

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO-MESTRADO EM GEOGRAFIA

ANA CLAUDIA CARFAN

DINÂMICA DA CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA NA REGIÃO DE MARINGÁ

Maringá
2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ANA CLAUDIA CARFAN

DINÂMICA DA CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA NA REGIÃO DE MARINGÁ

Dissertação apresentada ao Curso de Pós -
Graduação em Geografia Física da
Universidade Estadual de Maringá, para a
obtenção do título de Mestre.

Orientador:
Dr. Jonas Teixeira Nery

Co-orientador:
Dr^a. Sônia Maria Stivari

Maringá
2005

A meus pais, Merched e Otanir, com amor e gratidão pelo apoio constante me incentivando a não desistir.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Jonas Teixeira Nery, pela sua orientação e contribuição para o meu crescimento científico e intelectual.

A prof. Dr^a. Sônia Maria Stivari, pela sua orientação, críticas, sugestões e atendimento em horas difíceis.

Agradeço à Estação Climatológica de Maringá, estação do Centro de Treinamento e Irrigação e ao SIMEPAR pelos dados fornecidos sem os quais este trabalho não seria possível.

A Maria de Lurdes Orsini Fernandes, técnica do Departamento de Física da UEM, pela auxílio constante durante todo o processo de elaboração do trabalho.

A Prof. Msc. Andréa Aparecida Zacharias, professora da UNESP – Ourinhos, pelas idéias e sugestões referentes às imagens de satélite aplicadas neste trabalho.

A Isabela da Costa, aluna do curso de Geografia da UEM, pela digitação e organização dos dados meteorológicos.

Aos companheiros de cursos, que se tornaram amigos, Sueli Ichiba, Patrícia de Souza e Luiz Carlos de Azevedo, obrigada pelo companheirismo e solidariedade.

A grande amiga, Isabel Barbosa dos Anjos, pelo apoio e incentivo durante o curso.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo estudar a dinâmica da circulação climática no município de Maringá, PR, região Sul do Brasil. Foram analisados dados diários dos seguintes parâmetros meteorológicos: precipitação pluvial e temperatura do ar. Os dados foram fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM), Centro Técnico de Irrigação (CTI) e Estação do SIMEPAR. Para o estudo da frequência de precipitação pluvial foram calculados os percentuais de dias com precipitação pluvial, em relação ao total de dias estudados e através da frequência analisada, foi classificada a intensidade da precipitação pluvial, de acordo com um intervalo de classe estipulado, destacando quais destes intervalos ocorreram com mais frequência (SORIANO, 1999). Para a análise de tendência foram utilizados os cálculos da regressão e média móvel, confeccionado o gráfico mensal com a reta de regressão linear e a média móvel. Para a confecção dos ombrotérmicos e das evoluções das temperaturas máximas e mínimas foi utilizado o *software* STATÍSTICA. Utilizou-se também, o modelo TVM e através desse modelo foi feita a simulação da circulação do vento e temperatura do ar, na área de estudo. Na classificação para a intensidade de precipitação pluvial verificou-se que a *precipitação muito fraca* predomina com alta frequência, seguido das *precipitações fracas*. *Precipitações moderadamente fortes* e *fortes* ocorrem com menor frequência. Já as *precipitações muito fortes*, onde estão considerados os casos máximos de precipitação apresentou uma frequência relativamente alta para o período, estando abaixo das *precipitações fracas*. A análise de tendência climática apresentou um acréscimo não significativo na temperatura, sendo a estação do CTI a que apresentou a maior variação, seguida da estação da UEM e do SIMEPAR. O modelo TVM apresentou grande similaridade com a realidade, mostrando as diferenças de temperaturas entre as áreas urbanas e rurais. O modelo simulou razoavelmente bem a direção e intensidade do vento, demonstrando que a topografia local é mais significativo que o campo térmico gerado pela cidade na determinação dos mesmos. Observou-se ainda a importância da vegetação no declínio da temperatura quando a superfície solo exposto apresentou as temperaturas mais elevadas da área de estudo.

Palavras chaves: Dinâmica climática. Maringá. Elementos climáticos. Modelagem.

ABSTRACT

The purpose of work is the study the urban climate and to verify the possible existence of heat island in the city. Were analyzed daily data of rainfall and temperature, Climatological Station of Maringá (UEM), Irrigation Technology Center Station (UEM) and SIMEPAR Meteorological Station. For the study of the rainfall frequency, the percentage of days with rainfall were calculated in relation to the total of studied days and through the frequency analyzed, the intensity of precipitation was classified in accordance with a determined class interval emphasizing which of these intervals occurred with more frequency. For the analysis of the trends, calculations of the regression and variable average were used, the monthly graph with the straight line of linear regression and the variable average were made. For the making of the ombrothermic graphs and the evolutions of the maximum and minimum temperatures, the software STATÍSTICA was used. In TVM model through this model, a simulation of wind circulation and temperatures in that area was performed.

The result has showed that not significant temperature trend was observed. TVM model presented great similarity with the reality, showing the differences of temperatures between the urban and agricultural areas.

Key words: Urban climate. Maringá. Climatological elements. Numerical model.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Justificativa.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Caracterização do Clima na Região Sul do Brasil.....	12
2.2 Estudos de Clima Urbano.....	14
2.3 Modelo TVM.....	19
3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
4 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS.....	22
4.1 Modelagem Numérica.....	25
4.1.1 Estrutura do Modelo TVMNH Versão 30c.....	27
4.1.1.1 Camada limite superficial.....	27
4.1.1.2 Solo.....	27
4.1.2 Organização do Modelo TVMNH30c.....	30
5 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	31
5.1 Freqüência de Precipitação.....	31
5.2 Tendência da Temperatura.....	39
5.3 Estudo Comparativo de Precipitação e Temperatura	51
5.4 Modelagem.....	54
5.4.1 Período de Verão.....	57
5.4.2 Período de Inverno.....	71
5.4.3 Evolução Temporal da Temperatura.....	82
5.4.4 Simulação do Balanço de Energia.....	84
6 CONCLUSÃO.....	87
REFERÊNCIAS	89
ANEXOS.....	93

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da revolução industrial as cidades passaram a crescer vertiginosamente. Os espaços urbanos foram sendo criados, sem planejamento, para atender a demanda da população que migrava da área rural para as áreas urbanas. As modificações causadas pelo homem na água, no solo e no ar agravaram problemas ambientais e o clima local.

É a partir da Revolução Industrial que os estudos relativos à qualidade de vida urbana tem início, embora seja no século XX, principalmente a partir da Segunda Guerra Mundial, que o desenvolvimento dos mesmos tenha sido mais marcante. Nos últimos trinta anos, aproximadamente, essa temática ganhou relevância na seara de preocupações de cientistas, políticos, administradores e da sociedade em geral, devido às consideráveis modificações introduzidas pelo processo de urbanização no ambiente precedente e à criação, na maioria das vezes, de condições ambientais prejudiciais à vida (MENDONÇA, 2000).

Ao estudar o clima urbano é fundamental entender os processos da camada limite, que é a parte da troposfera que está diretamente influenciada pela superfície e é onde ocorrem os fenômenos que atinge diretamente a população dessas áreas urbanizadas.

É na camada limite que se encontra a ação de forçantes como fricção de arrasto, evaporação e transpiração, transferência de calor, emissão de poluentes, transporte de massa e energia, que ocorrem no espaço de tempo de uma hora ou menos.

Quando se constrói espaços urbanos modifica-se o balanço de energia. Uma das principais conseqüências desta alteração é a formação de ilhas de calor que traz grande desconforto, principalmente para as regiões dos trópicos.

Há vários fatores responsáveis pela formação e pela acentuação da ilha de calor. Dentre esses fatores tem-se a propriedade térmica dos materiais de construção, que absorvem rapidamente o calor e devolvem lentamente. A ausência de vegetação e a impermeabilização do solo, que reduzem drasticamente a evapotranspiração e, conseqüentemente, diminui a umidade e o resfriamento. Pode-se citar o albedo dos materiais de construções que reemitem maior radiação, fábricas e veículos automotores introduzindo na atmosfera CO₂, CO, óxidos de enxofre e nitrogênio, material particulado, poluentes que modificam o equilíbrio energético das áreas urbanas.

Segundo Spirn (1995), edifícios e ruas-desfiladeiros, com suas mudanças de forma e altura, formam uma camada de fricção à camada de ar mais próxima à superfície do solo, diminuindo então a velocidade do vento. Com a diminuição da velocidade tem-se menor dispersão de poluentes e formação das ilhas de calor. Os ventos podem chegar a ter nas cidades metade da velocidade que têm nas áreas rurais.

São vários os problemas ambientais causados pelas ações antrópicas, tornando-se inevitável, o estudo do clima urbano, com o objetivo de identificar problemas e buscar soluções.

Existe na literatura geográfica e climatológica, diversos estudos referentes à influência dos espaços urbanos nas variáveis climatológicas, sendo a maioria deles nas áreas temperadas. Os primeiros estudos da influência da cidade sobre a atmosfera local foram feitos na Inglaterra. Nas áreas tropicais esses estudos são menos numerosos e nas cidades brasileiras é muito recente, datando da década de 1970.

Maringá por ser conhecida como uma cidade densamente arborizada e com uma população estimada em 318.952 habitantes (2005), resolveu-se estudar a interferência da urbanização na dinâmica local e as alterações ocorridas na temperatura e na precipitação pluvial ao longo do tempo.

1.1 Justificativa

O processo de urbanização alcançou grandes proporções a partir de meados do século XIX, onde a paisagem natural deu lugar a um ambiente artificial acompanhado de problemas, tais como maior concentração de poluentes do ar e da água, degradação do solo e subsolo.

As alterações causadas pela construção do espaço urbano podem variar em virtude da intensidade do uso do solo, a localização do sítio urbano no território e da dinâmica climática.

Segundo Lombardo (1982): “A intensidade de urbanização, expressa em termos de espaço físico construído, altera significativamente o clima”. A alteração da temperatura é um dos principais exemplos dessa alteração do clima. Estudos comprovam que, nas cidades densamente construídas, a diferença de temperatura entre o centro da cidade e seu entorno, podem chegar a mais de 7°C. O ambiente construído altera o balanço de energia e pode gerar bolsões, denominados ilhas de calor.

Um dos principais fatores da formação das ilhas de calor nas áreas urbana é a ausência de vegetação no espaço construído. As áreas verdes têm grande influência na manutenção da temperatura, pois absorve a radiação solar e o dióxido de carbono no seu processo de fotossíntese, suavizando as temperaturas extremas. Sendo assim, em uma cidade densamente arborizada, como é o caso de Maringá, poderia ter os efeitos das ilhas de calor reduzidos ou até mesmo eliminados.

Avaliar os impactos da urbanização sobre a circulação local é necessário servindo de subsídio para o planejamento urbano, sensibilizando o poder público para a necessidade de investimento nessa área.

Análise comparativa de dados de temperatura e precipitação pluvial estudados por Maack (2002) e de dados atuais das mesmas variáveis meteorológicas, foram

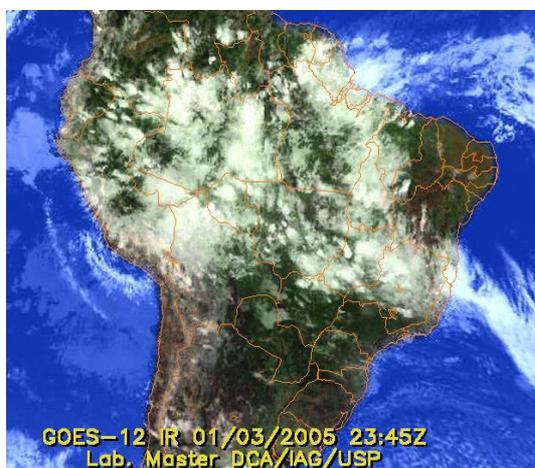
realizados buscando encontrar alguma tendência devido ao desmatamento e a ocupação humana da região analisada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

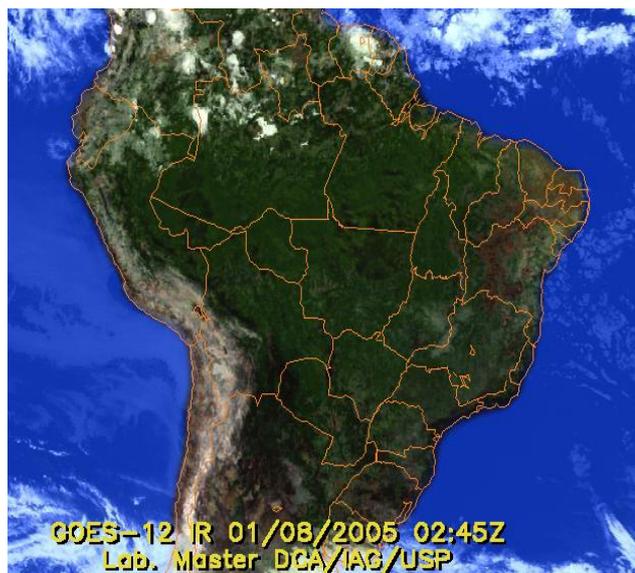
2.1 Caracterização do Clima na Região Sul do Brasil

Segundo o IBGE (1977), Maringá pertence à região Sul do Brasil e, tem seus sistemas circulatórios sujeitos as grandes flutuações anuais, no entanto não chega a influir na variabilidade térmica com a mesma importância como influi na variabilidade pluviométrica, não estando sujeita a significativo desvio térmico.

Segundo Nery (1996), estudos realizados no Sul do Brasil têm mostrado que o verão está dominado por sistemas convectivos, oriundos do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), mais para o Sul da linha do Equador. Esse deslocamento mais para o sul da ZCIT, intensifica a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), originando chuvas intensas sobre os Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná. Pode-se observar através das imagens de satélites uma situação de verão, com muita umidade sobre grande parte do continente sul americano e outra imagem onde não aparece essa nebulosidade (período de inverno).



Fonte: Imagem de Satélite GOES, Instituto Astronômico e Geofísico (IAG), USP.



Fonte: Imagem de Satélite GOES, Instituto Astronômico e Geofísico (IAG), USP.

Vários autores vêm demonstrando que uma das principais causas da variabilidade climática no Sul do Brasil, principalmente a precipitação pluvial, advém da ocorrência do fenômeno El Niño.

Trenberth (1997), entre outros, denomina o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) como um fenômeno de grande escala, caracterizado por anomalias no padrão de temperatura da superfície do Oceano Pacífico Tropical que ocorrem de forma simultânea com anomalias no padrão de pressão atmosférica das regiões de Darwin e Tahiti.

A dinâmica climática da região Sul do Brasil é, portanto complexa tendo diversos agentes provocadores de fenômenos meteorológicos importantes na explicação das diferentes escalas, nessa área de estudo, tais como, massas polares, Complexos Convectivos de Mesoescala, Zona de Convergência do Atlântico Sul e, ainda que indiretamente, atuação dos sistemas mesociclônicos, originários em Santa Catarina.

2.2 Estudos de Clima Urbano

O clima urbano pode ser caracterizado como um sistema de integração entre as características da atmosfera local e as atividades humanas. O homem, na criação de seu espaço urbano, altera constantemente o clima original, alterando também, entre outras coisas, o balanço de energia (SPIRN, 1995).

Segundo Ayoade (1991, p. 300) o homem vem influenciando o clima principalmente nas áreas urbanas:

O maior impacto do homem sobre o clima acontece nas áreas urbanas. O homem tem exercido um impacto tão grande nessas áreas, que o clima urbano é bastante distinto, por suas características, do clima das áreas rurais circundantes [...]. As propriedades térmicas e hidrológicas da superfície terrestre, assim como seus parâmetros aerodinâmicos são modificados pelos processos de urbanização e industrialização.

Os primeiros estudos realizados sobre o clima urbano iniciaram-se em Londres, por Evelyn (1661) e Howard (1833), citados por Lombardo (1985).

OKE (1973) estudou a relação entre o tamanho das cidades norte americanas e européias, relacionadas ao total de habitantes e a intensidade da ilha de calor e obteve resultados que confirmaram essa relação.

