rita volta a dominar como ilha fria.

A umidade relativa teve uma evolução muito próxima do que deveria ocorrer, sendo que no Jardim Europa, sempre se formou uma ilha seca, o que é normal por ter sido sempre a principal ilha de calor.

Gráfico 88 - Comportamento da temperatura e da umidade relativa no período da noite do dia 01 de agosto de 2007, no transecto EF – Norte - Sul.

Os resultados da interpolação dos dados de temperatura dos 20 pontos de amostragem serão analisados e apresentados a seguir, mais uma vez com o intuito de complementar o estudo da dinâmica do clima urbano de Ponta Grossa. O intervalo entre as isotermas é de 0,5 °C.

No mapa das 9h aparecem uma ilha de calor no centro, no XV de Novembro e outra no Jardim Europa, e uma ilha fria no Hilgemberg e outra no 26 de Outubro, a qual abrange parte do centro. O gráfico indica áreas mais frias entorno do centro e no extremo Sul e áreas mais quente no extremo Norte e do centro até o Jardim Europa.

As 10h a situação fica bem definida, com uma ilha de calor do centro para o Sul, a partir do XV de Novembro e uma ilha fria do centro para o Norte, começando no Praça B R Branco/in e Praça B R Branco/ex. Uma ilha fria isolada aparece no Uvaranas/Barbosa. As áreas mais quentes se expandiram, pressionando as áreas mais frias.

As 12h se forma uma ilha de calor no Jardim Carvalho, além da que já existia no centro, a partir do XV de Novembro para o Sul e entre as duas há uma ilha fria formada entorno do Praça B R Branco/in e Praça B R Branco/ex, com um pequeno desenvolvimento para Norte. Neste momento as áreas com temperaturas mais altas já dominam a área urbana, principalmente, próximo ao centro (Figura 97).

Com relação à intensidade variou de fraca a moderada. No caso da ilha de calor, a intensidade máxima chegou a 3,8 °C e da ilha fria 3,2 °C, com amplitude máxima de 7 °C.

Figura 97 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 9 h e 10 h (parte superior), 11 h e 12 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

No período da tarde algumas mudanças ocorreram e aparecem logo no mapa das 13h, onde desaparece a ilha de calor que esteve presente durante toda a manhã, no centro, entorno do XV de Novembro. No entanto surge uma nova ilha de calor no Jardim Europa. Em 2 pontos a um princípio de ilha de calor, no Santo Antônio e próximo ao Ana Rita. A ilha fria formada do centro para o Norte se expande agora para Leste, sendo o Praça B R Branco/in e Praça B R Branco/ex seu ponto de origem.

As 14h a ilha de calor do centro volta a se formar, agora compreendendo, também, a região de entorno do Olarias e Jardim Europa. Outras duas ilhas de calor surgiram, com origem no Palmeirinha e no Ana Rita. A ilha fria do centro perdeu área e intensidade (Figura 98).

No mapa das 17h o domínio é de uma ilha fria no Arroio do Padre, que se desenvolve com grande intensidade envolvendo todos os pontos do centro e a Oeste do mesmo. Trata-se de um ponto cuja localização deixou de receber a insolação direta desde as 13h, o que contribuiu para a queda da temperatura, despencando as 17h num momento em que não foi registrado vento no local (Figura 99).

Figura 98 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 13 h e 14 h (parte superior), 15 h, 16 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

Figura 99 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 17h na área urbana de Ponta Grossa.

No mapa das 18h, início da noite, formam-se pequenas ilhas frias no Boa Vista, Jardim Carvalho e Olarias. Mas o destaque continua sendo a ilha fria que ainda abrange grande parte do centro, com origem no Arroio do Padre.

As 19h formam-se 4 ilhas de calor no Jardim Europa, Ana Rita, Jardim Carvalho e a mais importante, no centro, com origem no XV de Novembro, envolvendo também o Praça B R Branco/in e Praça B R Branco/ex, os quais com temperaturas tão altas, saíram da área de influencia da forte ilha fria do Arroio do Padre, que continua atuando na região.

No mapa das 20h se percebe o aumento na intensidade das ilhas de calor que já estavam formadas no horário das 19h, além da formação de uma nova ilha de calor no Hilgemberg. Neste mapa se observa a diminuição de intensidade da ilha fria do Arroio do Padre, que vinha dominando desde o final da tarde.

No último mapa do dia, o das 21h ocorre uma intensificação das ilhas de calor, principalmente daquela formada no centro, com origem no XV de Novembro. A ilha de calor do Hilgemberg se desfez, porém a disposição das isothermas demonstra que continua como uma área aquecida em relação ao seu entorno. No Arroio do Padre as condições não se alteraram desde as 20h (Figura 100).

No extremo Sul da área urbana se identifica uma região de temperaturas mais baixas.

A amplitude de intensidade entre a ilha de calor e a ilha fria atingiu 8,7 °C, sendo que a intensidade máxima da ilha de calor foi de 4,7 °C e da ilha fria 4,0 °C. As ilhas variaram de intensidade fraca a moderada

Figura 100 – Tipologia das anomalias térmicas encontradas às 18 h e 19 h (parte superior), 20 h e 21 h (parte inferior) na área urbana de Ponta Grossa.

7 - O CLIMA URBANO E A ILHA DE CALOR DA CIDADE DE PONTA GROSSA.

A Geografia em muitos momentos se utiliza de ferramentas de outras áreas do conhecimento e no caso da regressão linear múltipla, este recurso veio da estatística.

Regressão linear múltipla é um método ou técnica utilizado para se estimar ou prever a condicional de uma variável, chamada de variável dependente, que no caso desta pesquisa trata-se da temperatura, utilizando valores de algumas outras variáveis, chamadas de variáveis independentes, que no presente estudo se trata da altitude, exposição de vertentes, *NDVI*, *SVF* e uso da terra.

Para aplicar a técnica da Regressão Linear Múltipla, inicialmente testaram-se cada uma das variáveis independentes com o objetivo de determinar a linha de tendência e o valor do r^2 , para uma comparação e análise da importância das variáveis individualmente, na relação com a variável dependente.

O procedimento foi feito com a utilização do *Excel*, inicialmente com os dados normais e posteriormente com os dados ao quadrado, ao cubo, logaritmo. Porém, para todos os dados os melhores resultados foram obtidos com os dados normais.

Na sequência começaram os testes com todas as variáveis

- para as médias diárias dos dados do mês de dezembro de 2006 e dos meses de julho e agosto de 2007;
- para as médias dos quatro dias do mês de dezembro de 2006 e dos meses de julho e agosto de 2007;
- para a média diária dos quatro dias, em uma sequência vertical, distribuídos em uma mesma planilha;
- para a média diária de um período mais homogêneo para cada uma das estações;
- para a média diária dos dados da manhã, da tarde e da noite, separadamente;

- para os dados das 9 h, 15 h e 21 h, diário e da média dos quatro dias em cada uma das estações, em cada um dos 3 horários;

- para todos os dados, fixando uma das variáveis independentes, pela sua média e variando as demais.

Após o teste com todas as variáveis, partiu-se para testes com redução das variáveis independentes, retirando uma a uma e acrescentando outra até chegar a ficar com apenas 4 variáveis. Neste momento, também, foram feitos cálculos com diferentes combinações das variáveis independentes.

Com a sistematização dos dados de temperatura e a obtenção das médias diárias, médias para os dados dos 4 dias do mês de dezembro de 2006 e dos meses de julho e agosto de 2007, média dos dados de temperatura para os horários com maior homogeneidade para inserção na regressão, partiu-se para a preparação dos dados das variáveis independentes:

- Os dados de altitude obtidos através de *GPS – Garmim etrex lergend* durante o trabalho de campo e corrigidos em tela com a utilização de mapas, imagens e cartas digitais, foram depois sistematizados e colocados em uma planilha do *Excel*.

- Foi determinada a altitude média de 4 pontos a 250 m de cada um dos 20 pontos, a norte, sul, leste e oeste.

- Foi obtida a diferença entre a altitude e a altitude média.

- Para obter os dados de *NDVI*, foi processada uma imagem *IKONOS*, no software *IDRISI* e a partir da imagem do *NDVI*, para toda a área urbana, foi extraído os dados de *NDVI* para cada um dos 20 pontos.

- Também foi determinado o *NDVI* médio para áreas em torno dos pontos com quadrados com lados de 250m e 100m.

- As fotografias tiradas com a lente olho de peixe foram inseridas no software *RayMan* onde se obteve o fator de visão do céu para cada um dos 20 pontos

➤ Através da imagem *IKONOS*, foram gerados mapa de uso da terra, para áreas quadradas, de 250m em torno de cada um dos 20 pontos, sendo que foi gerado, também, um mapa de uso da terra para toda a área urbana para fins de produção do mapa síntese final.

➤ Utilizando uma imagem *SRTM*, foi gerado uma arquivo *tin*, que serviu para gerar um mapa de exposição de vertentes, com a utilização do software *ArcGis*, através da qual se determinou a exposição de vertente para cada um dos 20 pontos. Por se tratar de uma variável binária, foi gerado um segundo mapa em que a exposição norte recebeu valor 1 e as demais exposições o valor 0, pois a exposição Norte foi a que melhor resposta apresentou na definição do modelo.

Os cálculos foram feitos em dois programas, no *Excel* e no *Statistica*, pois no primeiro, conseguem-se todos os dados a serem utilizados posteriormente para gerar a temperatura estimada e, também, o mapa síntese e o segundo possibilita identificar o grau de relação entre as variáveis, determinando quais as variáveis possuem relações mais representativas dentro do modelo da regressão.

Com todos os dados testados e organizados aplicou-se a Regressão Linear Múltipla e de posse dos resultados de todos os cálculos, o melhor modelo de Regressão Linear Múltipla para estimar a temperatura para a área urbana de Ponta Grossa foi aquele em que a melhor relação se deu entre a variável independente, temperatura, e as variáveis dependentes, altitude, *NDVI* e exposição de vertentes para o mês de dezembro de 2006.

Depois de sistematizado e preparado os dados referentes a área de estudo do Doutorado, que corresponde a área urbana de Ponta Grossa, Paraná, Brasil, foram feitos vários testes, no sentido de encontrar o melhor modelo para predição das temperaturas para toda a área urbana de Ponta Grossa, para os dois períodos do trabalho de campo para a Tese de Doutorado.