No estudo de clima urbano faz-se necessário o entendimento da camada limite planetária que é a parte da atmosfera que está diretamente influenciada pela superfície terrestre e corresponde à ação de forçantes na superfície que ocorrem num período de uma hora ou menos. Dentre essas forçantes pode-se citar: evaporação e transpiração, transferência de calor, emissão de poluentes e a indução do fluxo modificado pela superfície.

O emprego de modelos, no estudo de clima urbano, tem sido utilizado com resultados significativos, simulando alterações na camada limite.

Maitelli (1994, p. 44) diz que conhecer o balanço de energia de uma superfície é fundamental para entender a camada limite:

As aglomerações urbanas causam fortes alterações no Balanço de Energia da superfície local quando comparado ao Balanço de Energia de uma superfície vegetada. A estocagem de energia é aumentada devido aos componentes do tecido urbano, o que contribui para manter o ar aquecido por mais tempo, enquanto a remoção da vegetação e a redução das superfícies líquidas diminuem as taxas de evapotranspiração. Além disso, a poluição do ar e a introdução de calor pelas atividades da população contribuem para elevar a temperatura local fazendo com que muitas cidades tenham diferenças superiores a 10°C entre áreas centrais e arredores.

Segundo Ayoade (1986) o balanço de energia é um conceito utilizado na Climatologia para relacionar o fluxo de radiação líquida à transferência de calor latente e de calor sensível, sob a forma da equação: $R = LE + H + G + \Delta f + P$, onde R é o balanço de radiação, LE é o calor latente da evaporação, H é o calor sensível, Δf é a advecção (Anexo II) para dentro ou para fora da armazenagem e P é a energia usada para a fotossíntese.

Spirn (1995) menciona os diversos problemas causados pelo crescimento das cidades, tanto em tamanho, quanto em densidade. Dentre esses problemas encontrou-se a formação de ilhas de calor, inversão térmica e uma grande variação de microclimas, causados pela emissão de poluentes pelos veículos automotores e fábricas, pela capacidade térmica dos materiais de construção que absorvem calor e o estocam durante o dia, liberando-o à noite, pelo aprisionamento de poluentes nos chamados “cânions urbanos”.

A vegetação é uma grande aliada na melhoria da qualidade de vida nas cidades, sendo fundamental a existência de parques e praças. Spirn (1985, p. 86) escreve sobre a importância da vegetação na qualidade do ar nas cidades:

As árvores removem parte do monóxido de carbono e dos particulados emitidos pelo tráfego de veículos [...]. Já que a taxa de remoção dos poluentes gasosos depende do vigor da árvore, as espécies devem ser selecionadas por sua resistência às condições urbanas [...]. Como o

solo é também um eficiente absorvente de poluentes, a remoção dos poluentes é melhorada quando árvores são plantadas em solos cobertos por folhas e plantas, em vez de pavimentados.

Monteiro et al. (2003) apresentam uma metodologia de estudo de clima urbano, onde propõe a terminologia Sistema Clima Urbano (SCU) para abordar integrações e alterações entre clima e cidade.

Arnfield e Grimmond (1998) fizeram um estudo de um modelo de armazenamento de energia, através do Objective Hysteresis Model (OHM), que simula as características da atmosfera na área urbana e compararam os resultados com outro modelo de ar seco. Os resultados obtidos foram satisfatórios, principalmente com relação ao balanço de energia.

Cleugh e Grimmond (2001) fizeram um estudo comparativo do balanço de energia entre uma área rural irrigada e não irrigada e uma área urbana na cidade de Sacramento, Califórnia, Estados Unidos. Eles utilizaram dados de fluxo de calor e vapor d'água para simular a profundidade da camada mista. Também utilizaram séries temporais de temperatura para verificar o fluxo de calor sensível através do modelo. Os resultados obtidos foram satisfatórios, onde o modelo conseguiu fornecer uma boa estimativa do fluxo de calor para os diferentes tipos de uso de solo.

Segundo Arnfield (2003): “O conceito de escala é fundamental para entender os caminhos da interação entre os elementos da área urbana com as camadas atmosféricas adjacentes”. Ainda, segundo o autor, na camada de teto urbana (com rugosidade do chão até o teto), processos de fluxo de ar e troca de energia são controlados em microescala, com características e processos específicos. Já a camada limite urbana, afetada por diferentes usos de solo é um local de meso-escala controlado por processos de operações de grande escala espacial e temporal. A distinção vai além da meso-escala, por isso reflete diferentes conjuntos de processos.

Oke (2004) fornece instruções de como se gerar dados de clima urbano, em um ambiente heterogêneo e complexo, assim como, quais as melhores escalas para se trabalhar, as melhores maneiras de obter dados de temperatura, pressão, umidade, velocidade e direção dos ventos entre outros parâmetros.

Arnifield (2003) fez uma revisão da pesquisa do clima urbano do período entre 1980/2000, onde cita os principais trabalhos na área como Oke (1976) e Landsberg (1981), destacando como elementos formadores do clima urbano a rugosidade da superfície, a turbulência na atmosfera, balanço de energia e a formação de ilha de calor.

A preocupação com a queda da qualidade ambiental das grandes cidades brasileiras, fato que se tornou mais evidente a partir da década de 1960 foi o principal fator a impulsionar o surgimento dos estudos relacionados ao clima urbano no Brasil. Entretanto, foi a partir da década de 1970, que a pesquisa em Climatologia Urbana registrou os primeiros estudos de caso; daquela fase inicial para os dias atuais se observou um grande avanço, o que se pode constatar a partir de um levantamento aproximado das cidades que foram alvo de estudos de seu ambiente atmosférico, no país.

Lombardo (1985) apresentou um estudo do clima da cidade de São Paulo, onde destaca a formação de ilhas de calor na metrópole. Neste trabalho a autora utilizou dados de imagens de satélite, fotografias aéreas e dados colhidos no local para definir as áreas da cidade onde há formação de ilhas de calor, além de fornecer uma ampla revisão bibliográfica, sobre estudo de clima urbano já realizado.

Encontrou-se uma definição de ilha de calor em Lombardo (1985, p. 23, 24 e 27):

Uma das mais significativas expressões da alteração climática na cidade diz respeito aos valores de temperatura e concentração de poluentes [...]. As cidades contribuem para alteração do balanço de energia gerando bolsões sobre as áreas urbanas, denominadas ilhas de

calor [...]. A ilha de calor urbana corresponde a uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas, o que propicia o surgimento de circulação local. O estudo da ilha de calor deve estar condicionado aos atributos ligados à ação antrópica sobre o ambiente urbano, aos condicionantes geocológicos e exige um arcabouço teórico capaz de enquadrar, no tempo e no espaço, fatos complexos e simples da realidade urbana.

Maitelli (1994) faz um estudo dos efeitos da urbanização na temperatura e umidade do ar na cidade Cuiabá-MT, com utilização de análise estatística de série temporal, observações horizontais, móveis e fixas, de temperatura e umidade entre as áreas urbanas e suburbanas e uma análise usando o método de Bowen, do balanço de energia na área central da cidade.

Amorin (2000) comparou as diferenças de temperatura e umidade relativa entre o verão e o inverno, na cidade de Presidente Prudente (SP). A autora utilizou-se de fotografias aéreas, cartas hipsométricas e medidas para as seguintes variáveis meteorológicas: temperatura do ar, umidade relativa e direção do vento. Constatou as transformações ocorridas ao longo do tempo, com alterações do uso e ocupação do solo e tendência de elevação da temperatura, provocada pelo processo de crescimento da cidade.

Brandão e Lucena (2003) estudaram a influência das ilhas de calor no conforto humano na área central da cidade do Rio de Janeiro e constataram que, mesmo o ambiente mais confortável da área de estudo, apresentou situações de desconforto em pelo menos um horário do dia.

Souza (1996) analisou a influência da geometria urbana na temperatura do ar na cidade de São Carlos (SP), verificando a existência de ilha de calor e sua ordem de grandeza, através de dados coletados, medidas fixas e móveis, de temperatura e umidade relativa.

Com relação às várias unidades climáticas urbanas, Tarifa et al., (2001, p. 48) afirmam que: “As diferentes formas, arranjos e conteúdos da urbanização dão origem a vários núcleos de Unidades Mesoclimáticas. Essa passagem ou transição não é absoluta, nem muito nítida, são várias mudanças até alcançar-se o nível inferior ou superior”.

Sant’Anna Neto (2002) organizou trabalhos de vários autores sobre o clima local e urbano de várias regiões geográficas do país, em cidades de diferentes portes como Campo Grande (MT) e São Luis (MA), demonstrando as variações que a mancha urbana provoca nos condicionantes atmosféricos.

2.3 Modelo TVM

O modelo Topografic Vorticityu-Mode Mesoscale- β (TVM-30C) foi desenvolvido por Bornstein (1975), com nome de URBIMET, uma versão hidrostática e bi-dimensional, para estudar a estrutura da camada limite de áreas urbanas em terrenos planos.

Borstein et al. (1986) expandiram o URBIMET para três dimensões ainda na forma hidrostática e utilizaram o modelo para simular a influência da área urbana sobre as frentes da brisa marítima na cidade de Nova Iorque, Estados Unidos.

Uma nova versão foi desenvolvida por Schayes e Thunis (1990), denominada TVM e incluindo os efeitos da topografia.

Thunis e Clappier (2000) descreveram as fórmulas e aplicações do modelo não-hidrostático, o TVM e fazem uma comparação com o modelo bi-dimensional.

Karam et al., (1995, 1996) utilizou o modelo para simular a circulação induzida termicamente pela topografia na região de Iperó (SP) e para simular a evolução temporal e espacial da Camada Limite Planetária (CLP) na dispersão de SO₂ na região de Candiota (RS).

Stivari (1999) fez um estudo da brisa lacustre do lago formado pela hidrelétrica de Itaipú, onde utilizou dados de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluvial de estações climatológicas, além de um balão de radiossondagem e, através do modelo TVM, estabeleceu o papel dominante da brisa sobre a região.

3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Maringá foi fundada em 10 de maio de 1947 como distrito de Mandaguari. Em 1948 passou à categoria de Vila, sendo elevada a município através da Lei nº790 de 14/11/1951, tendo como distritos Iguatemi, Floriano e Ivatuba. A categoria de COMARCA foi elevada em 1954. A partir de 1998, tornou-se sede da Região Metropolitana, integrada, além de Maringá, pelos Municípios de Sarandi, Paiçandu, Mandaguaçu, Marialva, Mandaguari, Iguaraçu e Ângulo.

O município de Maringá situa-se geograficamente no Norte do Paraná, no terceiro Planalto ou planalto do *Trapp*, entre as coordenadas 23°25'S e 51°57'O, sendo cortada ao sul pela linha imaginária do Trópico de Capricórnio, na altura do Cemitério Público. Localizada a 430Km da capital, Curitiba, sua sede urbana possui uma área de 131.224.500m². Possui uma população de 288.653 habitantes, segundo o IBGE (2001) e uma população estimada para 2005 de 318.952 habitantes.

A vegetação natural desta cidade está ligada às condições climáticas e ao relevo, e é formada florestas.

Segundo Maack (2002), a primeira cobertura vegetal da parte Norte do estado do Paraná (terceiro Planalto) era de floresta pluvial tropical com uma vegetação diversificada e uma gradativa transição para o sub - tropical relacionada à altitude. Essa cobertura vegetal era rica em palmeiras do tipo *Euterpe edulis*, conhecida como palmito, cedros, canelas e massarandubas que atingiam até 50m de altura, com troncos de 1.5 a

3.0m de diâmetro. Ainda segundo Maack (2002), essa floresta primitiva foi substituída pela cultura cafeeira e sua derrubada mais intensiva ocorreu em 1935.

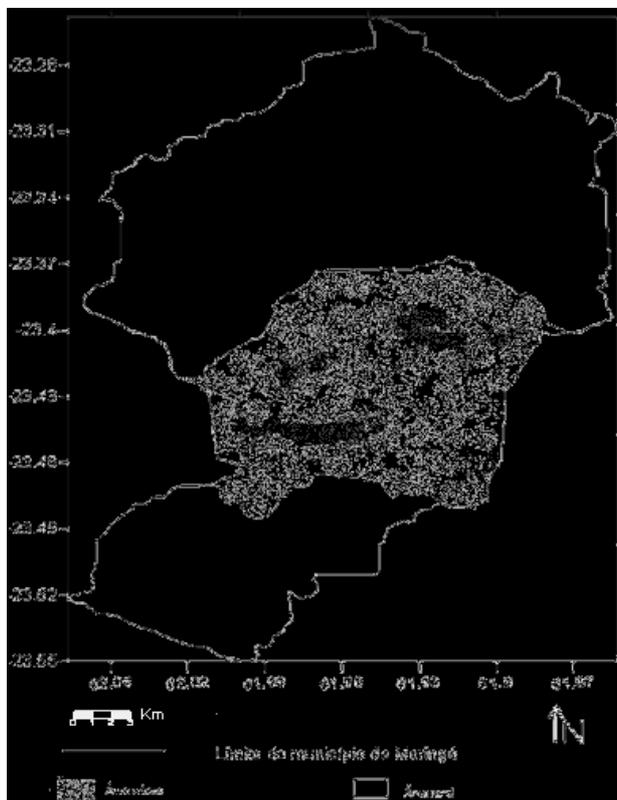


Figura 1 – Mapa do município de Maringá

As intensas técnicas agrícolas empregadas fizeram com que as florestas naturais da região se transformassem em apenas florestas secundárias, capoeiras e rasteiras (MAACK, 2002). A área urbana possui densa arborização com uma árvore para cada quatro habitantes, totalizando juntamente com os três bosques (Parque do Ingá, Bosque 2 e Horto Florestal) de florestas nativas preservadas, 25.9m² de área verde por habitante, aproximadamente (MARINGÁ, 2004).

O município situa-se em zona de altitude compreendida entre as cotas de 500 e 600m em relação ao nível do mar. O substrato litológico está constituído de basaltos sobre os quais se desenvolvem os espessos mantos de solos lateríticos, argilosos,

porosos, marrom avermelhados, conhecidos por latossolos roxos e terra roxa estruturada.

Localizada entre as bacias hidrográficas dos rios Ivaí (afluente do rio Paraná) e Pirapó (afluente do rio Paranapanema), é banhada pelos rios: Pirapó (manancial que fornece água para o abastecimento da cidade), Camapuã, Mandacaru, Centenário, Morangueira e Maringá, segundo Anjos (2003).

O clima predominante da região é do tipo sub - tropical, onde a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a temperatura média anual é superior a 20°C, com verões chuvosos e invernos secos. As massas de ar Equatorial Continental e Equatorial Atlântica, com origem na região equatorial, caracterizam o clima das regiões sul e sudeste, principalmente na primavera e verão, que, segundo Maack (2002) é subtropical úmido, pertencente ao tipo *Cfa* (clima mesotérmico úmido de verão quente). Deffune (1994), através de uma pesquisa realizada entre 1976 e 1992, afirma que o clima pode ser *Cw'h* (clima tropical mesotérmico úmido com chuvas de verão e outono). Os dois autores utilizaram a classificação de Köppen (1948).

4 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

Foram analisados os seguintes dados diários: precipitação pluvial e temperatura do ar. Os dados foram fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM), na Universidade Estadual de Maringá (UEM), área com entorno densamente construído, situada em 23°24'16"S e 51°55'56"O, com uma altitude de 541m; estação do Centro Técnico de Irrigação (CTI), na UEM, área de manejo e irrigação e pouco construída, situada em 23°23'55"S e 51°56'04"O, com uma altitude de 503m e Estação do SIMEPAR (COPEL) situada em 23°26'45"S e 51°59'15"O, com uma altitude de 577m.

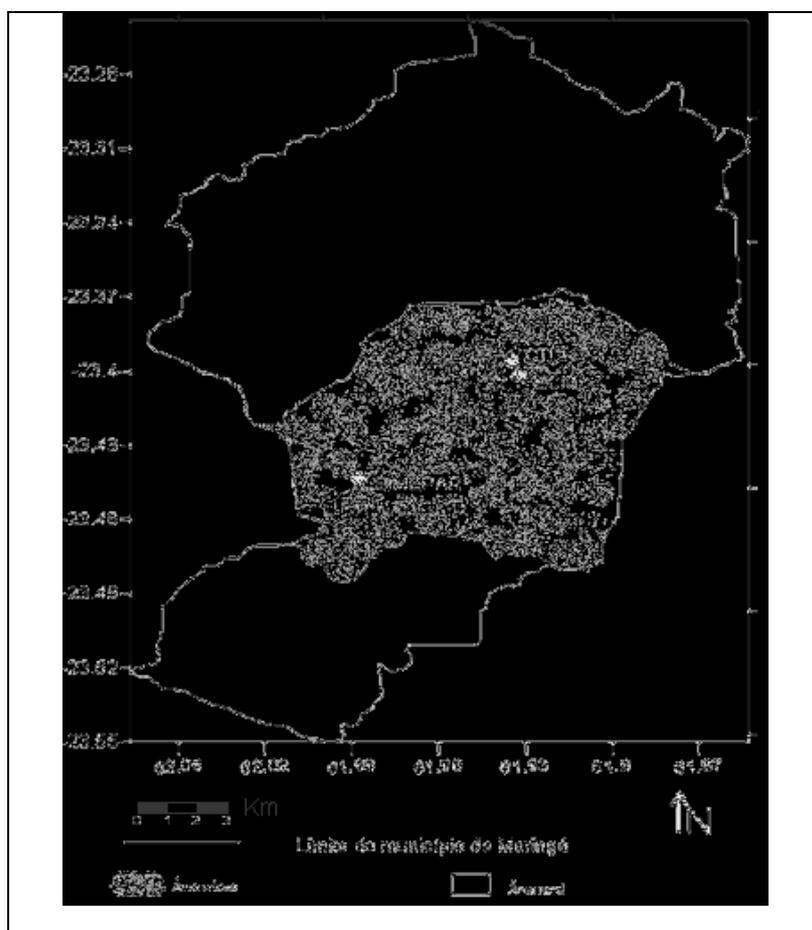


Figura 2 – Mapa de Maringá com a localização das estações: ECPM, CTI e SIMEPAR

Para o estudo da frequência de precipitação pluvial para o período de 11 anos (1993 a 2003), com dados das estações ECPM e CTI e para o período de 5 anos (1999 a 2003), com dados das estações ECPM, CTI e SIMEPAR foram calculados os percentuais de dias com precipitação pluvial, em relação ao total de dias estudados. Através da frequência analisada, foi classificada a intensidade da precipitação pluvial, de acordo com um intervalo de classe estipulado (Tabela 1), destacando quais destes intervalos ocorreram com mais frequência (SORIANO, 1999).

Tabela 1 - Classificação da intensidade de precipitação de acordo com o intervalo de classe.

Intervalo de precipitação (mm)	Classificação da intensidade de precipitação (mm/dia)
[1;5)	Muito fraca
[5;10)	Fraca
[10;15)	Moderadamente Fraca
[15;20)	Moderada
[20;25)	Moderadamente Forte
[25;30)	Forte
>30,01	Muito forte

Para a análise de tendência foram utilizados os cálculos da regressão e média móvel, confeccionado o gráfico mensal com a reta de regressão linear e a média móvel, nas seguintes séries de temperaturas: ECPM, CTI e SIMEPAR, para o período de 2000/2001. Também foi realizado o mesmo cálculo para ECPM, para o período de 1976/2003.

Foram confeccionados gráficos ombrotérmicos e das evoluções das temperaturas máximas e mínimas para os anos de 1999 a 2001. Elegeram-se esse período por possuir dados completos para as três estações selecionadas (do SIMEPAR, ECPM e CTI). Utilizou-se para essas análises o *software* STATÍSTICA.

Na modelagem, para a simulação da circulação do vento e da temperatura no nível do solo e em 15m, foram utilizadas duas imagens de satélites, Landsat-5/TM, fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), dos dias 28/03/2004 e 17/01/2004. Essas imagens foram utilizadas para o estudo espacial da área e transformadas em grades para serem utilizadas no modelo TVM. O critério de escolha desses dias, para a obtenção das imagens, partiu da base que o modelo TVM requer dias com céu claro, ou seja, sem nuvens. Foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5, que

possibilitou uma melhor visualização do uso de solo e vegetação. Os horários escolhidos para a análise da evolução da camada limite foram às 15h e às 18h. Às 15h tem-se uma maior radiação solar incidente e às 18h essa radiação torna-se consideravelmente atenuada, contrastando o balanço energético.

Com as grades numéricas, fornecidas pelo modelo TVM, foram feitos estudos da evolução da camada limite e das temperaturas para cada tipo de uso de solo classificado (figura 14), através de gráficos confeccionados com o software *ORANGE*.

Foram feitos estudos comparativos de dados de temperaturas médias mensais, médias das máximas e médias das mínimas, estudados por Maack (2002) para o período de 09/1948 a 08/1957 e dados fornecidos pela Estação Climatológica de Maringá para o período de 09/1994 a 08/2003. Também foram realizados estudos comparativos de dados de precipitação pluvial, média mensal, estudados por Maack (2002) para o período de 1948 a 1960 e dados fornecidos pela Estação Climatológica de Maringá para o período de 1991 a 2003, onde escolha do período ocorreu pela disponibilidade dos dados.

4.1 Modelagem Numérica

O modelo numérico TVM foi desenvolvido por Bornstein (1975). Originalmente chamado de URBMET, a versão hidrostática, bi-dimensional, com as aproximações de Boussinesq apud Stivari (1999), para convecção rasa, foi desenvolvida para estudar a estrutura da camada limite de área urbana em terrenos planos. A formulação original incluía somente a versão hidrostática.

O URBMET foi expandido para três dimensões em 1986 (Bornstein et al., 1986, 1987) ainda na forma hidrostática, mas todos os três componentes da velocidade podiam ser obtidos através da inversão da função de corrente para as direções x e y.

Esta versão foi usada para simular a influência da região urbana sobre as frentes da brisa marítima que atingem a cidade de Nova Iorque.

Uma nova versão do URBMET foi feita incluindo os efeitos da topografia. A nova versão foi denominada de TVM (Topographic vorticity-mode mesoscale- β) e foi desenvolvida por Schayes e Thunis (1990). Uma descrição das equações numéricas utilizadas na versão hidrostática é dada por Karam (1995). O TVM manteve a estrutura do URBMET, mas todas as equações foram escritas usando-se coordenadas sigma-z. A principal característica do TVM é a utilização da equação da vorticidade em vez da equação do movimento, tradicionalmente utilizada em modelos de mesoescala. Segundo Stivari (1999) a vantagem em estudarem-se fenômenos de mesoescala, usando-se as equações de vorticidade está no fato da eliminação algébrica dos termos de perturbação de pressão nas equações dinâmicas de convecção rasa. Outra vantagem está no fato da integral da vorticidade sobre um volume ser igual à circulação. Os resultados obtidos usando-se as equações de vorticidade podem ser diretamente interpretados.

Os estudos realizados utilizando-se o TVM têm mostrado que ele pode simular, com precisão, muitas características observadas da evolução diurna da Camada Limite Planetária (CLP) de ambientes urbanos, com poluição e sob a influência de brisas em áreas de terrenos complexos.

Esta versão foi usada no Brasil para simular a circulação induzida termicamente pela topografia da região de Iperó, São Paulo e para simular a evolução temporal e espacial da CLP e dispersão de SO_2 da região de Candiota no Rio Grande do Sul (KARAM, 1995, 1996).

A versão utilizada para este trabalho é uma versão não hidrostática (TVMNH) foi mantida com algumas implementações como, por exemplo, o *Piecewise Parabolic Method*, Carpenter (1990) apud Stivari (1999) para o esquema de advecção.

4.1.1 Estrutura do TVMNH Versão 30c

O modelo numérico TVMNH30c é um modelo tridimensional, não hidrostático, incompressível e segue as aproximações de Boussinesq apud Stivari (1999). O modelo contém duas camadas de solo e duas camadas atmosféricas.

4.1.1.1 Camada limite superficial

A camada limite superficial (CLS) é a camada mais próxima da superfície e corresponde aos dois primeiros níveis do modelo. Nesta camada os fluxos turbulentos são considerados constantes e diagnosticados através da teoria da similaridade de Monin-Obukhov apud Karam (1996).

4.1.1.2 Solo

O modelo TVM simula duas camadas de solo, a primeira tem uma profundidade (d_1) de 10cm e a profundidade da segunda camada corresponde à alcançada pela onda anual de temperatura.

A temperatura da superfície para cada classe de ocupação do solo é prognosticada pelo método da força restauradora (DEARDORFF, 1978), exceto para a temperatura da água que é mantida constante:

$$\frac{\partial T_g}{\partial t} = -c_1 \frac{Q_g}{c_s \rho_s d_1} - c_2 \frac{(T_g - T_2)}{\tau_1} \quad (1)$$

$c_1 = 3,72$; $c_2 = 7,4$; $\tau_1 = 86.400$ s; c_s e ρ_s são capacidade térmica e densidade do solo. Q_g é o fluxo de calor para o solo.

O fluxo de calor para o solo é obtido como resíduo da equação do balanço de energia á superfície:

$$Q_g = (1 - \alpha)R_s - \uparrow R_L + \downarrow R_L - H - LE \quad (2)$$

$\downarrow R_L$ e $\uparrow R_L$ são fluxos de radiação de onda longa para baixo e para cima, respectivamente, obtidos das formulações de Sasamori (1968), α é o albedo superficial,

R_s (radiação de onda curta) é a energia solar que chega ao nível do solo sobre uma superfície horizontal de acordo com McDonald (1960) e Atwater e Brown (1974). H é o fluxo de calor sensível, obtido dos parâmetros de escala da CLS. Os fluxos de radiação para baixo são considerados positivos e os fluxos turbulentos são considerados positivos para cima.

$$H = - \rho c_p u_* \theta_* \quad (3)$$

ρ e c_p são densidade e capacidade térmica do ar. θ_* e u_* são as escalas características de temperatura e velocidade na CLS.

O fluxo de calor latente é computado seguindo as formulações de Penman-Monteith apud Garrat (1992):

$$LE = \frac{\delta(R_N - Q_g) + \rho c_p (q_{su} - q) / r_a}{\delta + \frac{c_p}{L_v} \left[1 + \frac{r_s}{r_a} \right]} \quad (4)$$

δ representa a inclinação da curva ($\partial q_{su} / \partial T$), onde q_{su} é a umidade específica à superfície e q é a umidade específica no segundo nível da camada atmosférica do modelo, L_v é o calor latente de vaporização, r_a e r_s são as resistências aerodinâmica e superficial, respectivamente.

A equação (4) é obtida das relações de transferência para uma superfície não saturada, escrita usando-se a resistência aerodinâmica (inverso do produto entre o coeficiente de arrasto e a velocidade).

A equação (4) indica que a evaporação da superfície tem a contribuição do balanço da energia nas superfícies, das características aerodinâmicas e da resistência da superfície. A resistência da superfície, no caso do solo vegetado, representa a resistência estomatal efetiva à transferência de vapor d'água do interior das folhas para o exterior. Os valores encontrados para r_s estão entre 30 e 300s/m (GARRAT, 1992). Nas atuais

simulações com o TVMNH30c, r_s é mantido constante e foi estipulado o valor de 300 s/m para todas as classes de ocupação do solo da região, exceto para a água que é zero.

A resistência aerodinâmica é inversamente proporcional à intensidade do vento, sendo calculada pela teoria da similaridade de Monin-Obukhov apud Karam (1996) e expressa por:

$$r_a = \frac{\left[\ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) - \Psi_m \right] \cdot \left[\ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) - \Psi_E \right]}{K^2 \cdot V_s} \quad (5)$$

K é a constante de von-Karman; $v_s = (u^2 + v^2)^{1/2}$; Ψ_E e Ψ_m são formas integrais das funções de estabilidade para o momentum e umidade. Z , V_s , Ψ_E e Ψ_m correspondem aos valores do segundo nível do modelo.

Outro fator importante na definição da evaporação é o saldo líquido de radiação, que é a diferença entre a radiação líquida (R_N) e o fluxo de calor no solo. Nesta versão do TVM o fluxo de calor para o solo, na equação (4), é computado indiretamente. O saldo entre a diferença do fluxo de calor para solo e a radiação líquida é de 90% do valor da R_N . Isto implica que a partição entre o fluxo de calor latente e sensível para as diversas classes de ocupação do solo, é constante nessa equação.

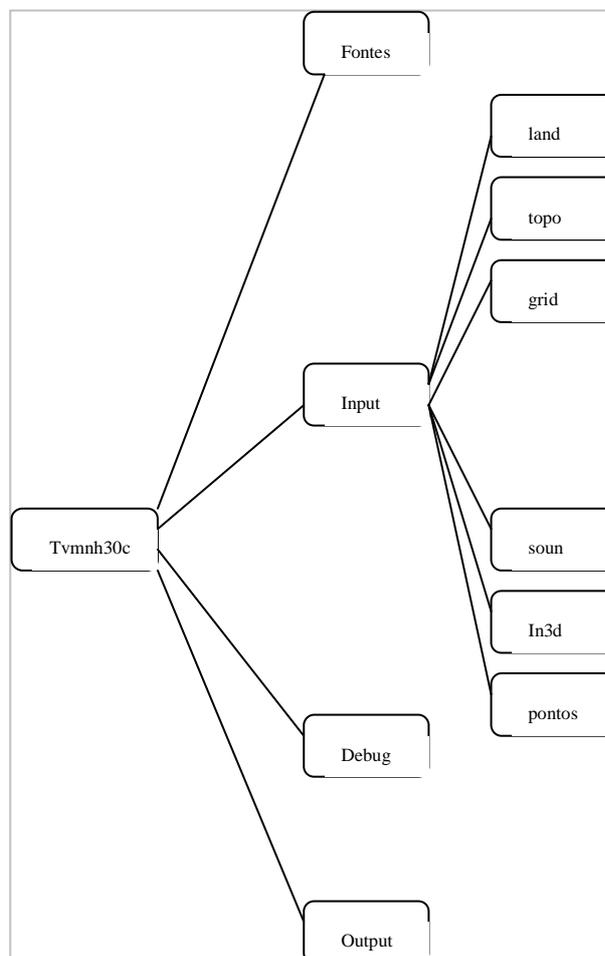
A umidade do ar, à superfície, é calculada conforme Bornstein (1975):

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \frac{1}{\rho L_v} \left[\frac{LE - LE(h)}{h} \right] \quad (6)$$

Onde: $LE - LE(h)$ é a diferença entre os fluxos de calor latente obtidos por Penman-Monteith (equação 4) e via similaridade (equação 7) respectivamente, h é a altura do segundo nível do modelo e, para a variável q , corresponde a 15m nas atuais simulações.

$$LE(h) = -\rho L_v u_* q_* \quad (7)$$

4.1.2 Organização do Modelo TVMNH30c



Onde:

Land: Informações de albedo, emissividade, comprimento de rugosidade, capacidade térmica, resistência estomatal e temperaturas para cada tipo de solo.

Topo: Grade da topografia da região.

Grid: Modelo de grade e resolução a ser utilizada.

Sound: Informação de velocidade e direção do vento predominante na região

In3d: Informações de temperatura média, dia juliano, umidade e tempo de simulação.

Pontos: Pontos escolhidos dentro da grade para estudo da evolução da camada limite, onde cada ponto representa um tipo de uso de solo classificado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Frequência de Precipitação

Observação feita por Amorin (2000), em relação a Presidente Prudente é válida para Maringá, que apresenta problemas ambientais decorrentes de seu acelerado e desordenado crescimento, consequência do êxodo rural e da migração de cidades próximas de menor porte, em busca de melhores condições de vida. Cada vez mais, Maringá vem sendo impermeabilizada, através de ruas asfaltadas, intensas construções no centro da cidade, novos bairros, com problemas mais sérios ainda de infra-estrutura, arborizações com problemas, visto que uma chuva relativamente intensa provoca queda de árvores antigas ou doentes. Todos esses problemas vêm provocando impactos na qualidade de vida da população, pois chuvas têm provocado prejuízos sérios, à medida que o tempo passa e nenhum planejamento vem sendo feito para resolver os problemas inerentes ao aumento da população dessa cidade.

Ao analisar as Tabelas 2 e 3, observou-se o predomínio da precipitação pluvial significativo nos meses de outubro a março, por apresentarem percentual de dias de ocorrências mais elevados, em relação ao total de dias estudados.