O modelo base da regressão é:

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k$$

A partir deste modelo realizou-se uma série de cálculos para definir o melhor modelo para estimar a temperatura para a área urbana de Ponta Grossa, utilizando os dados de temperatura dos dois trabalhos de campo, dezembro de 2006 e julho/agosto de 2007.

As regressões foram feitas utilizando-se o *software Excel* e o *Statistica*, sendo que inicialmente trabalhou-se com todos os dados, Altitude, fator de visão do céu, *NDVI*, *NDVI* médio 250m, *NDVI* médio 100m, Uso do Solo, Exposição de Vertentes, Altitude Média e Diferença entre Altitude e Altitude Média.

Testaram-se os dados com a formação de diferentes conjuntos, até chegar ao modelo de melhor resultado para os valores médios da temperatura dos 4 dias de trabalho de campo do mês de dezembro de 2006, sendo que as variáveis independentes que se mostraram significantes como preditivas foram: a Altitude, o *NDVI*, a Exposição de Vertentes e uso da terra – área construída. Sendo que a vertente norte foi a que melhor se encaixou como variável explicativa dos dados de temperatura, particularmente, para os registros de dezembro/2006.

O modelo na sua forma de equação ficou assim definido:

$$\hat{y} = 36,60474 - 0,01485x_1 - 2,28713x_2 + 0,832867x_3 + 0,011843x_4 \quad (5)$$

Onde:

$x_1 \rightarrow$ altitude;

$x_2 \rightarrow$ *NDVI*;

$x_3 \rightarrow$ exposição de vertente;

$x_4 \rightarrow$ uso da terra – área construída.

A partir daí foram gerados dois mapas síntese utilizando o modelo da regressão para dezembro/2006, nos quais se conseguiu extrapolar as temperaturas estimadas para toda a área urbana de Ponta Grossa.

O modelo foi introduzido na *Raster Calculator* uma ferramenta do *ArcGis* que permite realizar cálculos utilizando imagens no formato *Raster*. Na calculadora os valores obtidos na regressão feita no *Excel*, para a interseção e os valores de beta, multiplicadores da Altitude, do *NDVI* e de Exposição de Vertentes, sendo que como este entrou como variável binária, atribuiu-se 1 para as vertentes de exposição Norte e 0 para as demais.

Rodando o modelo, foi obtido o mapa da temperatura estimada para dezembro/2006, no qual é possível perceber a importância de cada uma das variáveis independentes (Figura 101).

Na etapa de dezembro/2006 do trabalho de campos as temperaturas registradas, calculado a média em cada ponto para os 4 dias, apresentou variação entre 22,7 °C e 25,7 °C, o que resultou em uma amplitude de 3 °C, já a variação entre as médias estimadas ficou entre 22,1 °C e 27,6 °C, com uma amplitude de 5,5 °C.

No mapa é possível identificar a importância das três variáveis independentes, na medida em que na combinação das três, sempre que uma ou duas prevalecem, o resultado se sobressai, como no caso das áreas mais elevadas e com vegetação, com tendência para uma temperatura um pouco mais baixa, assim como no caso das áreas mais baixas, com vertente norte e ausência da vegetação pelo processo de urbanização, tendem a apresentar temperatura mais elevadas.

No entanto existem áreas em que a força de uma das variáveis é tão forte, que mesmo sozinha, é capaz de determinar as temperaturas mais baixas ou altas, como no caso das vertentes norte, assim como no caso das áreas de menor altitude com temperaturas mais elevadas e no caso das áreas de maior altitude com temperaturas mais baixas.

Com o intuito de fazer uma demonstração mais clara de como o desenho urbano interfere no comportamento da temperatura nas áreas urbanas, partiu-se para uma situação hipotética, mas com fundamentação científica, onde o modelo de regressão definido para os dados de dezembro de 2006, foi utilizado com um valor fixo para o *NDVI*.

Figura 101 - Mapa da Temperatura Estimada por regressão para a Área Urbana de Ponta Grossa a partir dos dados do campo de dezembro de 2006.

Em se tratando de uma área urbana, apesar de se tratar de um índice de vegetação, o *NDVI* serviu de forma incontestável para analisar a situação que envolve de forma direta a ausência da vegetação e de forma indireta a presença de área construída, uma das classes de uso da terra nas áreas urbana e que se mostrou importante para a definição do clima urbano.

Pois bem, utilizando uma imagem de satélite analisaram-se áreas no entorno de Ponta Grossa, longe da área urbana, onde houvesse mata, vegetação arbórea e campos, vegetação arbustiva, obtendo para estas áreas o valor do *NDVI*.

Com o valor do *NDVI* para mata e campo, calculou-se a média e este valor substituiu o mapa de *NDVI*, no modelo de regressão do mês de dezembro de 2006, funcionando como um valor fixo, que permitiu eliminar do mapa síntese os efeitos do desenho urbano sobre a temperatura estimada para a área urbana de Ponta Grossa.

O resultado pode ser visto na Figura 102, onde fica nítida a influência das variáveis geológicas no comportamento da temperatura, dentro de uma perspectiva do que seria o natural. Isto é, lugares mais altos, com vegetação e com vertentes com exposição que não seja a norte são mais frios e lugares de menor altitude, com vertentes de exposição norte e com pouca vegetação ou vegetação rasteira são mais quentes. Nos locais em que uma das variáveis independentes se sobressai o resultado é imediato na imagem imprimindo a sua marca na variação da temperatura, como da para perceber no caso dos fundos de vale.

A variação da temperatura média estimada, com o *NDVI* constante, ficou entre 22 °C e 25,4 °C, com uma amplitude de 3,4 °C, menor em 2,1 °C do que aquela constatada com o *NDVI* normal, no mapa anterior.

Outro aspecto que ficou evidente foi a homogeneização nas diferentes áreas em que se observa a variação de temperatura, com áreas de transição suaves entre uma faixa e outra, o que não se observou no mapa anterior em que o *NDVI* imprime os reflexos da urbanização na variação da temperatura, na área urbana.

Figura 102 - Mapa da Temperatura Estimada por regressão para a Área Urbana de Ponta Grossa com base nos dados de dezembro/2006 utilizando um valor constante de NDVI.

De posse dos dois mapas, o da temperatura estimada e o da temperatura estimada, com a utilização do *NDVI* constante, obtido pela média entre o *NDVI* de mata e de campo, com base na média da temperatura dos 4 dias do trabalho de campo de dezembro de 2006, para a área urbana de Ponta Grossa, partiu-se para um novo teste, no qual se demonstraria de forma quantitativa, qual é o papel do desenho urbano no clima urbano.

Utilizando o recurso do *Raster Calculator*, procedeu-se a subtração do mapa da temperatura estimada o mapa da temperatura estimada com *NDVI* constante para Ponta Grossa, operação esta que resultou em um terceiro mapa, o da diferença de temperatura entre os dois mapas iniciais (Figura 103).

As temperaturas obtidas no mapa da diferença de temperatura refletem o quanto o desenho urbano incrementa a temperatura no local onde se encontra a área urbana de Ponta Grossa, onde a variação ocorre entre $-0,5^{\circ}\text{C}$, nas áreas em verde e $2,3^{\circ}\text{C}$, nas áreas em vermelho, resultando em uma amplitude de $2,8^{\circ}\text{C}$.

Analizando e observando o mapa, fica muito claro pelo destaque das áreas em vermelho, principalmente no centro da área urbana onde a diferença é a maior, que o desenho urbano se sobressai de forma contundente, evidenciando a sua contribuição para a variação de temperatura, elemento fundamental na caracterização do clima de uma região.

Desta forma fica claro que a técnica da regressão apresenta de forma cabal a prova de que o desenho urbano tem uma participação fundamental na definição do clima do local onde está inserida e que as três variáveis preditoras, encontradas para o modelo de regressão, se não são as melhores, foram extremamente eficientes para a obtenção da temperatura estimada e, mais do que isto, para a extrapolação desta para toda a área urbana de Ponta Grossa.

Outro aspecto a se destacar é o fato de que os três mapas apontam para a formação da ilha de calor, mesmo ao se trabalhar com valores médios das temperaturas obtidas no trabalho de campo. Corroborando com as duas análises anteriores que mostraram por meio de gráficos e mapas que em determinados horários formaram-se ilhas de calor ou ilha fria na área urbana de Ponta Grossa.

Figura 103 - Mapa da diferença entre o mapa com NDVI normal e o com NDVI constante para a Temperatura Estimada por regressão para a Área Urbana de Ponta Grossa com base nos dados de Dezembro/2006.

No caso dos dados dos meses de julho e agosto de 2007 os procedimentos adotados para definir o modelo de regressão foram os mesmos utilizados para os dados do mês de dezembro de 2006.

O modelo de regressão múltipla encontrado para os dados de julho e agosto/2007 apresenta como variáveis independentes significativas para predizer a temperatura, com base na média da temperatura dos 4 dias do trabalho campo, a altitude, o *NDVI*, a exposição de vertentes e o uso da terra – área construída.

O modelo em sua forma de equação ficou assim definido:

$$\hat{y} = 20,47234 - 0,00836x_1 - 1,13584x_2 + 0,627205x_3 + 0,005475x_4 \quad (6)$$

Onde:

$x_1 \rightarrow$ altitude;

$x_2 \rightarrow$ *NDVI*;

$x_3 \rightarrow$ exposição de vertente;

$x_4 \rightarrow$ uso da terra – área construída.

Este modelo foi introduzido no *Raster Calculator*, juntamente com os arquivos digitais dos mapas das variáveis independentes para que se procedesse a produção do mapa síntese para a temperatura estimada para a etapa de campo dos meses de julho e agosto de 2007 (Figura 104).

O mapa síntese resultou na extrapolação da temperatura estimada dos 20 pontos de amostragem, para toda a área urbana, respeitando as características geoecológicas da altitude e exposição de vertentes, as características da cidade por meio do uso da terra e no caso do *NDVI* um elemento natural, a vegetação e outro artificial o desenho urbano.