Tabela 2 - Percentagem de dias com precipitação pluvial em relação ao total de dias analisados para a ECPM. Período: 1993 a 2003

Meses	Total de dias Estudados	Dias com Precipitação pluvial	Percentual (%)
Janeiro	341	195.0	57.2
Fevereiro	309	191.0	61.81
Março	341	129.0	37.8
Abril	330	81.0	24.6
Mai	341	76.0	22.3
Junho	330	81.0	24.6
Julho	340	55.0	16.2
Agosto	341	63.0	18.5
Setembro	330	106.0	32.1
Outubro	341	125.0	36.7
Novembro	330	118.0	35.8
Dezembro	337	152.0	45.1

Tabela 3 - Percentagem de dias com precipitação pluvial, em relação ao total de dias analisados para o CTI. Período: 1993 a 2003

Meses	Total de dias Estudados	Dias com precipitação pluvial	Percentual (%)
Janeiro	319	167.0	52.4
Fevereiro	308	164.0	53.25
Março	335	102.0	30.5
Abril	295	65.0	22.0
Mai	304	59.0	19.4
Junho	292	79.0	27.1
Julho	272	38.0	14.0
Agosto	303	48.0	15.8
Setembro	296	82.0	27.7
Outubro	264	93.0	35.2
Novembro	270	96.0	35.6
Dezembro	268	116.0	43.3

O total de dias estudados, apresentados nas tabelas 2 e 3, podem apresentar diferenças pela falta de dados fornecidos pela estação.

Tabela 4 - Percentual correspondente aos intervalos de classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias com precipitação para cada um dos meses estudados para a ECPM. Período: 11993 a 2003.

Intervalo (mm)	Jan (%)	Fev (%)	Mar (%)	Abr (%)	Mai (%)	Jun (%)	Jul (%)	Ago (%)	Set (%)	Out (%)	Nov (%)	Dez (%)
[1; 5)	27.9	30.9	31.8	25.9	31.6	25.9	34.6	34.9	23.6	31.2	22.9	24.3
[5; 10)	10.8	14.1	17.8	14.8	13.2	13.6	12.7	17.5	18.9	16.0	17.8	14.5
[10; 15)	13.9	7.3	10.1	11.1	10.5	11.1	5.5	6.4	13.2	10.4	10.2	7.9
[15; 20)	8.7	5.2	8.5	7.4	6.6	8.6	9.1	4.8	4.7	8.0	11.0	11.8
[20; 25)	7.7	4.7	7.0	4.9	6.6	6.2	3.6	6.4	5.7	9.6	6.8	5.3
[25; 30)	2.6	1.6	0.8	4.9	6.6	7.4	0.0	3.2	6.6	3.2	3.4	7.2
>30	14.4	15.2	10.9	17.3	15.8	13.6	14.6	7.9	17.0	10.4	15.3	12.5

Tabela 5 - Percentual correspondente aos intervalos de classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias com precipitação para cada um dos meses estudados para a estação do CTI. Período: 1993 a 2003.

Intervalo (mm)	Jan (%)	Fev (%)	Mar (%)	Abr (%)	Mai (%)	Jun (%)	Jul (%)	Ago (%)	Set (%)	Out (%)	Nov (%)	Dez (%)
[1; 5)	25.2	23.8	35.3	24.6	35.6	24.1	44.7	37.5	26.8	18.3	21.9	19.0
[5; 10)	17.4	15.2	17.7	18.6	17.0	11.4	7.9	18.8	13.4	16.1	13.5	10.3
[10; 15)	10.8	9.2	12.8	15.4	10.2	11.4	10.5	6.3	8.5	10.8	8.3	15.5
[15; 20)	9.0	6.1	5.9	4.6	5.1	10.1	5.3	8.3	19.5	7.5	7.3	6.0
[20; 25)	6.6	3.7	3.9	9.2	5.1	6.3	5.3	4.2	6.1	9.7	4.2	9.5
[25; 30)	5.4	6.7	8.8	7.7	6.8	8.9	2.6	0.0	4.9	4.3	3.1	5.2
>30	18.0	13.4	9.8	15.4	15.3	11.4	10.5	16.7	15.9	30.1	35.4	31.9

Baseado na classificação de intensidade de precipitação pluvial proposto por Soriano (1999), Tabela 1, calculou-se a frequência para cada intervalo em relação ao total de dias com ocorrência de precipitação como mostram as Tabelas 4 e 5.

Pode-se observar que o intervalo de classe de 1 a 5mm, que se refere à precipitação pluvial classificada como *muito fraca*, apresentou na ECPM, em todos os meses estudados, uma frequência média de 29%, em relação ao total de dias com precipitação pluvial referente a cada um dos meses. Verificou-se que o percentual de frequência mínima apresentada por este intervalo de classe de precipitação é 22.9%, no mês de novembro, que corresponde a 27 dos 118 dias em que houve precipitação pluvial para este mês, tendo sido estudado um total de 330 dias; o restante (91 dias) apresentou valores maiores que 5mm de precipitação. O percentual máximo para este intervalo é de 34.9%, no mês de agosto, que corresponde a 22 dos 63 dias em que houve precipitação (Tabela 4).

Para essa estação, ECPM, que está na região urbana da área de estudo, pode-se observar que os maiores percentuais de chuvas mensais localizaram-se no intervalo de 1 a 5mm, no entanto valores percentuais superiores a 30mm também são significativos, ao longo do ano, com valores superiores a 10mm/mês, exceção ao mês de agosto. Desta forma, pode-se inferir que, a prefeitura de Maringá deve estar sempre atenta a questão da impermeabilização da cidade, pois isso poderia acarretar problemas sérios de inundações devido a chuvas intensas em curto espaço de tempo, como são as chuvas originadas por sistemas convectivos de primavera e verão, principalmente. A prefeitura deveria provocar discussões incentivando a construção de calçadas que possibilitasse a infiltração da água, além de outros tipos de incentivos que possibilitassem a infiltração de água em terrenos que hoje estão sendo totalmente impermeabilizados por construções, em toda área, que desta forma é obrigada a escorrer superficialmente.

Na estação da Fazenda, verificou-se uma média percentual de frequência de 28% para o intervalo de 1mm a 5mm, sendo que a frequência mínima registrada para este intervalo foi de 18.3%, no mês de outubro, referente a 17 dias de um total de 63 dias com precipitação pluvial, tendo sido estudado um total de 340 dias; o restante (46 dias) apresentou valores maiores que 5mm de precipitação pluvial. O percentual máximo para este intervalo de classe é de 44.7%, no mês de julho, referente a 17 dias de um total de 55 dias com precipitação pluvial.

Para as duas estações analisadas, ECPM e CTI, o intervalo [5 a 10mm) refere-se a *precipitação pluvial fraca* e [10 a 15mm) refere-se à *precipitação moderadamente fraca*. Ocorreram percentuais menores que o intervalo de classe [1 a 5mm), mas apresentaram percentuais maiores que os intervalos [15 a 20mm), [20 a 25mm) e [25 a 30mm) que correspondem às classificações de *moderada* a *moderadamente forte*. Pode-se, ainda, inferir que este último intervalo [25 a 30mm), na maioria dos meses, apresenta as menores ocorrências, com a frequência mínima no mês de julho para a ECPM (Tabela 4) e no mês de agosto para a estação da Fazenda (Tabela 5).

O último intervalo de classe de precipitação (>30mm), o qual foi classificado como sendo *muito forte*, estão contidos valores até o máximo de precipitação pluvial registrado em 11 anos dos meses analisados (casos extremos). Verificou-se, neste intervalo de classe, uma frequência mínima acima de 10%, tanto na ECPM quanto pra estação do CTI, na maioria dos meses estudados; ainda para o mesmo intervalo verificou-se maior variabilidade, sendo que a frequência máxima, para a ECPM, ficou abaixo de 20%, para a maioria dos meses, enquanto para a estação da Fazenda ficou abaixo dos 35%, na maioria dos meses estudados. Assim, registrou-se uma frequência máxima de 17.3%, no mês de abril, para a ECPM, que corresponde a 14 dos 81 dias

com precipitação e uma frequência máxima de 35.4% no mês de novembro, para a estação do CTI, que corresponde a 34 dos 96 dias com precipitação pluvial.

Ao analisar as Tabelas 6, 7 e 8, observou-se o predomínio da precipitação pluvial significativo nos meses de novembro a março, por apresentarem percentual de dias de ocorrências mais elevados, em relação ao total de dias estudados.

Tabela 6 - Percentagem de dias com precipitação pluvial em relação ao total de dias analisados para a ECPM. Período: 1999 a 2003.

Meses	Total de dias estudados	Dias com Precipitação pluvial	Percentual (%)
Janeiro	155	88.0	56.8
Fevereiro	140	84.0	60.0
Março	155	56.0	36.1
Abril	150	25.0	16.7
Mai	155	38.0	24.5
Junho	150	34.0	22.7
Julho	154	28.0	18.2
Agosto	155	32.0	20.7
Setembro	150	46.0	30.7
Outubro	155	45.0	29.0
Novembro	150	59.0	39.3
Dezembro	154	71.0	46.1

Tabela 7 - Percentagem de dias com precipitação pluvial em relação ao total de dias analisados para a estação do CTI. Período: 1999 a 2003.

Meses	Total de dias estudados	Dias com precipitação pluvial	Percentual (%)
Janeiro	153	67.0	43.7
Fevereiro	141	70.0	49.65
Março	155	47.0	30.3
Abril	120	19.0	15.8
Mai	123	25.0	20.3
Junho	116	31.0	26.7
Julho	87	17.0	19.5
Agosto	118	22.0	18.8
Setembro	117	31.0	33.3
Outubro	93	16.0	17.8
Novembro	90	29.0	31.2
Dezembro	93	31.0	33.3

Tabela 8 - Percentagem de dias com precipitação em relação ao total de dias analisados para a estação do SIMEPAR. Período: 1999 a 2003.

Meses	Total de dias estudados	Dias com precipitação pluvial	Percentual (%)
Janeiro	153	85.0	55.6
Fevereiro	140	90.0	64.28
Março	155	68.0	43.9
Abril	150	28.0	18.7
Mai	155	40.0	25.8
Junho	150	32.0	21.3
Julho	155	36.0	23.2
Agosto	155	31.0	20.0
Setembro	150	47.0	31.3
Outubro	155	46.0	29.7
Novembro	150	54.0	36.0
Dezembro	155	68.0	43.9

O total de dias estudados, apresentados nas tabelas 6,7 e 8, podem apresentar diferenças pela falta de dados, em cada série.

Baseado na Tabela 1 foi classificada a intensidade de precipitação pluvial para o período, calculando-se o percentual da frequência que cada intervalo apresentou como mostram as Tabelas 9, 10 e 11.

Tabela 9 - Percentual correspondente aos intervalos de classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias com precipitação para cada um dos meses estudados para a ECPM. Período: 1999 a 2003.

Intervalo (mm)	Jan (%)	Fev (%)	Mar (%)	Abr (%)	Mai (%)	Jun (%)	Jul (%)	Ago (%)	Set (%)	Out (%)	Nov (%)	Dez (%)
[1; 5)	29.5	29.8	30.4	28.0	29.0	23.5	42.9	28.1	23.9	35.6	20.3	22.5
[5;10)	9.1	11.9	16.1	12.0	13.2	17.7	14.3	21.9	23.9	17.8	18.6	14.1
[10; 15)	13.6	7.1	14.3	24.0	10.5	14.7	0.0	6.3	10.9	4.4	8.5	5.6
[15; 20)	9.0	3.6	10.7	4.0	7.9	14.7	14.3	3.1	6.5	13.3	8.5	9.9
[20; 25)	6.8	6.0	8.9	8.0	7.9	0.0	0.0	9.4	6.5	4.4	8.5	5.6
[25; 30)	1.1	1.2	0.0	0.0	5.3	11.8	0.0	3.1	4.4	4.4	5.1	7.0
>30	17.1	14.3	7.1	12.0	21.1	5.9	17.9	12.5	13.0	6.7	18.6	15.5

Pode-se observar que o intervalo de classe [1 a 5mm), apresentou na Estação Climatológica da UEM (Tabela 9), em todos os meses estudados, uma frequência média de 28% , em relação ao total de dias com precipitação pluvial referente a cada um dos meses. Verificou-se que o percentual de frequência mínima apresentada por este intervalo de classe de precipitação é 22.5%, no mês de dezembro, que corresponde a 16

dias dos 71 em que houve precipitação pluvial para este mês, tendo sido estudado um total de 154 dias; o restante (83 dias) apresentou valores maiores que 5mm de precipitação pluvial. O percentual máximo para este intervalo é de 42.9%, no mês de julho, que corresponde a 12 dias dos 28 dias em que houve precipitação .

Tabela10 - Percentual correspondente aos intervalos de classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias com precipitação para cada um dos meses estudados para a estação do CTI. Período: 1999 a 2003.

Intervalo (mm)	Jan (%)	Fev (%)	Mar (%)	Abr (%)	Mai (%)	Jun (%)	Jul (%)	Ago (%)	Set (%)	Out (%)	Nov (%)	Dez (%)
[1; 5)	31.3	24.4	40.4	21.1	36.0	22.6	47.1	36.4	22.6	25.0	27.6	29.0
[5; 10)	14.9	14.3	14.9	10.5	16.0	19.4	5.9	27.3	19.4	25.0	24.1	9.7
[10; 15)	11.9	14.3	10.6	21.1	20.0	3.2	5.9	9.1	12.9	6.3	10.3	19.3
[15; 20)	9.0	5.7	8.5	10.5	4.0	16.1	5.9	0.0	22.6	18.8	13.8	3.2
[20; 25)	7.5	2.3	0.0	10.5	0.0	9.7	5.9	4.6	6.5	6.3	6.9	9.7
[25; 30)	6.0	8.6	8.5	5.3	8.0	12.9	5.9	0.0	3.2	12.5	0.0	9.7
>30	13.4	11.4	8.5	10.5	12.0	3.2	11.8	13.6	6.5	6.3	6.9	16.1

Na estação do CTI (Tabela 10), verificou-se uma média percentual de frequência de 30% para o intervalo de 1 a 5mm, sendo que a frequência mínima registrada para este intervalo foi de 21.1%, no mês de abril, referente a 4 dias de um total de 19 dias com precipitação, tendo sido estudado um total de 120 dias; o restante (15 dias) apresentou valores maiores que 5 mm de precipitação pluvial. O percentual máximo para este intervalo de classe é de 47.1%, no mês de julho, referente a 8 dias de um total de 17 dias com precipitação pluvial.

Tabela 11 - Percentual correspondente aos intervalos de classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias com precipitação para cada um dos meses estudados para a estação do SIMEPAR. Período: 1999 a 2003.

Intervalo (mm)	Jan (%)	Fev (%)	Mar (%)	Abr (%)	Mai (%)	Jun (%)	Jul (%)	Ago (%)	Set (%)	Out (%)	Nov (%)	Dez (%)
[1,0; 5)	34.1	27.8	33.8	35.7	37.5	46.9	36.1	29.0	31.9	19.6	27.8	22.1
[5; 10)	11.8	4.4	8.8	14.3	0.0	0.0	2.8	9.7	12.8	15.2	13.0	11.8
[10; 15)	5.9	8.9	5.9	14.3	10.0	9.4	11.1	6.5	6.4	4.4	9.3	8.8
[15; 20)	11.8	4.4	4.4	3.6	12.5	6.3	8.3	6.5	8.5	13.0	13.0	5.9
[20; 25)	2.4	2.2	4.4	0.0	2.5	3.1	0.0	3.2	8.5	10.9	5.6	5.9
[25; 30)	1.2	2.2	2.9	0.0	5.0	6.3	5.6	6.5	2.1	4.4	0.0	2.9
>30	7.1	5.6	2.9	3.6	15.0	0.0	0.0	9.7	6.4	4.4	9.3	14.7

Para estação do SIMEPAR (Tabela 11), verificou-se uma média percentual de frequência de 31% para o intervalo de 1 a 5mm, sendo que a frequência mínima registrada para este intervalo foi de 19.6%, no mês de outubro, referente a 9 dias de um total de 46 dias com precipitação, tendo sido estudado um total de 155 dias; o restante (37 dias) apresentou valores maiores que 5mm de precipitação pluvial. O percentual máximo para este intervalo de classe é de 46.9%, no mês de junho, referente a 15 dias de um total de 32 dias com precipitação pluvial.