A temperatura estimada variou entre 12,3 °C e 15,5 °C, com amplitude de 3,2 °C, contra uma variação entre 12,6 °C e 14,7 °C e amplitude de 2,1 °C no caso dos dados reais.

Figura 104 - Mapa da Temperatura Estimada por regressão para a Área Urbana de Ponta Grossa com base nos dados do inverno.

Da mesma forma que se procedeu no caso da regressão para os dados de dezembro/2006, também com o modelo de regressão dos meses de julho e agosto de 2007, foi gerado um mapa hipotético com a utilização do *NDVI* constante, obtido a partir da média do *NDVI* de mata e de campo, vegetações predominantes na região, especialmente no caso do campo.

O resultado desta simulação foi um mapa mais homogêneo na distribuição das temperaturas, com passagem suave de uma faixa para outra, exceto nos casos das áreas localizadas em vertentes de exposição norte (Figura 105).

Em relação ao mesmo mapa preparado para os dados de dezembro/2006, se observa que as relações das variáveis peditoras com a temperatura é menos intensa individualmente, porém significativas no conjunto, uma vez que houve uma suavização no resultado, que pode ser percebido pela menor intensidade das cores, especialmente no caso do vermelho.

Analisando o mapa da Figura 105 é possível constatar que a variação da temperatura estimada, neste caso variou entre 12,2 °C e 14,4 °C, implica em uma amplitude de 2,2 °C em contraposição aos dados observados no mapa anterior, com o *NDVI* normal, quando a variação se deu entre 12,3 °C e 15,5 °C, com amplitude de 3,2 °C o que confirma o fato de que o desenho urbano imprime uma elevação da temperatura, por meio das alterações nas condições naturais com a intensificação das áreas construídas e da impermeabilização do solo.

Na relação com a temperatura média real dos quatro dias, assim como ocorreu na simulação do mês de dezembro de 2006, a variação da temperatura média estimada ficou menor, em 0,4 °C na máxima e em 0,3 °C na mínima.

Todas as relações feitas no caso das temperaturas e suas médias reais e no caso da temperatura e suas médias estimadas, o que se observa é que na situação de julho e agosto a amplitude é relativamente pequena, até porque se trabalha com valores mais baixos, onde a intensidade de variação tende a ser menor.

Figura 105 - Mapa da Temperatura Estimada por regressão para a Área Urbana de Ponta Grossa com base nos dados do inverno e com o NDVI constante.

Após produzir o mapa da temperatura estimada com a utilização do *NDVI* real e o mapa da temperatura estimada com o *NDVI* constante, obtido com a média do *NDVI* do campo e da mata, para a área urbana de Ponta Grossa, repetiu-se o que havia sido feito com relação aos dados de dezembro de 2006, isto é subtraiu-se um mapa do outro.

Fazendo a subtração dos dois mapas, o resultado é um mapa em que o desenho urbano se sobressai, principalmente no que diz respeito as suas principais vias de circulação e a suas áreas de maior intensidade de urbanização, como no caso do centro e seus principais eixos de ligação com os principais bairros.

As variações da temperatura são bem menores do que aquelas encontradas para os dados de dezembro//2006, porém existem e mostram que onde há áreas de maior intensidade de urbanização a tendência é de apresentar temperatura mais elevadas. As temperaturas oscilam dentro de uma amplitude que fica entre $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou seja dentro de uma faixa de $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Os resultados confirmam mais uma vez que o desenho urbano tende a levar a formação da ilha de calor, de forma especial no centro, uma vez que provoca uma elevação média da temperatura que pode chegar a $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ de diferença para mais.

Em função de que o modelo encontrado para os dados de dezembro/2006 e para os dados de julho/agosto/2007 são semelhantes e se baseiam nas mesmas variáveis, exceto para o segundo caso em que o uso da terra - área construída -, entrou no modelo, os resultados visuais são muito parecidos, porém com uma análise mais minuciosa, é possível perceber que a intensidade maior de influências das variáveis preditoras nos dados da etapa mais quente, dezembro/2006 se reflete nas intensidades das cores, principalmente no caso do vermelho, que denuncia as variações no pico das temperaturas mais elevadas.

Figura 106 - Mapa da diferença entre o mapa com NDVI normal e o com NDVI constante para a Temperatura Estimada por regressão para a Área Urbana de Ponta Grossa com base nos dados de Julho/2007.

8 - A IMAGEM TERMAL E SUAS APLICAÇÕES NO CLIMA URBANO

O avanço que a informática proporcionou a Climatologia é importante e pode ser visualizado em diferentes atividades da área. Uma delas diz respeito à análise e preparação da banda termal, de imagens de satélites, para se obter dados de temperatura. Os resultados são analisados e correlacionados com mensurações feitas em superfície. É importante destacar que são dados diferentes: um é temperatura de superfície e o outro temperatura do ar.

Vários são os estudos que utilizam dados orbitais para identificação de ilhas de calor, sendo o trabalho pioneiro de Lombardo (1985) o marco no Brasil, no qual a autora utilizou imagens da banda termal do sensor TM a bordo do satélite *Landsat 5* (banda 6), com resolução espacial de 120 metros, e do sensor *AVHRR* (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) do satélite *NOAA* (*National Oceanic and Atmosphere Administration*), com 1 km de resolução, para identificação de ilhas de calor na região metropolitana de São Paulo.

O Sensoriamento remoto termal baseia-se em estimativas da temperatura radiométrica da superfície terrestre. A partir destes dados, é possível determinar a temperatura das superfícies que compõem uma determinada área urbana. Lembrando que não se trata de temperatura do ar, mas das superfícies, com diversas interferências, como no caso das nuvens (COSTA; ROSA, 2000).

Para extrair a temperatura da superfície da área urbana de Ponta Grossa, foi processada, por meio de algoritmo do *software Idrisi*, uma imagem *Landsat 5 – TM* do dia 29/a7/2007, que foi imageada na região às 10h10, mesmo horário em que as equipes do trabalho de campo fizeram um registro extra, para posteriormente estabelecer possíveis relações.

Os resultados obtidos são muito interessantes, pois mostram que para vários pontos existe uma relação muito próxima entre os dois valores. As diferenças de temperatura foram em média de 2,4 °C, sendo que a maior diferença ocorreu no Santa Paula, onde a temperatura

termal foi 4,3 °C superior a temperatura do ar, fato que está relacionado com intensa urbanização, a localização em uma vertente de exposição norte e a ausência de arborização e o ponto onde chegou a haver uma relação inversa, isto é a temperatura do ar superior em 0,3 °C a temperatura obtida no termal, foi o XV de Novembro, no centro da cidade, área intensamente urbanizada, totalmente impermeabilizada, com 0,355 de fator de visão do céu e com característica de *canyon* urbano (Tabela 7).

Para 2 pontos o Uvaranas/UEPG e o Uvaranas/B Jesus, não foi possível estabelecer relações entre os dados, pois havia uma nuvem sobre o local, a qual afetou consideravelmente a temperatura obtida no termal.

Tabela 7 – Temperatura do ar e a temperatura extraída da banda termal de uma imagem Landsat 5 – TM para a área urbana de Ponta Grossa.

Pontos de amostragem	Temperatura do ar	Temperatura extraída da imagem termal	Diferença entre a temperatura do ar e a temperatura da imagem termal
Jardim Carvalho	6,7	9,9	3,2
Santa Luzia	7,5	10,9	3,4
Boa Vista	6,9	8,9	2,0
Praça B R Branco/ex	5,7	8,4	2,7
Santa Paula	7,1	11,4	4,3
Olarias	8,3	10,4	2,1
Hilgemberg	5,9	7,9	2,0
Santo Antônio	6,1	8,4	2,3
Felicidade	7	7,9	0,9
Arroio do Padre	8,2	9,4	1,2
XV de Novembro	10,2	9,9	-0,3
26 de Outubro	7,1	9,9	2,8
Uvaranas/Barbosa	7,3	7,9	0,6
Uvaranas/B Jesus	6,7	*	
Uvaranas/UEPG	7,4	*	
Jardim Europa	8,2	11,4	3,2
Distrito Industrial	7,4	10,9	3,5
Praça B R Branco/in	6,1	9,9	3,8
Palmeirinha	7,7	10,4	2,7
Ana Rita	7,8	9,9	2,1
MÉDIA	7,3	9,7	2,4

Outro destaque a ser feito é o de que muitas das áreas com temperaturas mais elevadas na imagem termal são coincidentes com as áreas que correspondem as vertentes de exposição norte, o que reforça a importância de se levar em consideração esta variável no momento de se fazer um estudo de clima urbano.

Nas áreas com maior densidade de ocupação, como o centro da área urbana a imagem termal apresenta temperaturas mais elevadas, que confirmam a ocorrência de ilha de calor na área urbana de Ponta Grossa, como pode ser constatado nos gráficos por transecto e nos mapas de interpolação por krigagem e nos mapas síntese obtidos a partir do modelo de regressão linear, os quais foram apresentados anteriormente.

Desta forma, constatou-se a utilização da banda termal de uma imagem de satélite permite compreender e confirmar as relações entre a temperatura e as áreas impermeabilizadas, urbanizadas e sem arborização, que tendem a ser mais aquecidas.

As relações entre as características geoecológicas e a temperatura de superfície, também ficaram evidentes quando da análise da temperatura do termal da imagem Landsat 5 –TM em comparação com as outras bases apresentadas para a área urbana de Ponta Grossa, como: relevo, exposição de vertentes, ndvi e declividade.

Portanto é válido utilizar este tipo de imagem, além do que as análises podem ser aprofundadas e atender outras necessidades mais específicas quanto aos estudos de clima urbano.

Figura 107 - Temperatura da área urbana de Ponta Grossa obtida por meio da banda termal de uma imagem Landsat 5 - TM.

9 - A CONTRIBUIÇÃO DA ANÁLISE DO FATOR DE VISÃO DO CÉU NO ESTUDO DO CLIMA URBANO DE PONTA GROSSA

As influências que o desenho urbano exerce sobre o clima urbano, de forma particular sobre o microclima, podem ser identificadas, medidas e analisadas de diferentes formas, como está sendo demonstrado no presente trabalho.

Segundo Gomes e Lamberts (2009) a geometria refere-se às relações nos cânions urbanos entre a altura dos edifícios e a distância entre eles.

A geometria urbana tem um papel fundamental na formação da ilha de calor, pois durante a noite, os obstáculos presentes nas áreas urbanas impedem total ou parcialmente a dispersão da radiação de onda longa, o que faz com que seja menor queda da temperatura (OKE, 2005).

Um parâmetro comum usado para caracterizar a geometria dos cânions urbanos é o fator de visão do céu (*Sky View Factor*) (GRIMMOND et al, 2001).

O fator de visão do céu (*Sky View Factor*) é um parâmetro adimensional que serve para determinar o quanto do céu está livre, para as trocas de energia em um determinado ponto da superfície, representado com valores que variam de 0 a 1 (OKE, 1981).

Segundo Souza et al (2003) Oke (2005) o fator de visão do céu (*SVF*) é um parâmetro adimensional utilizado para expressar a relação entre a área visível do céu e da porção do céu coberto por prédios vistos de um ponto específico de observação, levando em consideração principalmente, as influências na dispersão da radiação de onda longa noturna.

O fator de visão do céu (*Sky View Factor*) foi utilizado no presente trabalho para determinar o espaço livre de céu em cada ponto de amostragem, com o intuito de estabelecer as possíveis relações com os valores de temperatura registrados durante as duas etapas do trabalho de campo e utilizar os dados de cada ponto na regressão linear múltipla.

Figura 108 - Localização dos pontos de onde foram feitos os registros fotográficos para determinar o índice - fator de visão do céu.

Os cálculos foram feitos com o modelo *RayMan* o qual foi validado com a realização de uma pesquisa, onde foi estabelecida a correlação entre os dados reais obtidos em trabalho de campo e os dados produzidos pelo modelo, quando foi encontrado o r^2 0,5117. A temperatura média modelada está de acordo com a mensurada (MATZARAKIS, 2002).

O calculo do fator de visão do céu feito com o auxílio do *software RayMan*, no qual as fotos tiradas com a lente olho de peixe são inseridas, com a atribuição de uma data e horário, se consegue obter entre outras coisas o fator de visão do céu e o caminho aparente do Sol, o que permite determinar aproximadamente, em função da área disponível de céu, o número de horas de insolação.

Com uma câmera Nikon e uma lente olho de peixe, foram feitas as fotos em cada um dos pontos de amostragem. Estas fotos foram processadas e preparadas para posteriormente serem introduzidas no *software*, o modelo *RayMan*, por meio do qual se obteve o fator de visão do céu.

No ponto Jardim Carvalho o fator de visão do céu é de 0,728, com uma obstruída de 27,2%, sendo que a obstrução ocorre próxima ao horizonte, em todos os quadrantes, porém no quadrante NW é que está a maior obstrução representada por uma construção com altura aproximada de 7m, o que justifica a queda mais rápida da temperatura no final da tarde no inverno (Figura 107).

Figura 109 – A - Ponto Jardim Carvalho - B – Imagem inserida no *RayMan* com o Caminho aparente do sol.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No Santa Luzia a obstrução ocorre em todos os quadrantes, próxima a linha do horizonte, com construções térreas. No quadrante NW a maior proximidade com as construções faz com que no mesmo exista uma obstrução, também, maior. O fator de visão do céu do ponto é de 0,858 e com área obstruída de 14,2% (Figura 108).

Figura 110 – A - Ponto Santa Luzia - B – Imagem inserida no *RayMan* com o caminho aparente do Sol.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No Boa Vista, a obstrução do céu ocorre no quadrante N, se estendendo pelos quadrantes NE e NW e no E com extensões pelos quadrantes NE e SE, porem não é muito expressiva, mas exerce influências, principalmente, no início da manhã e no final da tarde. Os demais obstáculos se encontram próximo ao horizonte, sem interferência na insolação do ponto. O fator de visão do céu calculado é de 0,83, com 17% de área obstruída (Figura 109).

Figura 111 – A - Ponto Boa Vista – B – Caminho aparente do Sol em dez/2006 e em julho/2007 na imagem processada no *RayMan*.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No ponto Praça B R Branco/ex o fator de visão do céu é um dos menores, com 0,339, ou seja a porcentagem de obstrução é elevada, com 66,1%. Os obstáculos estão em todos os quadrantes, sendo que os maiores estão nos quadrantes E, NE, NW e SE, com um grande edifício a Leste, o qual impõe as temperaturas mais baixas pela manhã em todas as estações. Os obstáculos no quadrante NW são árvores, que interferem nas temperaturas do fim de tarde no inverno (Figura 110).

Figura 112 – A - Ponto Praça B R Branco/ex – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do Sol em dez/2006 e em jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No Santa Paula a obstrução ocorre próximo a linha do horizonte em quase todos os quadrantes, porém no limite nos quadrantes NW e NE, a proximidade com as construções proporciona um bloqueio maior. Os obstáculos interferem na insolação principalmente pela manhã, sendo que o fator de visão do céu é de 0,85 e obstrução é de 15% (Figura 111).

Figura 113 - A - Ponto Santa Paula - B – Caminho aparente do Sol em dez/2006 e jul/2007, na imagem processada no *RayMan*.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No ponto Olarias as obstruções estão próximas ao horizonte, porém com uma representatividade um pouco maior, principalmente em função da declividade do terreno. É um ponto em que se observa a presença mais efetiva da vegetação e fator de visão do céu é de 0,797 com área obstruída de 20,3% (Figura 112).

Figura 114 - A - Ponto Olarias - B – Caminho aparente do Sol em dez/2006 e jul/2007, na imagem processada no *RayMan*.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da

No ponto Hilgemberg os 9,6% de obstrução estão nos quadrantes N e NE e de forma mais significativa no quadrante NW, com influências principalmente no início da manhã em todas as estações e no final da tarde nos meses de julho e agosto. Trata-se do ponto com 0,904 de fator de visão do céu, um dos maiores dentre os demais pontos. Quase sem obstrução nos quadrantes S, SE e SW, sofre a influência dos ventos provenientes destas direções, com reflexos na temperatura local.

Figura 115 – A - Ponto Hilgemberg – B – Imagem processada no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No ponto Santo Antônio a maior parte da obstrução ocorre nos quadrantes E, N, NE e SE, sendo que nos demais quadrantes a obstrução ocorre próxima do horizonte. O fator de visão do céu é de 0,757, com 24,3 % de área obstruída.

Figura 116 – A - Ponto Santo Antônio – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No ponto Felicidade o fator de visão do céu é de 0,721, com uma área obstruída 27,9 %. A obstrução, ocorre especialmente na altura do horizonte, com aumento de área nos quadrante NW e S, sendo que a maior obstrução é da vegetação, seguida das construções e do relevo.

Figura 117 – A - Ponto Felicidade – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No ponto Arroio do Padre o único quadrante sem obstrução é o SW, pois nos demais, existe obstrução da vegetação, construções e relevo próximo do horizonte. O fator de visão do céu é de 0,669 e a área obstruída 33,1%.

Figura 118 – A - Ponto Arroio do Padre – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

O ponto XV de Novembro é o de menor fator de visão do céu, com 0,355 e com área obstruída de 64,5 %, em função de localizar-se em um “*Canyon Urbano*”, representado pelas diversas construções existentes em ambos os lados da rua XV de Novembro, no centro da cidade. A rua é de orientação W-E e as obstruções ocorrem nos quadrantes N, NW, NE, S, SE e SW, o que resulta em insolação direta em apenas parte da rua e com maior intensidade no lado sul, com desequilíbrio no balanço de radiação. A principal consequência do baixo fator de visão do céu pode ser observada na menor liberação da radiação infravermelha, uma das causas da ilha de calor.

Figura 119 – A - Ponto XV de Novembro – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

O ponto 26 de Outubro onde o fator de visão do céu é de 0,89 e a área obstruída é de 11 %, se encontra localizado no terço superior de uma vertente com exposição leste, o que foi determinante para que o ponto apresentasse um fator de visão do céu elevado, além de se tratar de uma região onde não existem prédios muito altos. Neste ponto a obstrução ocorre particularmente no quadrante NW e em parte do SW, fator importante para que no final da tarde as construções influenciem nos dados de temperatura.

Figura 120 – A - Ponto 26 de Outubro – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

O ponto Uvaranas/Barbosa tem fator de visão do céu de 0,545 e área obstruída de 45,5%, consequência da rua estreita, do relevo, da vegetação e das construções. A área obstruída está na altura do horizonte, principalmente no caso das casas, nos quadrantes NE e SW, pois nos quadrantes W e E, a área obstruída é mínima, representada basicamente pelo relevo. As obstruções a NE foram as que mais interferiram nos dados, além da árvore a sudoeste do mini abrigo.

Figura 121 – A - Ponto Uvaranas/Barbosa – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No ponto Uvaranas/B Jesus localizado na parte alta de uma vertente com declividade acentuada o fator de visão do céu é de 0,799, com área obstruída de 20,1%, pois a área do céu que está obstruída, se encontra exclusivamente na altura do horizonte e é representada principalmente pelo relevo, vegetação e algumas construções. As obstruções a leste interferiram na temperatura pela manhã e a ausência de obstáculos a oeste facilitou a presença do sol até o final do dia.

Figura 122 – A - Ponto Uvaranas/Bom Jesus – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No ponto Uvaranas/UEPG a área obstruída é de 10,5 % e o fator de visão do céu é de 0,895. É um local onde apenas uma construção no quadrante SW e em partes do quadrante NW, compõem a área obstruída, com um potencial de interferir no clima local no final da tarde, visto que nos demais quadrantes a obstrução do céu é representada pelo relevo, muito próximo ao horizonte e com leve influência apenas no começo da manhã.

Figura 123 – A - Ponto Uvaranas/UEPG – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No ponto Jardim Europa pela posição que ocupa na vertente de exposição NE, com construções no quadrante W, NW e N do ponto, a obstrução do céu bloqueia os raios solares no final da tarde, durante todo o ano, mas o fator de visão do céu de 0,862 resulta em temperaturas elevadas no local, recebe intensa insolação durante a maior parte do dia, mas a noite a temperatura tende a cair mais em função de que a radiação de onda longa tem facilidade na dispersão. A área obstruída de 13,8% se distribui principalmente próximo do horizonte.