Para as três estações analisadas, o intervalo [5 a 10 mm) refere-se a *precipitação fraca* e [10 a 15mm) refere-se à *precipitação moderadamente fraca*, ocorreram percentuais menores que o intervalo de classe [1 a 5mm), mas apresentaram percentuais maiores que os intervalos [15 a 20mm), [20 a 25mm) e [25 a 30mm), que correspondem às classificações de *moderada* a *moderadamente forte* (Tabela 3). Pode-se inferir também, que o último intervalo [25 a 30mm), na maioria dos meses, apresentou as menores ocorrências, com a frequência mínima no mês de março, abril e julho para a ECPM (Tabela 9) e no mês de agosto e novembro para a estação do CTI (Tabela 10) e 0% no mês de abril e novembro para a estação do SIMEPAR (Tabela 11).

O último intervalo de classe de precipitação (>30mm), o qual foi classificado como sendo *muito forte*, estão contidos valores até o máximo de precipitação pluvial registrado em 5 anos dos meses analisados (casos extremos). Verificou-se, neste intervalo de classe, uma frequência mínima acima de 5%, na Estação Climatológica de Maringá, na maioria dos meses estudados; ainda para o mesmo intervalo verificou-se uma maior variabilidade, sendo que a frequência máxima, para a ECPM, ficou abaixo de 20%, para a maioria dos meses. Para a estação do CTI tem-se uma frequência mínima, para o mesmo intervalo, acima de 3%, na maioria dos meses estudados e uma

frequência máxima abaixo de 15%, na maioria dos meses estudados. Para a estação do SIMEPAR, registrou-se uma frequência mínima de 0%, para o intervalo e uma frequência máxima abaixo de 10%, para a maioria dos meses estudados. Assim, registrou-se uma frequência máxima de 18.6%, no mês de novembro, para a ECPM, que corresponde a 11 dias dos 59 dias com precipitação (Tabela 6); uma frequência máxima de 16,1% no mês de dezembro, para a estação da Fazenda, que corresponde a 37 dos 116 dias com precipitação pluvial (Tabela 7) e uma frequência máxima de 15%, no mês de maio, para a estação do SIMEPAR, que corresponde a 6 dos 40 dias em que houve precipitação pluvial (Tabela 8).

5.2 Tendência da Temperatura

As figuras seguintes referem-se aos valores mensais, onde os valores de temperatura média mensal estão representados pela linha simbolizada; a curva que a acompanha representa as médias móveis e a linha retilínea que atravessa os dados refere-se à reta de tendência ou regressão linear.

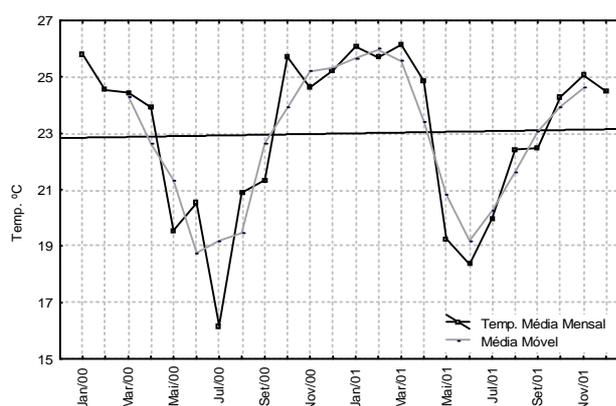


Figura 3 – Variação mensal das temperaturas médias na ECPM ajustada à média móvel (n=3) e à reta de regressão linear (2000-2001), sendo a reta contínua a análise de regressão, a curva mais suave a média móvel e a mais acentuada a evolução mensal de temperatura

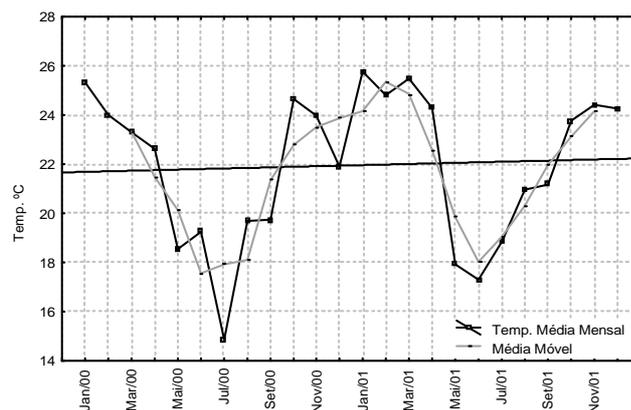


Figura 4 – Variação mensal das temperaturas médias do CTI ajustada à média móvel ($n=3$) e à reta de regressão linear (2000-2001), sendo a reta contínua a análise de regressão, a curva mais suave a média móvel e a mais acentuada a evolução mensal de temperatura

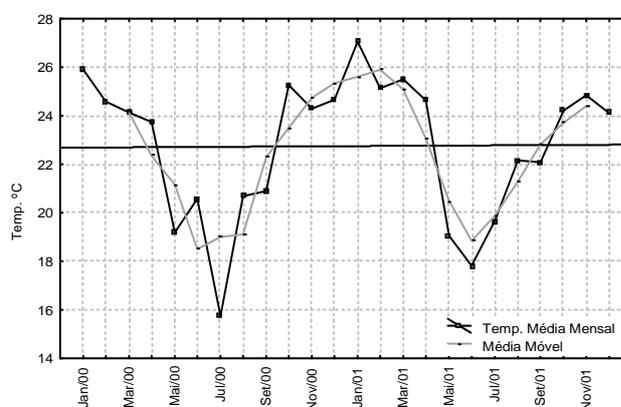


Figura 5 – Variação mensal das temperaturas médias no SIMEPAR ajustada à média móvel ($n=3$) e à reta de regressão linear (2000-2001), sendo a reta contínua a análise de regressão, a curva mais suave a média móvel e a mais acentuada a evolução mensal de temperatura

A análise das temperaturas médias apontou para indefinições quanto às tendências. Verificou-se uma tendência de aumento nas estações ECPM e do CTI um pouco mais acentuada comparativamente a estação do SIMEPAR. Para a ECPM, verificou-se que, em 2000, o mês de janeiro apresentou a maior média, 25.8°C, enquanto em 2001, o mês de janeiro também apresentou a maior média, mas com um valor maior, 26.1°C, apresentando assim, uma variação de 0.3°C, aproximadamente. O mês de julho de 2000 apresentou a menor média, 16.2°C, enquanto para o ano de 2001, o mês de junho teve a menor média com um valor de 18.4°C, com um aumento de 2.2°C. Para a estação do CTI, verificou-se que, em 2000, o mês de janeiro apresentou a maior média, 25.3°C. Para o ano 2001, janeiro também com a maior média, com um

valor de 25.8°C, apresentando um acréscimo de um ano para outro de 0.5°C. O mês de julho de 2000 apresentou a menor média, 14.8°C, sendo que, para 2001, o mês de junho apresentou a menor média, 17.3°C, denotando um acréscimo de 2.5°C. Para a estação do SIMEPAR, o mês de janeiro também apresentou a maior média, tanto para o ano 2000 quanto para o ano 2001, com os valores de 25.9°C e 27.0°C respectivamente, apresentando um aumento de 1.2°C. Para o ano 2000, o mês de julho apresentou a menor média, 15.7°C, enquanto que, para o ano 2001, tem-se o mês de junho com a menor média, apresentando um valor de 17.8°C, assim, observou-se variação anual de 2.1°C, aproximadamente. Para as três estações verificou-se que o mês de julho foi o mês que apresentou maior variação positiva, ou seja, acréscimo de temperatura, sendo o maior valor apresentado pela estação do CTI, com um acréscimo de 4.0°C. O mês de junho foi o mês que apresentou maior variação negativa, nas três estações, ou seja, uma diminuição na temperatura, do ano 2000 para o ano 2001, sendo o maior valor apresentado pela estação do SIMEPAR, com uma diminuição de 2.8°C.

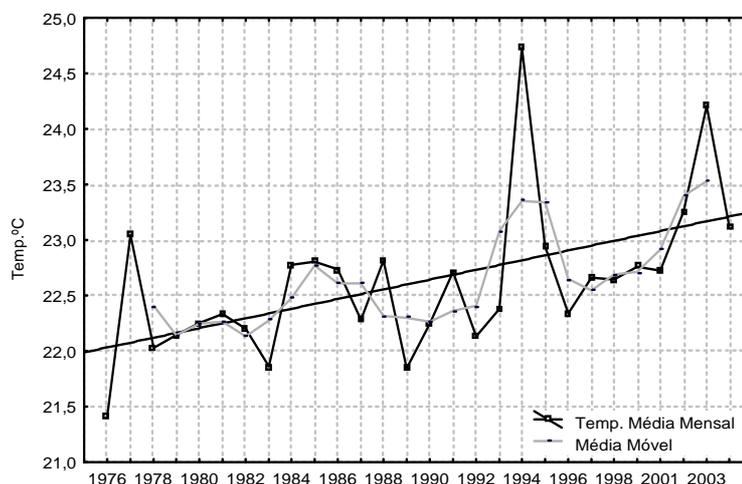


Figura 6 – Variação anual das temperaturas médias na ECPM ajustada à média móvel (n=3) e à reta de regressão linear (1976-2003), sendo a reta contínua a análise de regressão, a curva mais suave a média móvel e a mais acentuada a evolução mensal de temperatura

Para o período de 1976 a 2003, na ECPM, verificou-se um aumento de 3.3°C.

Observou-se, nos anos de 1999, que a temperatura nas três estações foi homogênea, quase com nenhuma variabilidade de uma para outra, assim tem-se menor temperatura nos meses de inverno (junho a agosto) e temperaturas mais altas nos meses de verão (dezembro a fevereiro). Ainda pode-se observar que há maior precipitação pluvial no verão comparativamente ao inverno. A precipitação pluvial na estação automática do SIMEPAR apresentou valores significativamente mais baixos em 1999 e ainda que não haja dados de janeiro e fevereiro, pode-se observar que a estrutura de máximas precipitações pluviais no verão se mantém, com base no mês de dezembro que apresentou valor superior aos demais meses analisados. A temperatura, no mês de junho também com valores maiores nessa estação e na estação do CTI, comparativamente com a ECPM, Figura 7 (A, B e C).

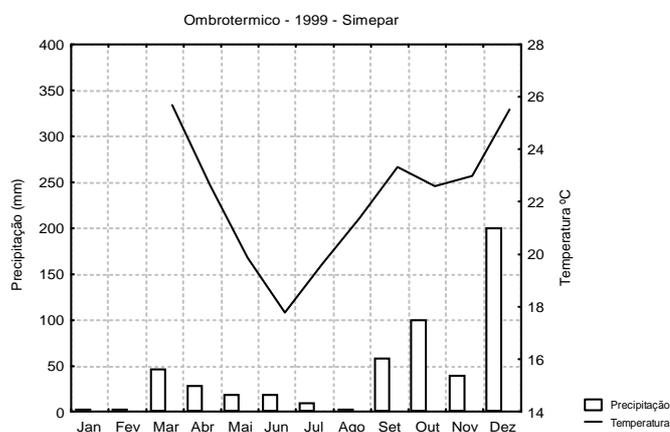


Figura 7A - Ombrotérmico do ano de 1999, dados da estação do SIMEPAR

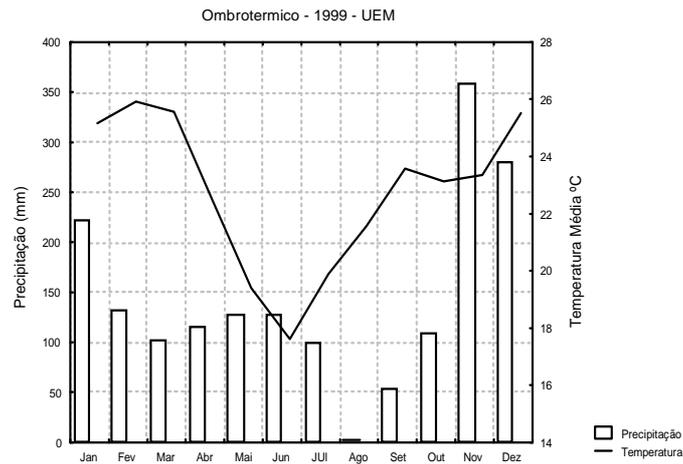


Figura 7B - Ombrotérmico do ano de 1999, dados da ECPM

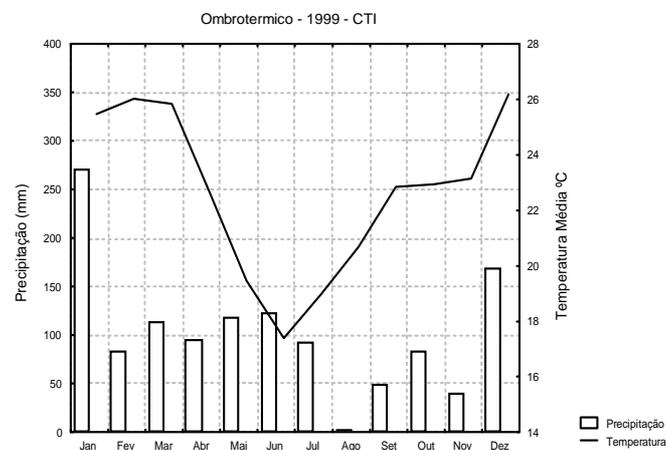


Figura 7C - Ombrotérmico do ano de 1999, dados da estação do CTI

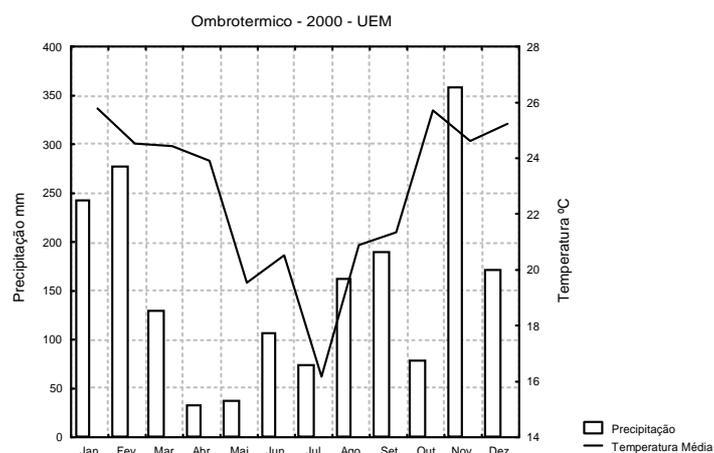


Figura 8A- Ombrotérmico do ano de 2000, dados do ECPM

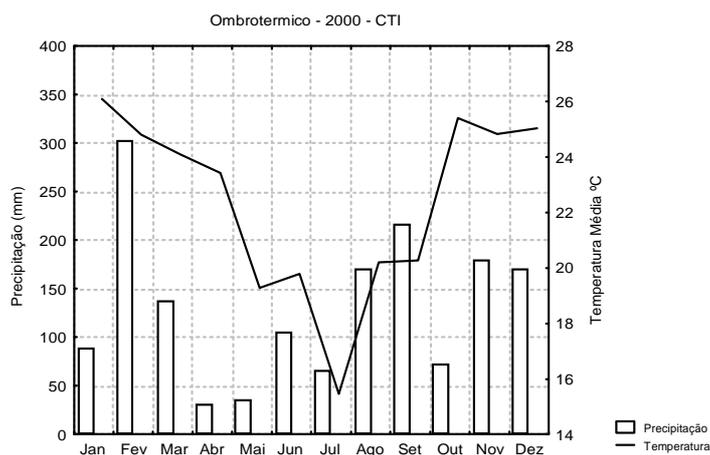


Figura 8B - Ombrotérmico do ano de 2000, dados do CTI

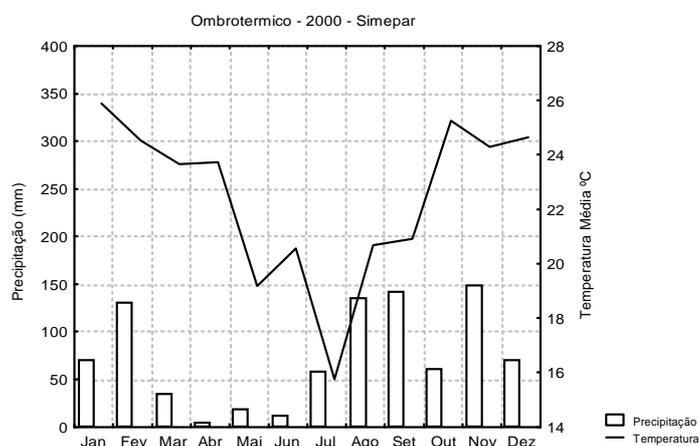


Figura 8C - Ombrotérmico do ano de 2000, dados do SIMEPAR

Na análise do ano 2000, pode-se observar uma mesma estrutura nas três séries analisadas. O ano 2000 choveu menos, temporalmente em cada uma das séries estudadas. Ainda assim, a ECPM apresentou o mês de novembro com precipitação pluvial de 350mm, aproximadamente, semelhante ao ano anterior (1999) e com valor maior comparativamente a outras duas séries analisadas. As temperaturas nas séries analisadas foram muito similares ao longo do ano, Figuras 8.