Figura 124 – A - Ponto Jardim Europa – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No ponto Distrito Industrial a área obstruída do céu ficou próxima ao horizonte, sendo que as construções nos quadrantes W e NW, interferiram nos registros dos dados no final da tarde. O restante da área obstruída de 12,3% está nos demais quadrantes na altura do horizonte o que gera um fator de visão do céu de 0,877. Por se tratar de uma região plana, o relevo influência muito pouco no fator de visão do céu e no clima local.

Figura 125 – A - Ponto Distrito Industrial – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No ponto Praça B R Branco/in localizado no interior da Praça Barão do Rio Branco, com intensa arborização, no centro da cidade e cercada de prédios em todas as ruas laterais, o fator de visão do céu é o mais baixo de todos, com 0,288 e com área obstruída 71,2%. A obstrução principal é exercida pelas árvores, mas também as construções atuam no local, determinando a redução das áreas livres do céu. Com isto as alterações no clima são significativas e os resultados são de temperaturas muito abaixo daquelas registradas em seu entorno, pois altera também a dinâmica dos ventos e proporciona um aumento da umidade, que no conjunto determinam as condições climáticas e a formação constante de uma ilha fria.

Figura 126 – A - Ponto Praça B R Branco/in – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

No ponto Palmeirinha o fator de visão do céu é de 0,78 e a área obstruída é de 22 %, muito influenciado pelo relevo, principalmente no quadrante N, NW e W, onde as construções e a vegetação mais atuam obstruindo o céu, porém as áreas obstruídas se estendem por todos os quadrantes na altura do horizonte. É no final da tarde que se observa uma maior influência da área obstruída no bloqueio dos raios solares, interferindo na temperatura.

Figura 127 – A - Ponto Palmeirinha – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

O ponto Ana Rita, localizado no fundo do vale do Arroio Pilão de Pedra, tem no relevo o elemento mais importante de obstrução do céu, onde o fator de visão do céu é de 0,876 e área obstruída de 12,4 %. As construções e a vegetação remanescente no local são elementos que representam, também, obstáculos. A influência na radiação local ocorre principalmente no início da manhã e no final da tarde, determinando dias quentes, com queda de temperatura antecipada, no final da tarde, principalmente nos meses de julho e agosto.

Figura 128 – A - Ponto Ana Rita – B – Imagem inserida no *RayMan*, com o caminho aparente do sol em dez/2006 e jul/2007.

Fonte: trabalho de campo.

Fotógrafo: CRUZ, Gilson C F da.

Após a apresentação das características dos 20 pontos com relação ao fator de visão do céu (*Sky View Factor*), é possível fazer algumas considerações.

Os pontos com maior obstrução se encontram na área central, sendo que as construções constituem o principal elemento de diminuição do fator de visão do céu, como no caso dos pontos XV de Novembro e Praça B R Branco/ex. Já no caso dos pontos Praça B R Branco/in, Arroio do Padre e Uvaranas/Barbosa, além das construções, a vegetação existente no local, também contribuiu para um índice menor de fator de visão do céu.

Identificou-se também que nos pontos onde a fator de visão do céu é maior as obstruções se encontram próximas a linha do horizonte e quando estas se encontram no quadrante E prejudicam a insolação no início da manhã e quando se encontra no quadrante W, impedem que a insolação ocorra até o final da tarde, determinando temperaturas mais baixas no início da manhã e no final da tarde para os pontos em questão.

Ao analisar a imagem com o caminho aparente do Sol para dez/2006 e jul/2007, dos 5 pontos de menor fator de visão do céu percebe-se que o número de horas de possível insolação é reduzido, o que implica em variações no aquecimento da superfície e do ar.

Os pontos em que a obstrução está localizada nos quadrantes N, NE e NW, dependendo da altura, largura e distância do local que serviu de base para a foto, a interferência será maior durante o inverno, menor na primavera e outono e praticamente ausente no verão, exceto nos casos em que fuja a situação descrita anteriormente, a exemplo do ponto Jardim Carvalho.

Nos casos em que o obstáculo se encontra no quadrante E, os efeitos sobre o clima local é mais intenso no período da manhã, podendo se estender até o início da tarde, em qualquer estação do ano, principalmente em se tratando de construções largas e altas.

Os obstáculos nos quadrantes W, NW, N e NE exercem influências principalmente no período da tarde e nos casos em que a ocupação se estende pelos três quadrantes, os efeitos sobre o clima local podem se estender por grande parte da tarde, interferindo de forma contundente no balanço de radiação diário, a ponto de criar áreas com médias mais baixas com relação a temperatura e umidade relativa mais acentuada. Em determinados casos altera, inclusive, os horários de registro de temperaturas máximas e mínimas.

Devido ao relevo acidentado, formado por inúmeros fundos de vale, da área de estudo, devemos destacar o fato de que para alguns pontos de coleta de dados a forma do relevo,

particularmente no caso das elevações, funcionou como um obstáculo para os raios solares e por consequência para a insolação, o que levou a um fator de visão do céu menor.

O quadro a seguir traz uma síntese das principais características de uso e ocupação da terra dos 20 pontos de coleta de dados, onde foram elencadas as que mais interferem no fator de visão do céu.

PONTOS	SVF	% AREA OBSTRUÍDA	USO DO SOLO	DENSIDADE DE OCUPAÇÃO	Nº DE PAVIMENTOS
Jardim Carvalho	0,728	27,2	Área construída	Média	1 a 4
Santa Luzia	0,858	14,2	Área construída	Alta	1
Boa Vista	0,83	17	Área construída	Média	1
Praça B R Branco/ex	0,339	66,1	Área construída	Alta	2 a 15
Santa Paula	0,85	15	Área construída	Alta	1
Olarias	0,797	20,3	Área construída	Média	1 a 4
Hilgemberg	0,904	9,6	Área construída	Média	1
Santo Antônio	0,757	24,3	Área construída	Média	1
Felicidade	0,721	27,9	Área construída	Média	1 a 2
Arroio do Padre	0,669	33,1	Área construída	Média	1 a 6
XV de Novembro	0,355	64,5	Área construída	Alta	2 a 15
26 de Outubro	0,89	11	Área construída	Alta	1 a 4
Uvaranas/Barbosa	0,545	45,5	Área construída	Alta	1
Uvaranas/B Jesus	0,799	20,1	Área construída	Média	1 a 2
Uvaranas/UEPG	0,895	10,5	Área construída	Baixa	1
Jardim Europa	0,862	13,8	Área construída	Alta	1 a 2
Distrito Industrial	0,877	12,3	Industrial	Baixa	1
Praça B R Branco/in	0,288	71,2	Área construída	Alta	2 a 15
Palmeirinha	0,78	22	Área construída	Alta	1 a 2
Ana Rita	0,876	12,4	Área construída	Média	1

Quadro 4 – Fator de visão do céu (*Sky View Factor*) e algumas características de uso e ocupação do solo nos 20 pontos de coleta de dados.

Nas situações descritas nos parágrafos anteriores, que envolve os pontos com fator de visão do céu elevado, o caminho aparente do Sol, para as duas etapas do trabalho de campo, permite a ponderação de que nestes casos a insolação tem um número de horas maior, o que leva a temperaturas mais elevadas durante o dia.

Enfim o fator de visão do céu calculado para cada um dos 20 pontos de coleta de dados serve para mostrar que os elementos naturais podem interferir no fator de visão do céu, porém nas áreas urbanas são as construções as que mais bloqueiam os raios solares diminuindo a insolação, pela diminuição do fator de visão do céu (*Sky View Factor*), interferindo na temperatura e no balanço de radiação.

O Gráfico 89 traz a relação entre a temperatura e o fator de visão do céu (*Sky View Factor*), na qual é possível perceber que os efeitos do baixo fator de visão do céu, nos pontos Praça B R Branco/ex, XV de Novembro e Praça B R Branco/in, tem reflexo no comportamento da temperatura, em vários momentos do dia, porém é no registro das 21h que se percebe que a temperatura fica mais elevada, consequência do bloqueio na dispersão da radiação de onda longa, influenciando na formação da ilha de calor.

Gráfico 89 – Relação entre a temperatura registrada às 10h e às 21h do dia 13/12/2006 e o fator de visão do céu.

Na situação dos meses de julho e agosto de 2007 a influência do fator de visão do céu (*Sky View Factor*) no comportamento da temperatura a noite é um pouco mais evidente, pois mais uma vez nos pontos Praça B R Branco/ex, XV de Novembro e Praça B R Branco/in, a temperatura fica mais elevada, evidenciando a formação da ilha de calor.

Gráfico 90 – Relação entre a temperatura registrada das 11h e 19h do dia 31/07/2007 e o fator de visão do céu.

A correlação entre os dados da temperatura mensurada para os horários das 21h do dia 13/12/2006 e 19h do dia 31/07/2007 e o fator de visão do céu confirma o que já dava para perceber no gráfico anterior, ou seja, que de fato a correlação ou relação entre os dados dos 4 pontos existe e é importante (Gráfico 90).

Apesar de comprovada a influência do fator de visão do céu no clima urbano de Ponta Grossa, este parâmetro não pode ser utilizado na regressão linear múltipla, pois o objetivo final era gerar um mapa síntese e no caso do fator de visão do céu, não há como conseguir estes dados digitalizados para toda a área urbana, uma necessidade para a aplicação do modelo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trabalhos sobre o clima urbano vêm aumentando cada vez mais por todas as regiões do Brasil, porém ainda não são tantos os que envolvem cidades subtropicais e dentre estas, Ponta Grossa possui condicionantes geoecológicos que a diferenciam de outras cidades o que torna ainda mais importante a realização deste trabalho.

As especificidades da cidade de Ponta Grossa-PR estão, principalmente na altitude, pois se encontra a 960m do nível do mar e na latitude de 25° S, dois fatores que impõem um clima Subtropical na região, com invernos frios e verões quentes, além da atuação das massas de ar.

No entanto, quando adentramos a cidade os outros condicionantes geoecológicos se sobressaem, representados pelo relevo acidentado, com destaque para os inúmeros vales, que formam uma drenagem radial e que interferem no clima urbano com a criação de um diferencial no gradiente térmico assim como, na dinâmica de ventos. Muitas vezes estes vales se apresentam recobertos por vegetação arbórea, o que aumenta ainda mais seus efeitos sobre o clima local.

A vegetação natural ou a inserida pelo homem no meio urbano se mostrou extremamente eficiente na criação de microclimas especiais, porém com limitada área de atuação, que amenizam as temperaturas elevadas durante diferentes momentos do dia, chegando a criar ilha fria em meio à formação da ilha de calor no centro da área urbana, especialmente no caso das praças com arborização mais intensa.

A cidade se desenvolveu sobre os divisores d'água, porém a ocupação das encostas e dos fundos de vale ocorreu de forma natural ao longo do processo de urbanização, o que faz com que grande parte da população se depare com condições diferenciadas de clima, em espaços muito próximos de seus vizinhos.

As variações climáticas impostas pelos diferentes condicionantes geoecológicos vão ser alteradas ou intensificadas pelo uso e ocupação da terra, de forma mais intensa, onde a urbanização se tornou mais forte, com maior densidade de área construída e impermeabilização do solo, associada à fraca ou ausente arborização urbana.

As diferentes condições climáticas encontradas na área urbana de Ponta Grossa, geradas pelo clima urbano criado pela combinação do desenho urbano com o clima do meio natural no qual está inserido, interferem no conforto bioclimático da população, alterando a qualidade de vida da população.

Assim, o estudo do clima urbano de Ponta Grossa-PR traz um diferencial em relação às pesquisas realizadas para cidades como Londrina, Maringá, Curitiba e Porto Alegre, as quais apresentam o predomínio de áreas planas, além das variações em relação à altitude e latitude. Porém, em todos estes estudos um fato é comum, o de que o desenho urbano interfere nas condições climáticas, situação esta que fica evidenciada pela formação da ilha de calor.

Os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa, com objetivo de analisar o clima urbano de Ponta Grossa-PR com enfoque interdisciplinar, integraram a análise interpolação por krigagem, regressão linear múltipla, identificação de ilha de calor por meio de transectos, o índice fator de visão do céu e análise de imagem termal, com uma dinâmica de trabalho de campo para produção de dados primários.

O uso da técnica da krigagem ordinária, para análise e espacialização da ilha de calor por interpolação das temperaturas obtidas nos 20 pontos de coleta de dados, se mostrou eficiente na mediada em que permitiu visualizar a formação das ilhas de calor e das ilhas frias. Nos casos em que a representação dos dados não chega a formar a ilha de calor, o desenho permite identificar zonas mais aquecidas, principalmente no centro, por meio da formação de faixas de temperatura mais elevada.

A metodologia de estudo de ilha de calor, com a realização de intenso e dinâmico trabalho de campo, permitiu entender melhor as variações que ocorrem no interior da área urbana, principalmente, com relação à temperatura e a umidade relativa.

A produção de um mapa de temperatura de superfície, utilizando a banda termal de uma imagem *Landsat 5 - TM*, obtida para o mesmo horário em que se faziam os registros de dados durante a etapa do trabalho de campo, foi fundamental para estabelecer algumas relações entre os dados obtidos nos pontos observados e os dados de temperatura obtidos através de imagem termal.

O fator de visão do céu (*sky view factor – SVF*) obtido com as fotografias feitas com uma câmara *nikon* e uma lente olho de peixe e processadas com a utilização do *software RayMan*, representou um índice importante para compreender algumas das variações de temperatura, principalmente noturnas, fundamentais para a formação da ilha de calor.

Outro aspecto importante com relação ao fator de visão do céu foi o de estabelecer o quanto os obstáculos de uma área urbana interferem na insolação de um lugar, como pode ser observado nas fotografias com o caminho aparente do sol para dezembro de 2006, julho e agosto de 2007.

Apesar de constatada a importância do índice fator de visão do céu este não pode ser utilizado nos cálculos da regressão linear múltipla, pela impossibilidade de obter uma base digital com esta informação para a área urbana, necessária para gerar o mapa síntese final.

A análise dos dados das duas etapas do trabalho de campo, distribuídos na forma de transecto e representado através de gráficos, foi fundamental para visualizar a formação da ilha de calor e da ilha fria.

A técnica da regressão linear múltipla passo a passo incorporada ao trabalho, a partir do desenvolvimento de parte da pesquisa na Universidade de Lisboa, em Portugal, teve um papel preponderante na análise e discussão dos dados, pois permitiu após inúmeros testes,

definir um modelo de regressão mais adequado para prever a temperatura, partindo da temperatura média, calculada com base nos dados obtidos nas duas etapas do trabalho de campo.

Após a definição do modelo de regressão para as temperaturas médias de cada uma das etapas do trabalho de campo, com a utilização do *software ArcGis*, produziu-se os respectivos mapas síntese, por meio dos quais tornou-se possível extrapolar a temperatura estimada para toda a área urbana.

Num segundo momento foram gerados mapas síntese em que o *NDVI* foi fixado com base em uma média do *NDVI* obtido para áreas de mata e campo, predominante na região. De posse dos dois mapas síntese, para cada uma das etapas do trabalho de campo, subtraiu-se um do outro e o mapa resultante deixa claro que o desenho urbano interfere significativamente no comportamento da temperatura na área urbana.

Desta forma, os procedimentos metodológicos foram complementares e permitiram comprovar que o desenho urbano, resultado do processo de urbanização é um condicionante do clima urbano, ao mesmo tempo sofre com as consequências do próprio clima criado, com as variações da temperatura, da umidade relativa e dos ventos.

Ficou evidente também, que os vários microclimas criados na área urbana juntamente com a dinâmica existente na cidade, pela circulação de pessoas e veículos, ajudam a compor o Clima Urbano, mesmo nos casos em que a área de influência é pequena, isto porque as relações que ocorrem entre o social e o natural no interior da cidade são muito complexas.

As análises dos dados considerando todas as variáveis naturais inseridas na apresentação da área de estudo, sob a luz dos diferentes procedimentos metodológicos e das diferentes técnicas empregadas no trabalho, demonstraram que também as variáveis naturais

continuam exercendo um papel importante na definição do clima urbano, a exemplo da altitude, da exposição de vertentes e da vegetação.

Todos estes procedimentos realizados contribuíram veementemente para o entendimento do clima urbano da cidade de Ponta Grossa-PR, pois os resultados obtidos foram produzidos em função de associação dos recursos, tais como a análise do clima regional, o trabalho de campo (temperatura, umidade relativa, circulação de veículos e pessoas, direção do vento, nebulosidade e condições do tempo), análise de imagem termal, fator de visão do céu. Neste sentido, este trabalho pode contribuir para o entendimento das variabilidades temporais e espaciais do clima urbano em cidades subtropicais.

A expectativa é de que os trabalhos sobre o clima urbano continuem aumentando e que venham a se transformar em instrumentos nas mãos dos planejadores, para que se consiga pensar as cidades de forma a melhorar a qualidade de vida da população, levando em consideração as variações de temperatura, umidade relativa e ventos, além de outras variáveis que possam ser estudadas, como a precipitação.

O uso dos estudos de clima urbano como instrumento auxiliar na elaboração de planos diretores já é uma realidade em muitas cidades da Europa. No Brasil, os Planos Diretores ainda tratam do clima como apenas mais um aspecto natural a ser descrito e inserido na parte que trata das características naturais, porém sem considerá-lo como um condicionante importante da qualidade de vida da população, ficando relegado a um segundo plano.

Nesta perspectiva, tem-se a pretensão de que o presente trabalho se transforme em um instrumento de planejamento para a cidade de Ponta Grossa no momento de uma revisão de seu plano diretor, pois os resultados mostram que a população de determinadas regiões da cidade vem sofrendo com as condições climáticas impostas pelos condicionantes naturais e pelo desenho urbano, mas que isto pode ser amenizado com mudanças no uso e ocupação da terra desde que se respeite a condições climáticas existentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALCOFORADO, Maria João. Aplicação da Climatologia ao Planeamento Urbano alguns Apontamentos. **Finisterra**, Lisboa, XXXIV, 67-68, p. 83-94, 1999.

ALCOFORADO, Maria João; VIEIRA, Hugo. Informações Climáticas nos Planos Diretores Municipais de concelhos urbanos: possível articulação com o planeamento de Lisboa. **Sociedade e Território**. Lisboa, n. 37, p. 101-116, 2004.

ALCOFORADO, Maria João; et al. **Orientações Climáticas para o Ordenamento em Lisboa**. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, 2006, 82 p.

ALCOFORADO, Maria João; ANDRADE, H. Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modelling attempts. **Theoretical and Applied Climatology**. Viena, v. 84, n. 1-3, p. 151-159, 2006.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. São Paulo, 2000. 378 f. Tese (Doutorado em Geografia) - FFLCH – USP, São Paulo, 2000.

_____. Características do Clima Urbano de Presidente Prudente – SP. In: SANT’ANNA NETO, J. L. **Os climas das cidades brasileiras**: São Luís (MA), Aracajú (SE), Campos Grande (MS), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP) e Presidente Prudente (SP). Presidente Prudente: [s.n.], 2002. p. 145-164.

ANDRADE, H. **Bioclima humano e Temperatura do ar em Lisboa**. 2003, 435 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Lisboa, 2003.

_____. O Clima Urbano – Natureza, Escalas de Análise e Aplicabilidade. **Finisterra**, Lisboa, XL, 80, p. 67-91, 2005.

ANDRADE, H.; ALCOFORADO, M. J. - Microclimatic variation of thermal comfort in a district of Lisbon (Telheiras) at night. **Theoretical and Applied Climatology**. Viena, v. 92, n.3-4, p. 225-237, mai. 2008.

ARAÚJO, R. R.; SANT'ANNA NETO J. L. O processo de urbanização na produção do clima urbano de São Luís – MA. In: SANT'ANNA NETO, J. L. **Os climas das cidades brasileiras**: São Luís (MA), Aracajú (SE), Campos Grande (MS), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP) e Presidente Prudente (SP). Presidente Prudente: [s.n.], 2002. p. 21-41.