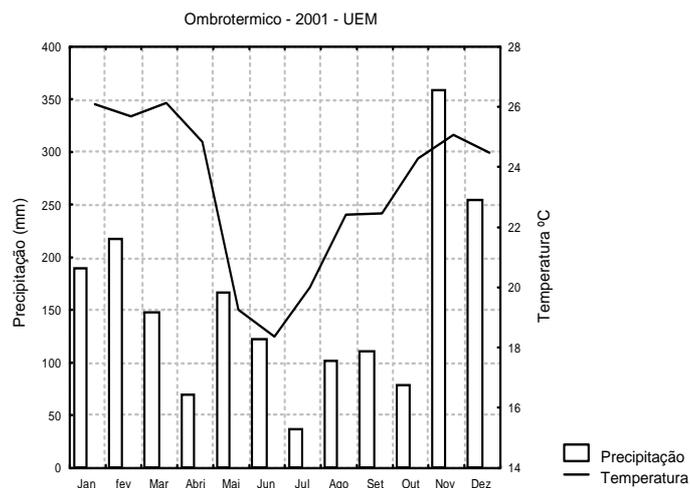


Figura 9A - Ombrotérmico do ano de 2001, dados da ECPM

Na Figura 9, pode-se observar que o inverno apresentou temperaturas mais elevadas em relação aos dois anos analisados anteriormente. A série pluvial da UEM apresentou, uma vez mais, o mês de novembro com precipitação superior a 350mm. As temperaturas apresentaram um mesmo padrão nas três séries.

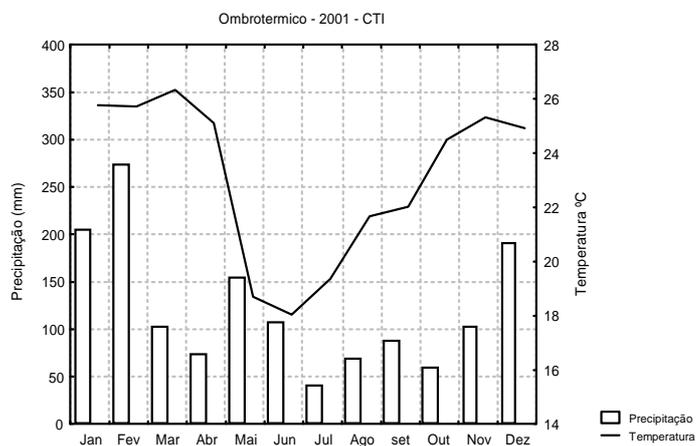


Figura 9B - Ombrotérmico do ano de 2001, dados do CTI

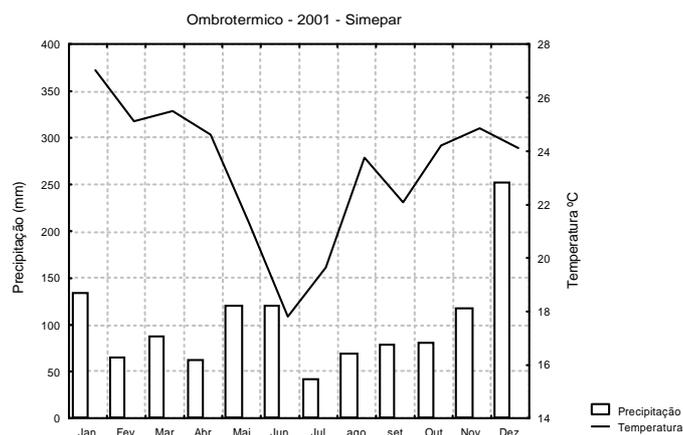


Figura 9C - Ombrotérmico do ano de 2001, dados do SIMEPAR

Na Figura 10 observou-se uma homogeneidade entre as três estações, tanto para as temperaturas máximas e mínimas, sendo que se observaram temperaturas mais baixas nos meses de inverno e temperaturas mais altas nos meses de verão, nas três séries analisadas.

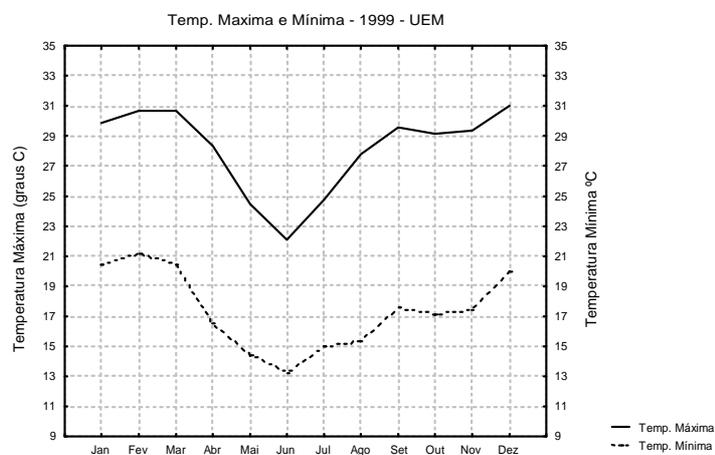


Figura 10 A – Máxima e mínima (ano de 1999), dados da estações da UEM

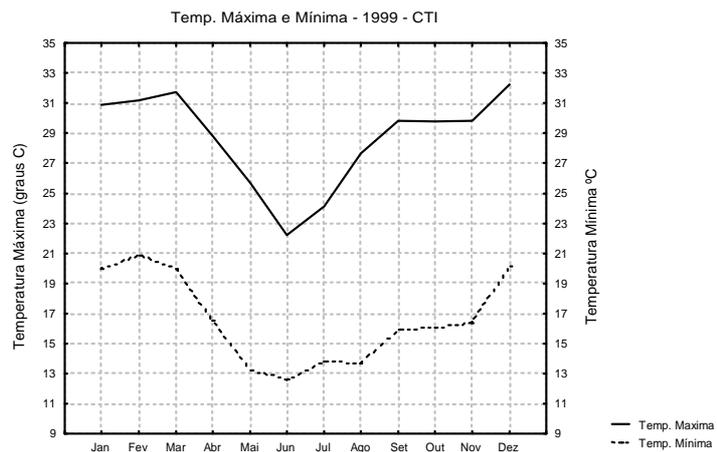


Figura 10 B – Máxima e mínima (ano de 1999), dados da estações do CTI

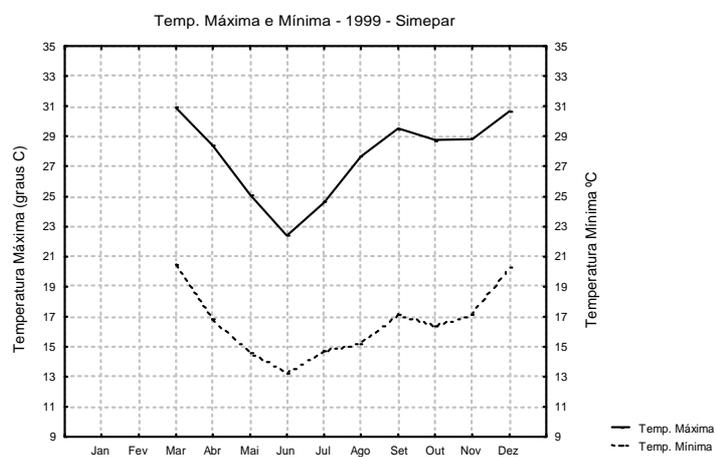


Figura 10 C – Máxima e mínima (ano de 1999): dados da estação do SIMEPAR

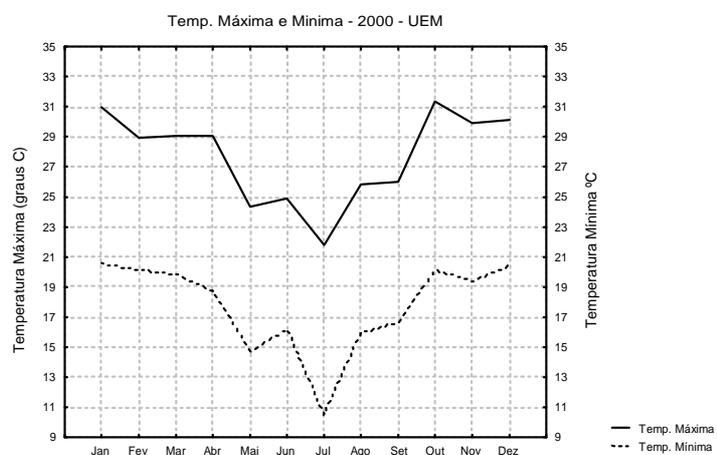


Figura 11 A – Temperaturas máximas e mínimas (ano 2000) dados do CTI (UEM)

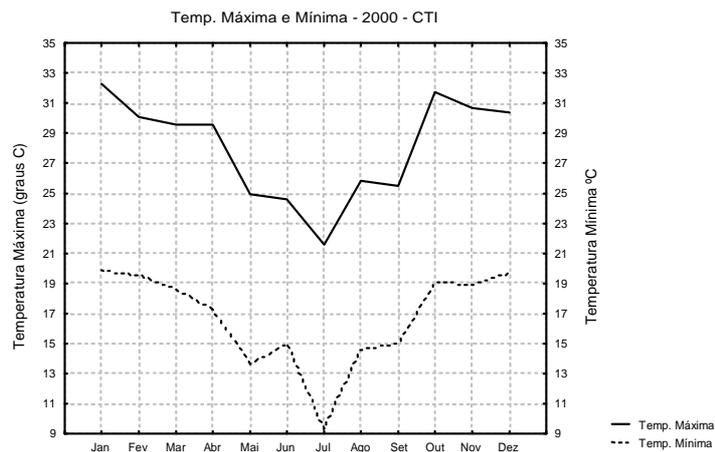


Figura 11 B – Temperaturas máximas e mínimas (ano 2000) dados do CTI

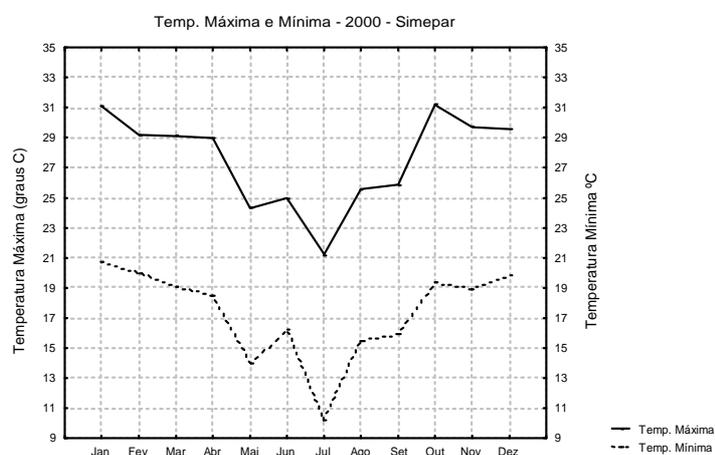


Figura 11 C – Temperaturas máximas e mínimas (ano 2000) dados do SIMPEPAR

Na Figura 11(A,B e C), observou-se que a estação da fazenda mostrou as mínimas mais baixas, variando de 21°C nos meses de verão a 9°C em julho, mês de inverno. Quanto às temperaturas máximas, a estação da Fazenda também apresentou menores temperaturas, sendo a estação do SIMEPAR as maiores máximas com menor variabilidade.

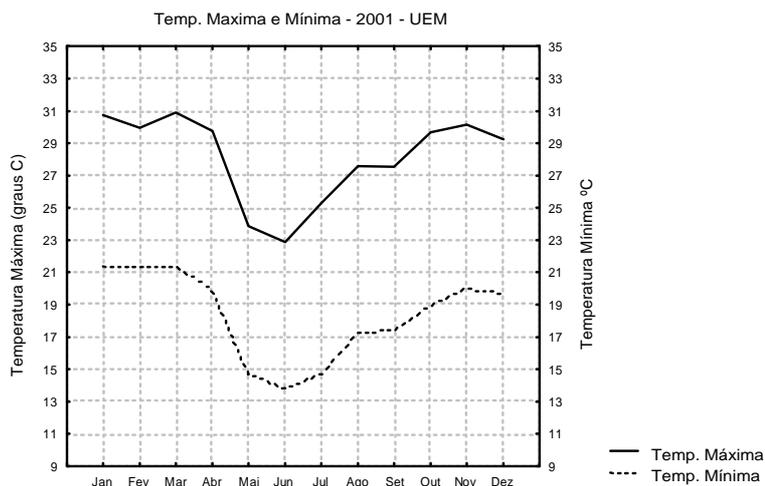


Figura 12 A – Temperaturas máximas e mínimas do ano de 1999, dados da ECPM

Nas Figuras 12 (A, B e C) também se observou uma homogeneidade entre as três estações, tanto para as temperaturas máximas e mínimas, sendo que foram observadas temperaturas mais baixas nos meses de inverno e temperaturas mais altas nos meses de verão.

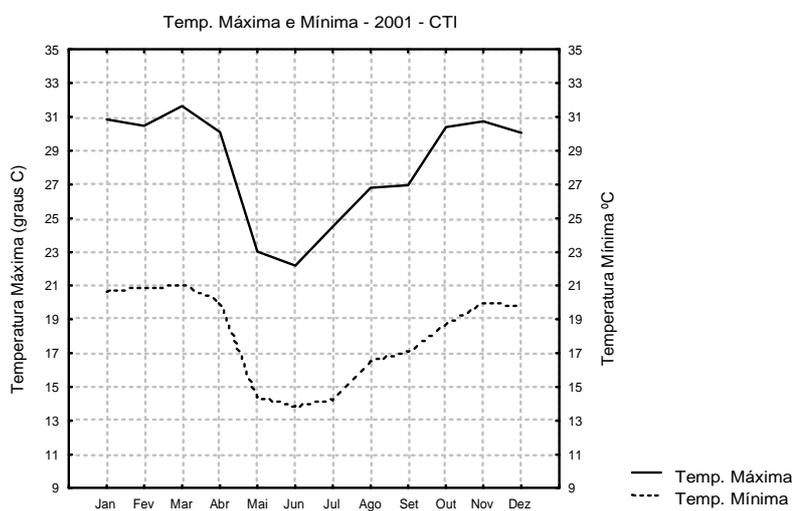


Figura 12 B – Temperaturas máximas e mínimas do ano de 1999, dados do CTI

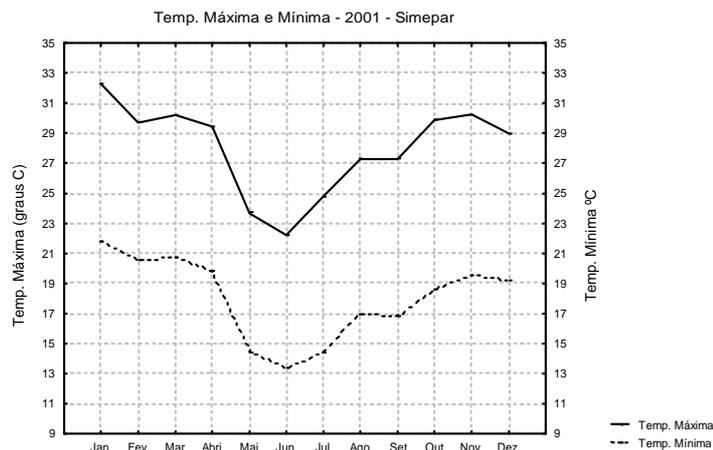


Figura 12 C – Temperaturas máximas e mínimas do ano de 1999, dados do SIMEPAR

Observou-se na Tabela 12 pouca variação entre as médias e as medianas indicando uma homogeneidade dentro do período analisado. Com relação às temperaturas mínimas e máximas, não há diferenças entre os anos analisados.

Tabela 12 – Médias, medianas, desvios padrão e quartis calculados para o conjunto de dados.

	Média	Mediana	Mínima	Máxima	Q. Sup.	Q. Inf.	Desv. Padrão
Tmed - 82	22.7	23.1	19.2	25.6	20.8	24.5	2.1
Tmed - 83	22.4	22.9	16.6	25.8	20.6	24.5	2.8
Tmed - 90	22.2	24.5	15.4	25.8	18.9	25.6	3.8
Tmed - 97	23.3	24.1	17.5	26.2	21.4	25.2	2.6
Tmed - 98	23.1	23.0	18.5	27.4	20.9	25.8	2.9
Tmax - 82	27.1	27.6	23.5	30.0	25.0	28.8	2.1
Tmax - 83	26.7	27.2	20.0	30.2	24.8	29.0	3.0
Tmax - 90	27.2	29.2	20.0	31.0	23.9	30.7	3.9
Tmax - 97	27.8	28.6	21.4	31.0	26.3	29.5	2.6
Tmax - 98	27.7	27.3	23.4	31.8	25.4	30.2	2.9
Tmin - 82	17.3	17.2	14.4	20.5	15.4	19.1	2.1
Tmin - 83	17.0	17.5	12.0	20.8	14.4	18.9	2.7
Tmin - 90	17.3	19.5	10.8	20.8	13.7	20.4	3.7
Tmin - 97	17.7	18.0	13.1	20.9	15.5	20.4	2.7
Tmin - 98	17.6	17.8	12.9	21.4	15.2	20.1	2.8
UR - 82	68.8	68.5	57.6	77.5	64.4	73.9	6.4
UR - 83	72.2	73.3	54.4	83.0	69.5	76.3	7.6
UR - 90	69.6	68.4	62.5	78.8	65.4	73.7	5.4
UR - 97	68.8	67.1	56.9	79.3	63.4	75.3	7.4
UR - 98	72.0	71.7	61.3	81.2	69.5	76.2	5.6
PP - 82	152.1	113.1	20.1	359.0	45.0	267.6	118.6
PP - 83	203.8	212.0	0.0	359.0	139.2	293.1	114.9
PP - 90	173.7	140.7	26.1	421.6	96.0	211.4	116.1
PP - 97	187.2	126.8	25.6	446.0	69.9	325.9	149.5
PP - 98	192.0	189.9	29.4	359.0	90.7	297.3	116.6

T-med. -Temperatura média / Tmax. -Temperatura máxima / Tmin. -Temperatura mínima / UR.- Umidade relativa/ PP. - Precipitação pluvial.

5.3 Estudo Comparativo de Precipitação Pluvial e Temperatura.

Na Figura 13 pode-se observar a evolução da temperatura média do ar de setembro de 1948 a agosto de 1957, dados estudados por Maack (2002) e dados de temperatura média do ar da Estação Climatológica de Maringá de setembro de 1994 a agosto de 2003. Pode-se observar que ao longo do período analisado as temperaturas médias mensais foram significativamente maiores em todo o período analisado. A maior temperatura obtida por Maack foi de aproximadamente 24°C, no mês de dezembro do período estudado, já a maior temperatura obtida pela ECPM foi de aproximadamente 26°C no mês de março do período estudado.

Também pode-se observar menores temperaturas médias nos meses de junho e julho para o período estudado por Maack, com valores de aproximadamente 17°C e para a ECPM o mês de junho e julho se repetem mas com temperaturas médias superiores, com valor de 20°C aproximadamente do período analisado.

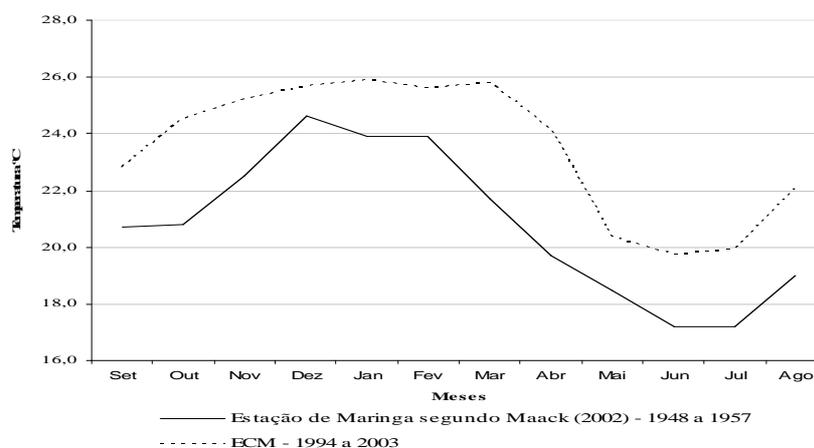


Figura 13 – Evolução das temperaturas médias mensais estudadas por Maack (2002) e ECPM

Na Figura 14 tem-se o estudo comparativo das temperaturas médias das máximas analisadas por Maack, no período de 1948 a 1957 e da ECPM para o período de 1994 a 2003. Pode-se observar que os valores das temperaturas máximas são aproximadamente iguais, embora entre novembro e março haja maior evolução das temperaturas máximas analisadas por Maack. Com base no gráfico pode-se observar que a maior temperatura média das máximas analisadas foi em dezembro com valor de 32°C e a menor temperatura média máxima foi de 24°C entre junho e julho, com base nas informações obtidas por Maack.

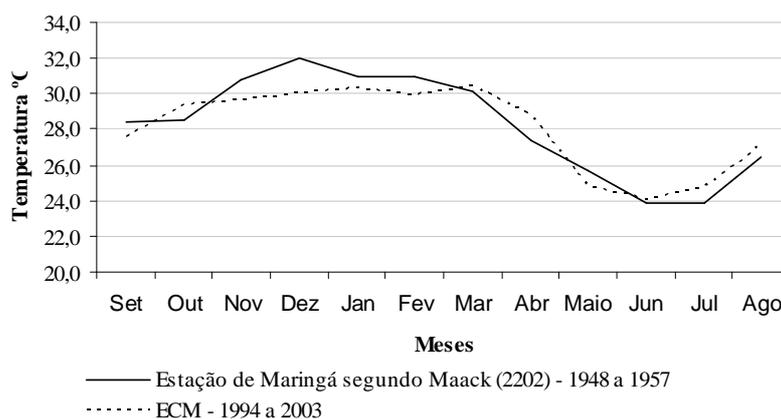


Figura 14 - Evolução das temperaturas médias das máximas analisadas por Maack (2002) e ECPM

Na Figura 15 tem-se a análise das temperaturas médias mínimas no período de setembro a agosto para os dados de Maack, período de 1948 a 1957 (linha contínua do gráfico) e ECPM, período de 1994 a 2003 (linha pontilhada do gráfico). Pode-se observar que não há significativa diferença na evolução mensal dos valores dentro do período analisado embora no período mais recente as temperaturas sejam levemente superiores ao período estudado por Maack.

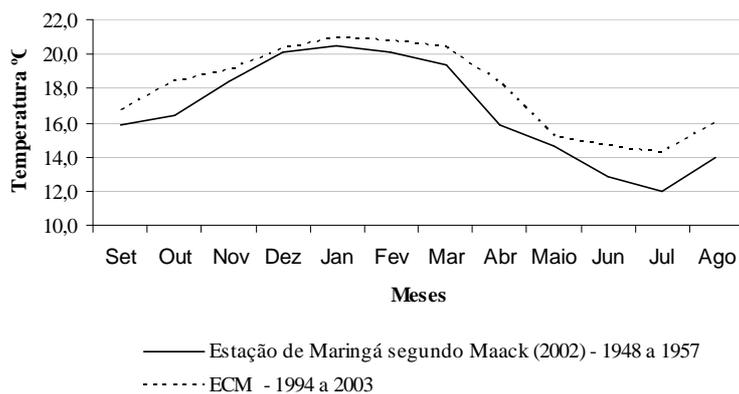


Figura 15 – Evolução das temperaturas médias mínimas analisadas por Maack (2002) e ECPM

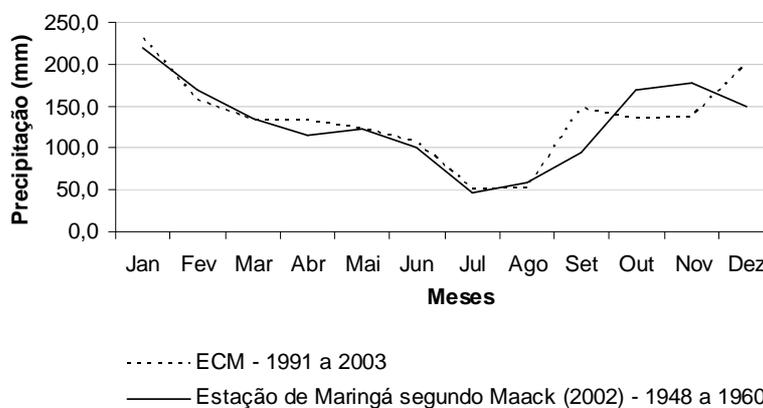


Figura 16 – Evolução da precipitação média analisada por Maack (2002) e ECPM

Na Figura 16 tem-se a evolução da precipitação média mensal de janeiro a dezembro segundo Maack, no período de 1948 a 1960 e ECPM no período de 1991 a 2003. Pode-se observar que a análise dos dois períodos apresentaram a mesma estrutura com máximas precipitação pluviais em novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março e mínimas precipitações em abril, maio, junho julho e agosto.

Destas análises estatísticas pode-se observar que os valores de temperaturas e precipitações analisados não apresentaram significativa variabilidade, com base nas estações do CTI, ECPM e SIMEPAR.

5.4 Modelagem

Para se ter uma visão mais espacial da variabilidade da temperatura do ar e do vento, utilizou-se o modelo TVM, com dados de entrada do modelo de acordo com as Tabelas 13 e 14.

Tabela 13 - Dados de entrada do Modelo.

	Inverno	Verão
Dia juliano	191	10
Latitude (decimais) centro da grade	- 23.41	- 23.41
Longitude (decimais) centro da grade	-51.93	-51.93
Temperatura média do 1º nível do modelo	290.15K	297.95 K
Razão de mistura á superfície	0.012	0.018
Hora local do início da simulação	6 h	6 h
Duração Máxima da simulação	24 h	24 h

Fonte: o autor

Tabela 14 – Propriedades térmicas e radioativas das superfícies.

Superfície	Albedo	Emissividade	Resistência superficial (s/m)	Cap. térmica ($\text{Jm}^{-3}\text{K}^{-1}$) ($\times 10^6$)	Comprimento de rugosidade (m)	Temp. do 1º nível (K) (verão)	Temp. do 2º nível (K) (verão)	Temp. do 1º nível (K) (inverno)	Temp. do 2º nível (K) (inverno)
Vegetação alta	0.09	0.95	169.2	2.70e+05	0.507	299.0	300.0	292.3	291.8
Vegetação baixa	0.10	0.95	117.1	2.70e+05	0.115	299.0	300.0	292.3	291.8
Solo exposto	0.16	0.95	400.0	1.65e+05	0.049	299.0	300.0	292.3	291.8
Urbana	0.10	0.95	300.0	1.94e+05	0.232	299.0	300.0	292.3	291.8
Água	0.07	0.98	1.0	4.18e+08	0.001	302.0	302.0	292.3	291.8

Fonte: Banco Mundial (2004)

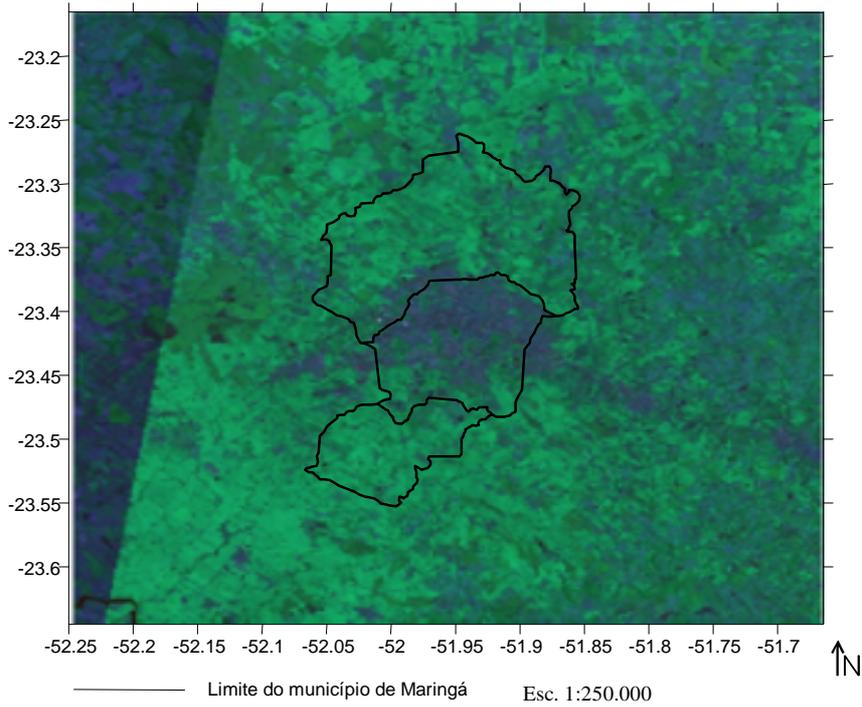
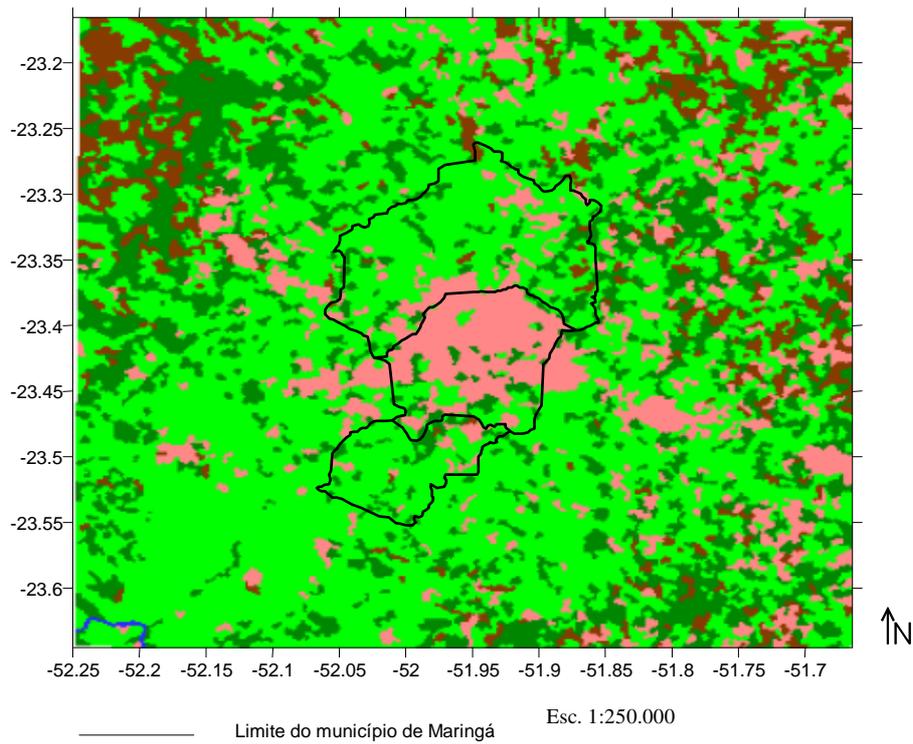


Figura 17 - Mosaico das imagens de satélite



Vegetação alta ● Vegetação baixa ● Urbana ● Água ● Solo exposto ●

Figura 18 - Imagem já classificada segundo o tipo de uso de solo

A Figura 17 mostra o mosaico das imagens de satélite Landsat-5 TM dos dias 17/01/2004 e 28/03/2004, onde se pode ver a cidade de Maringá. Foram escolhidas as bandas 3, 4 e 5 por serem as que melhor representam as ocupações de solo a serem estudadas. A resolução utilizada para trabalhar a imagem foi de 1000m. A Figura 18 mostra o mesmo mosaico, mas agora com a imagem classificada, onde se diferencia apenas os cinco tipos de uso de solo estudados. Observou-se a predominância de vegetação baixa que representa áreas agrícolas seguida de vegetação alta, representada por árvores mostrando áreas de preservação e parques dentro da área urbana. Apesar da área de estudo englobar o rio Pirapó, na resolução trabalhada não foi possível identificá-lo. Pode-se apenas observar a superfície *água* em uma pequena parte mais ao sul pertencente ao rio Ivaí. Com relação à superfície solo exposto, que representa o solo sem vegetação, podendo ser considerado um solo preparado para o plantio, notou-se pequena ocorrência na área urbana.