ASSIS, Eleonora Sad de. Métodos preditivos da Climatologia como subsídio ao planejamento urbano: aplicação em conforto térmico. **Terra Livre**. São Paulo, ano 19, v. 1, n. 20, p. 145-158, jan/jul. 2003.

ASSIS, Wellington Lopes; GONTIJO, Bernardo Machado. Algumas considerações sobre o clima de Belo Horizonte: o comportamento de elementos climáticos selecionados no período 1931/1990. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. **Resumo...** São Paulo. UNESP, 1996 p. 14.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 8ª ed. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2002. 332 p.

BALDO, Maria Cleide; DEFFUNE, Gláucia. Compartimentação urbana como derivação do clima de Maringá - Pr – 1995/1996. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. **Resumo...** São Paulo: UNESP, 1996 p. 15.

BARRY, Roger; CHORLEY, Richard. **Atmosphere, Weather and Climate**. 8. ed. London: Routledge, 2003. 472 p.

BECERRIL, Alejandra Gonzáles. El Clima Urbano en La Ciudad de Toluca, México. In: XI Encontro de Geografia da América Latina. Geopolítica, Globalização e Cambio Ambiental: retos en el desarrollo latinoamericano. 2007, Bogotá. **Anais...** Bogotá: Departamento de Geografía da Faculdade de Ciencias. 2007. 1 CD-ROM

BRANCO, Samuel Murgel. **O Meio Ambiente em Debate**. 19. ed. São Paulo: Moderna, 1988. 87 p.

BRANDÃO, Ana Maria de Paiva Macedo. **Tendências e oscilações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro**. 1987, 320 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1987.

_____. O Clima Urbano na Cidade do Rio de Janeiro. In: MENDONÇA, Francisco; MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. (Org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 121-153.

BRASIL. **Estatuto da cidade**: guia para implementação pelos municípios e cidadãos. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2001. 35 p. (Série fontes de referência. Legislação n. 40).

BURROUGH, Peter A.; MCDONNELL, Rachael A. **Principles of Geographical Information Systems**. New York: Oxford, 2004. 333 p.

CAMARGO, Suzana de Fátima. **Análise Episódica da Temperatura do Ar na Cidade de Ponta Grossa — PR**. 1998. 61 f. Ponta Grossa, 1998. Monografia (Especialização em Geografia Física – Análise Ambiental) – UEPG, Ponta Grossa, 1998.

CARVALHO, Homero; CORBELL, Oscar; SILVA, Francisco Gonçalves da. **Repercussões negativas no clima da cidade de João Pessoa PB devidas ao escalonamento dos edifícios na sua orla marítima**. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp407.asp>. Acesso em: 20 jan. 2007.

CASTILHO, Francisco José V. **Abordagem Geográfica do Clima Urbano e das Enfermidades em São José do Rio Preto/SP**. 2006. 208 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Implicações geográficas relacionadas com as mudanças climáticas globais. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 23, n. 45-46. p. 18-30, 1993.

COSTA, R. A.; ROSA, R.. Uso de Imagens Termais no Estudo de Ilha de Calor: o Caso de Uberlândia - MG. In: I Encontro de Geógrafos de Uberlândia. 2000, Uberlândia. **Anais do I Encontro de Geógrafos de Uberlândia**, 2000. p. 1-8. CD-ROM

CPTEC/INPE. Divisão de Satélite e Sistemas Ambientais. Disponível em: http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_anteriores.jsp. Acesso em: 28 ago. 2008.

CRUZ, Gilson C. F. **Impactos ambientais em Itaiacoca – Ponta Grossa – PR**. 1999. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1999.

_____. O Clima dos Campos Gerais: Levantamento de Algumas Características como Parte de um Projeto de Caracterização do Patrimônio Natural. In: X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UERJ, 2003. 1 CD ROM.

_____. Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais. In: MELLO, Sergio de; MORO, Rosemeri Segecin; GUIMARÃES, Gilson Burigo. (Org.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: UEPG, 2007. p. 59-72.

CRUZ, Gilson C. F. da; LOMBARDO, Magda A. A Importância da Arborização para o Clima Urbano. In: FERREIRA, Y. N.; YAMAKI, H.; PINESE, P. P. P.; SOARES, P. F. (Org.). **Águas Urbanas: Memória, Gestão, Riscos e Regeneração**. Londrina: EDUEL, 2008. p. 1-23.

CRUZ, Gilson C. F. da.; LOPATIUK, Maria Margareth; LOMBARDO, Magda A. Conforto térmico em áreas urbanas: um estudo de caso em Ponta Grossa- PR. In: II Seminário sobre Regeneração Ambiental de Cidades - Águas Urbanas II. 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. 1 CD ROM.

DANNI, Inês Moresco. A Ilha Térmica de Porto Alegre. **Boletim Gaúcho de Geografia**, n. 8, Porto Alegre, p. 33-48, 1980.

_____. **Aspectos temporo-espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em janeiro de 1982**. Contribuição ao estudo do clima urbano. 1987. 131 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia do Instituto de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

_____. Aspectos térmicos a tendência da temperatura na cidade de Curitiba - PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 1992, Rio Claro. **Resumos...** Rio Claro: UNESP, 1992. p. 43.

_____. Considerações sobre a Poluição do ar em Curitiba-Pr face a seus aspectos de urbanização. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 4, p. 101-110. 2000.

DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco; TARIFA, José Roberto. Os ventos de inverno na cidade de Curitiba - Pr. In: 2º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 1996, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: UNESP, 1996. p. 20.

DITZEL, Carmencita de Holleben Mello; SAHR, Cicilian Luiza Lowen. (Org.). **Espaço e cultura:** Ponta Grossa e os Campos Gerais. Ponta Grossa: UEPG. 2001. 518 p.

DREW, David. **Processos Interativos do Meio Ambiente.** Tradução de João Alves dos Santos. São Paulo: Difel, 1986. 206 p.

FERREIRA, Nelson Jesus. **Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIROS-N.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 271 p.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de Satélite para estudos Ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

FLORES, Edílson Ferreira. **Modelagem em Climatologia Geográfica:** um ensaio metodológico aplicado ao Oeste Paulista. 2001. 237 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

GEIGER, Rudolf. **Manual de Microclimatologia:** O Clima da Camada de Ar Junto ao Solo. 2. ed. Tradução de Ivone Gouveia e Francisco Caldeira Cabral, com a colaboração de A. Lobo de Azevedo. Lisboa: Fundação Calouste Gulberkian. 1961. 556 p.

GRILO, Roseana Corrêa. Clima urbano. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 23, n. 45-46. p. 137-143, 1993.

ILERA, Fernando Arroyo; GARCIA, Felipe Fenández. **Aproximación al conocimiento del confort térmico urbano de Madrid.** Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. 1991. 110 p.

JAUREGUI, E. Urban Heat Island Development in Medium and Large Urban Áreas in Mexico. **Erdkunde**, Bonn, band 41, p. 48-51, 1987.

JESUS, Emanuel Fernando Reis de. Algumas considerações a respeito das mudanças

climáticas atuais. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 21, n. 41, p. 45-60. 1991.

JONSSON, Per. Vegetation as an Urban Climate Control in the Subtropical city of Gaborone, Botswana. **International Journal of Climatology, Reading**, v. 24, p. 1307-1322, 2004.

LATINI, Giovanni; PASSENNI, Giorgio. Climatologia e Biometeorologia delle aree urbane: Il clima locale. **Bioarchitettura**. Bressanone, n. 50-51-52, ago./jan. 2006/2007.

LOMBARDO, Magda. **A Ilha de calor nas metrópoles - o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

_____. O processo de urbanização e a qualidade ambiental - efeitos adversos no clima. **Revista Brasileira de Geografia**. São Paulo, n. 52(4), p. 161-166, out./dez. 1990.

_____. **Qualidade Ambiental e Planejamento Urbano**: considerações de método. 1995. 529 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.

MAACK, Reinhard. **Geografia física do Estado Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. 440 p.

MARCHETTI, Delmar A. B.; GARCIA, Gilberto J. **Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1986. 257 p.

MEDEIROS, Carla Valéria; MELO, Mário Sérgio. Processos erosivos no espaço urbano de Ponta Grossa. In SAHR, Cicilian Luiza Löwen; DITZEL, Camencita de Holleben Mello. (Org.). **Espaço e cultura**: Ponta Grossa e os Campos Gerais. Ponta Grossa: UEPG, 2001. p.109-126.

MELO, Mario Sergio de; MORO, Rosemeri Segecin; GUIMARAES, Gilson Burigo. (Org.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: UEPG, 2007. 230p.

MENDONÇA, Francisco A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**: proposição metodológica e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. 1995, 322 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

_____. O clima e o planejamento urbano: a particularidade das cidades de porte médio e pequeno. **Boletim climatológico**, Presidente Prudente, v. 2, p. 21-30, 1996.

MENDONÇA, Francisco; MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Clima Urbano**. Contexto. São Paulo: 2003. 192 p.

MENDONÇA, M. **A dinâmica têmporo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis/SC**. 2002, 343 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

_____. A Dinâmica Têmporo-Espacial do Clima Subtropical na Região Conurbada de Florianópolis/SC. XXIV Semageo, 2003, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: UFSC, 2003. Disponível em: < <http://www.cfh.ufsc.br/~gcn/semageo%2024/resumo8.htm> >. Acesso em: 15 dez. 2006.

MILLS, Gerald. The Urban Canopy Layer Heat Island. **IAUC Newsletter – International Association for Urban Climate**, n. 4, p. 15-19, abr. 2004. Disponível em: <<http://www.urban-climate.org/>>. Acesso em: 20 jan. 2007.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1976. 181 p. (Série teses e monografias, 25).

_____. **O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo**: problemas e perspectivas. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1976. (Série teses e monografias, 28).

_____. Adentrar a Cidade para Tomar-lhe a Temperatura. **Geosul**. Florianópolis, n° 9, p. 61-79, 1990.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto**: Princípios e Aplicações. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1995. 308 p.

OKE, T. R., Johnson, G. T.; STEYN, D. G.; WATSON, I. D. (1991) Simulation of surface urban heat islands under 'ideal' conditions at night. Part 2: Diagnosis of causation. **Boundary Layer Meteorology**. v. 56, n. 4, p. 339–358, set. 1991.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed. London and New York: Routledge, 2005. 435 p.

_____. Canyon geometry and the nocturnal heat island: Comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, Reading, 18 jan. 2007. p. 237-254.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTA GROSSA. **Levantamento das Potencialidades Minerais do Município de Ponta Grossa (resumo)**. Ponta Grossa: Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, 1991. 24 p.

RIBEIRO, Antônio Giacomini. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 23, n. 45-46. p. 288-294, 1993.

RIBEIRO, Carlos Magno; FERREIRA, Vanderlei de Oliveira. Distribuição espacial e temporal da insolação no estado de Minas Gerais. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 23, n. 45-46. p. 170-181, 1993.

ROSSI, Francine A.; KRUGER, Eduardo E. Análise da variação de temperaturas locais em função das características de ocupação do solo em Curitiba. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 10, p. 93-105, 2005.

SAHR, Cicilian Luiza Löwen. Estrutura interna e dinâmica social na cidade de Ponta Grossa. In: SAHR, Cicilian Luiza Löwen; DITZEL, Camencita de Holleben Mello. (Org.). **Espaço e cultura: Ponta Grossa e os Campos Gerais**. Ponta Grossa: UEPG, 2001. p. 13-36.

SAINT-HILAIRE, Auguste de. **Viagem a Curitiba e Província de Santa Catarina**. Tradução de Regina Regis Junqueira. Belo Horizonte: Itatiaia, 1978. 214 p.

SANT'ANNA NETO, João Lima, ZAVATINI, João Afonso. (Org.) **Variabilidade e Mudanças Climáticas: Implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000.

_____. **Os Climas das Cidades Brasileiras: São Luiz (MA), Aracaju(SE), Campo Grande**

(MS), Petrópolis (RJ), Sorocaba(SP) e Presidente Prudente(SP). Presidente Prudente: [s.n.], 2002. 227 p.

SARRICOLEA, Pablo et al. **Análise de la máxima intensidad de la isla de calor urbana nocturna de la ciudad de Rancagua (Chile) y sus factores explicativos**. v. 8, Climatología, Islas Baleárea: 2008. 71-84 p.

SARTORI, M. G. B.; SAYDELLES, A. P. Estudo da insolação direta na área central do perímetro urbano de Santa Maria – RS. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 29. N. 3. p. 453-468, set./dez. 2004.

SILVA, Jorge Xavier da.; SOUZA, Marcelo J. L. **Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1987, 199 p.

SILVA, Maria Elisa Siqueira; GUETTER, Alessandro K. Mudanças Climáticas Regionais Observadas no Estado do Paraná. **Terra Livre**. São Paulo, v 1, n. 20. p. 121-122, 2003.

SIMEPAR. Disponível em: <http://www.simepar.br/> Acesso em: 29 jul. 2007 e 30 jul. 2007.

STORCH H. V.; ZWIERS, Francis W. **Statistical Analysis in Climate Research**. Cambridge University Press. New York, 2003. 455 p.

SVENSSON, Marie K.; ELIASSON, Ingegärd. Diurnal air temperatures in built-up áreas in relation to urban panning. **Landscape and Urban Planning**. St. Louis, v. 61 p. 37-54. Ago. 2002.

TERRA LIVRE. São Paulo: AGB, 2003-. ISSN 0102-8030.

TROPPEMAIR, Helmut. **Biogeografia e meio ambiente**. 3. ed. Rio Claro: Graff Set, 1989. 258 p.

TUBELIS, Antônio; NASCIMENTO, Fernando José Lino do. **Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980. 373 p.

VILLAÇA, Flávio. Dilemas do Plano Diretor. In: CEPAM. **O município no século XXI: cenários e perspectivas**. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima - Cepam, 1999. p. 237 - 247.

WILKS, V. D. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. San Diego: Academic Press, 1995. 465 p.

ZAMPARONI, Cleusa A. G. P.; LOMBARDO, Magda Adelaide. As variações de temperatura e umidade relativa em cidades de pequeno porte em área tropical: estudo de caso - Barra de Bugres e Tangará da Serra, MT. **Revista Matogrossense de Geografia**, Mato Grosso, v. 1, p. 40-60, 1995.

ZAVATINI, João Afonso. A climatologia brasileira, o enfoque dinâmico e a noção de ritmo climático - desenvolvimento, progresso e perspectivas. **Boletim climatológico**, Presidente Prudente, v. 2, p. 11-20, 1996.

ANEXOS

ANEXO 1

PLANILHA PARA COLETA DE DADOS

CURSO DE EXTENSÃO TEORIA E PRÁTICA EM CLIMA URBANO

MINISTRANTE: PROF. GILSON CAMPOS FERREIRA DA CRUZ

PERÍODO: 09 h ÀS 21 h

LOCAL:

DATA: 29, 30, 31/07 e 01/08/2007

INVERNO

DIA DO TRABALHO DE CAMPO

EQUIPE:

HORÁRIO	PARÂMETROS A SEREM REGISTRADOS											
	Tempe- ratura	Tempe- ratura máxima	Tempe- ratura mínima	Umida- de relativa	Umida- de relativa máxima	Umida- de relativa mínima	Direção do Vento	Número de Veículos *	Número de Pessoas *	Nuvens (com relação à quantidade)	Tempo (com relação a tipos: quente, frio, chuvoso, ensolarado, com neblina, nublado)	Sombra (do que? nuvens, construção, árvores etc.) /Sol (fazer observações, durante o intervalo de dada hora)
09 h												
10 h												
11 h												
12 h												
13 h												
14 h												
15 h												
16 h												
17 h												
18 h												
19 h												
20 h												
21 h												

*O número de veículos e pessoas deverá ser contado de 1 minuto antes de iniciar até 1 minuto depois de terminar de registrar os dados.

Obs:

ANEXO 2

Relação dos cursista participantes do Curso de Extensão Teoria e Prática em Clima Urbano

Nº	NOME	RA	Nº de horas	Frequência	Conceito
1	Adriana Aparecida Galvão	061014003	106	94	A
2	Ana Paula Nusda	041032802	106	94	A
3	Audrey Elis Michalake	061033002	51	45	R
4	Carlos André Batista de Mello	051030402	111	99	A
5	Celso Antônio Pietrochinski	061030202	109	97	A
6	Celso Antônio Scudlarek	041030402	107	95	A
7	Cristiane Sampaio	041032902	104	92	A
8	Cristiano Moro Tozetto	* _ * _ * _ *	101	90	A
9	Cynthia Cristiane Sierpin	051011603	98	87	A
10	Diego Fernando de Souza	071010203	106	94	A
11	Diego Sartori Felkl	051011703	110	98	A
12	Ednei Gonçalves	061018003	112	100	A
13	Eduardo Camargo Ferreira da Cruz	* _ * _ * _ *	96	85	A
14	Égerson Soares Pavão	061010503	106	94	A
15	Elicelia Campos Ferreira da Cruz	* _ * _ * _ *	96	85	A
16	Élson Ricardo de Freitas	061011903	98	87	A
17	Fabiano Leczko	041033702	101	90	A
18	Fernanda Cristina Pereira	061012503	109	97	A
19	Fernanda Martins da Silva	041031202	108	96	A
20	Flavia Chelski	041012403	104	92	A
21	Flávio José Auer	041034202	106	94	A
22	Frank Newton de Olivera	051014003	110	98	A
23	Giovana Budny	061010603	112	100	A
24	Guilherme Adamovicz Cordeiro	071013403	106	94	A
25	Haroldo Guarneri Junior	051012003	108	96	A

26	Hugo Queiroz Bagatim	061032502	104	92	A
27	Isis Schmidt Soares	041013703	106	94	A
28	Jacir Muchinski dos Santos	041031302	84	75	A
29	Jeferson Luiz Monteiro Lopes	931033702	95	84	A
30	João Ostrovski Junior	061010703	110	98	A
31	João Otávio Beninca	061011103	103	91	A
32	Jorge Luis Ferrari	041033902	89	79	A
33	José Renato da Luz	051012103	104	92	A
34	Josilene Cristina Gugel Vaquero	041031602	9	8	
35	Karina Kratsch Pena	041030802	97	86	A
36	Kátia Cilene Bueno Rocha	061013303	99	88	A
37	Kleber William Carzino	051032702	106	94	A
38	Leonardo Dalalibera Fonseca	061013603	109	97	A
39	Luciane Pawlinski	041032702	102	91	A
40	Luiz Carlos de Lima Jr	061013803	104	92	A
41	Luiz Reinaldo Ruth Lima	051031402	58	51	R
42	Maira Chistiane Frankiewicz	051032502	104	92	A
43	Márcia Mendes Ribeiro	061011203	109	97	A
44	Maria Inês Vidal	051031602	106	94	A
45	Maria Margaret Lopatiuk	* _ * _ * _ *	103	91	A
46	Marília Miranda Villela	061011303	110	98	A
47	Mario Sérgio Frankiewicz	051032902	108	96	A
48	Munir Abib Miguel Filho	051010903	110	98	A
49	Patrícia Alves Adacheski	071012203	44	39	R
50	Patrícia Fernandes Paes	041032602	105	93	A
51	Paula Camargo Ferreira da Cruz	* _ * _ * _ *	96	85	A
52	Pedro Gomes Bernardino	051012603	105	93	A
53	Pedro Schumacker Maluf	041010203	106	94	A
54	Rafael Dias Ferreira	051013803	109	97	A

55	Rafael Köene	061011503	105	93	A
56	Rafaela Conrado	051011103	52	46	R
57	Regiane Mika	041033202	112	100	A
58	Ricardo Schena de Oliveira	071010403	84	75	A
59	Robson Santos	071011403	106	94	A
60	Rodrigo França Okudo	051011003	52	46	R
61	Sara Ferreira Ribas	051011103	51	45	R
62	Suzana de Fátima Camargo Ferreira da Cruz	* _ * _ * _ *	98	87	A
63	Talita Oliveira de Miranda	051012903	106	94	A
64	Thiago Mej	061013403	102	91	A
65	Tiago Osório	041030602	95	84	A
66	Valdirene Aparecida Veiga	041033002	91	81	A
67	Wagner Rodrigo de Almeida Moura	040034402	90	80	A