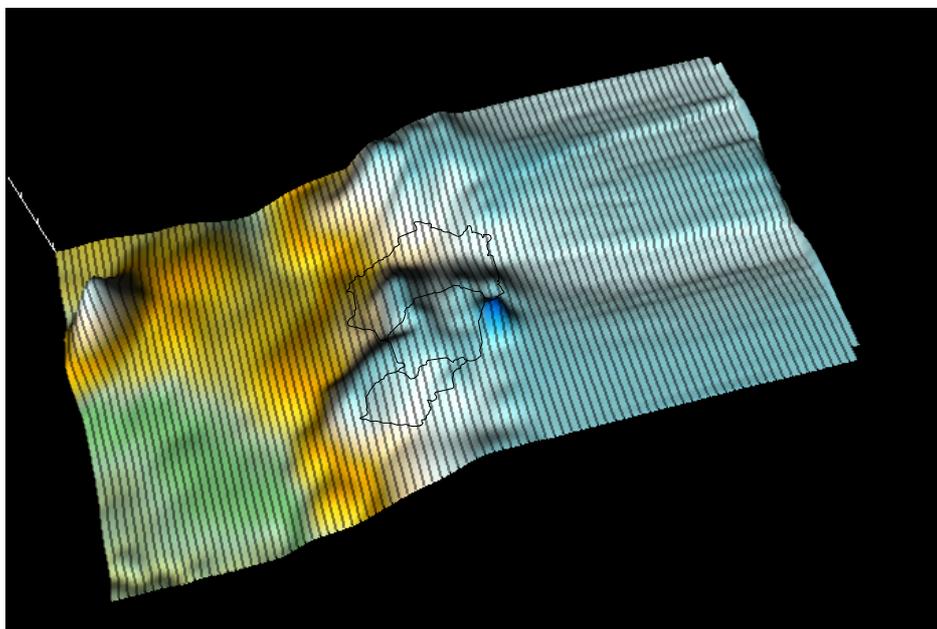
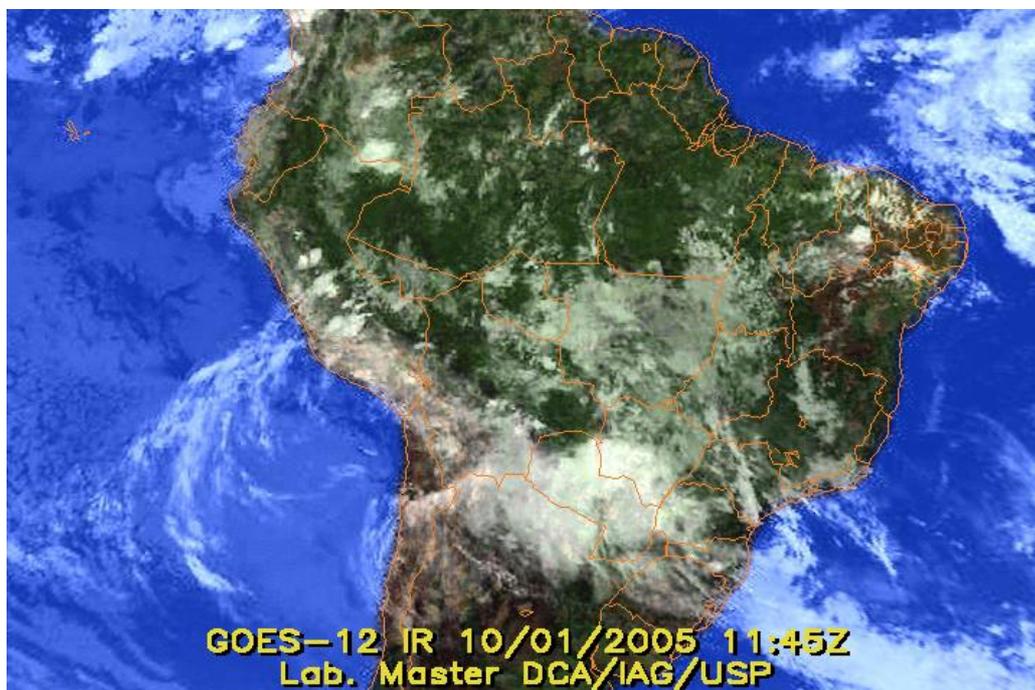


Figura 19 – Relevo da região de estudo

A Figura 19 refere-se ao relevo da região onde se observa que Maringá situa-se em 500 a 600m de altitude.

5.4.1 Período de Verão



Fonte: Imagem de Satélite 2- Instituto Astronômico e Geofísico (IAG), USP

Observou-se na Imagem de Satélite 2 (para o dia 10/01/2005: verão) muita nebulosidade para a região sudoeste e noroeste do Paraná, às 15h, aproximadamente. Esta configuração está associada à convecção profunda da Amazônia, com entrada de massa polar, proveniente do extremo sul da América do Sul. A partir de setembro, a radiação solar é mais intensa no hemisfério Sul, provocando maior liberação do calor latente e sensível sobre a Amazônia, intensificando a massa equatorial continental (mEc), também denominada de Zona de Convergência do Atlântico Sul. Os ventos alísios que sopram de leste para oeste transportam essa umidade na direção do Oceano Pacífico, mas a cordilheira dos Andes barra a penetração dessa massa no oceano, fazendo-a deslocar sobre o continente sul americano, principalmente o Brasil central. Também faz parte desse mecanismo de transporte a célula de Hadley que transporta energia, massa e momentum para as regiões tropicais (NERY, 2002).

Essa dinâmica apresentando muitas nuvens é uma limitação do modelo, que requer dias claros e sem nuvens. Por isso foram escolhidos aleatoriamente dias claros (céu sem nuvens) tanto para o verão quanto para o inverno.

As Figuras (20A a 25B) mostram a variação da temperatura do solo e direção de vento na área de estudo, para as 15 e 18h, considerando, na primeira etapa, a cidade, seu entorno e relevo, na segunda etapa, a cidade sem o relevo e na terceira etapa substituiu-se a cidade por vegetação baixa considerando o relevo.

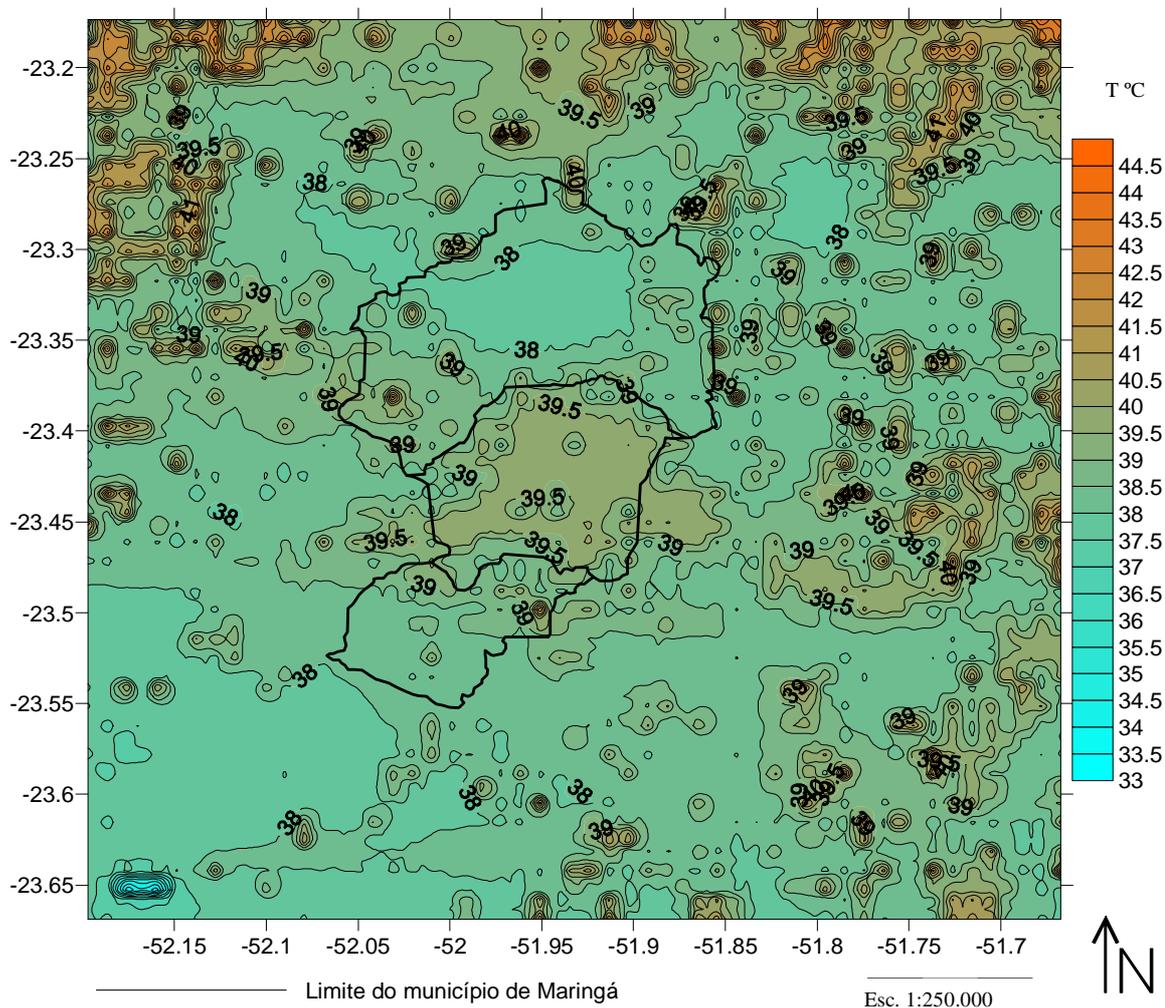


Figura 20A – Isotermas na superfície do solo às 15 horas

Com base na Figura 20A, pode-se observar isotermas obtidas a partir do modelo. As temperaturas na área analisada variaram entre 33 e 44.5°C, sendo, portanto, um gradiente térmico significativo de 11°C, aproximadamente. Isso se deve a presença

da área urbana, por um lado, com temperatura de 39.5°C e, por outro lado, áreas com solo exposto, cuja temperatura é de aproximadamente 44°C. Na área urbana observou-se algumas áreas com temperaturas de 38°C. Pode-se inferir que nessas áreas encontram-se os dois principais bosques da cidade. O rio Ivaí, localizado no sudoeste da área de estudo apresentou as menores temperaturas, com valor de aproximadamente 33°C.

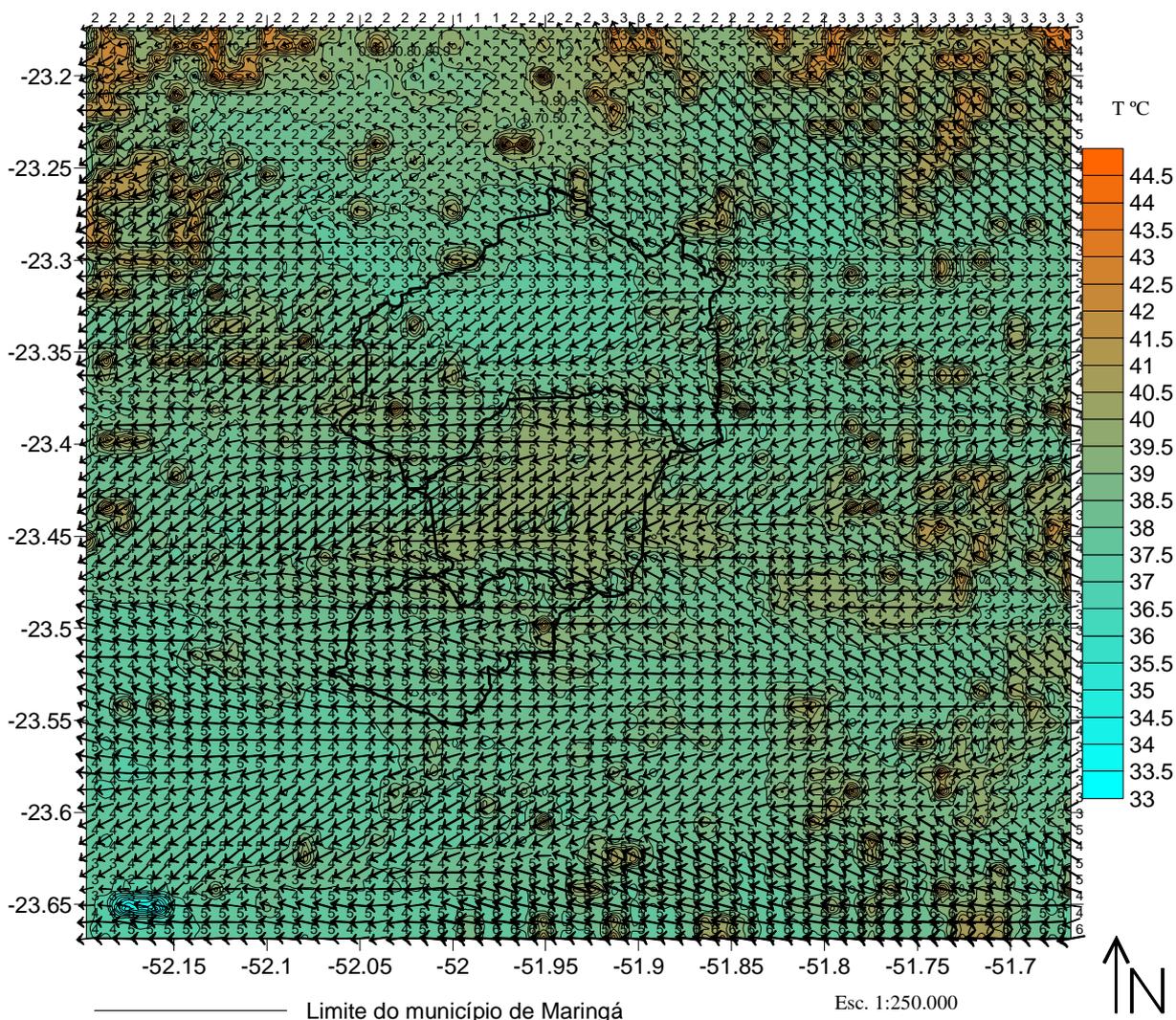


Figura 20B – Isotermas e direção e velocidade do vento, na superfície do solo às 15h

Com relação à Figura 20B, pode-se observar variabilidade tanto na direção quanto na intensidade do vento, em relação à área de estudo e para um dia de verão. Os ventos são intensos no cone urbano do município de Maringá, com velocidade máxima de 6m/s e direção nordeste. Também há predomínio de direção nordeste na zona rural

(área superior ao cone urbano), com velocidade máxima de 5m/s, assim como na área rural (área inferior do cone urbano), sem vento com direção predominante, ou seja, variabilidade na direção nordeste e sudeste e intensidade de 4 a 5m/s.

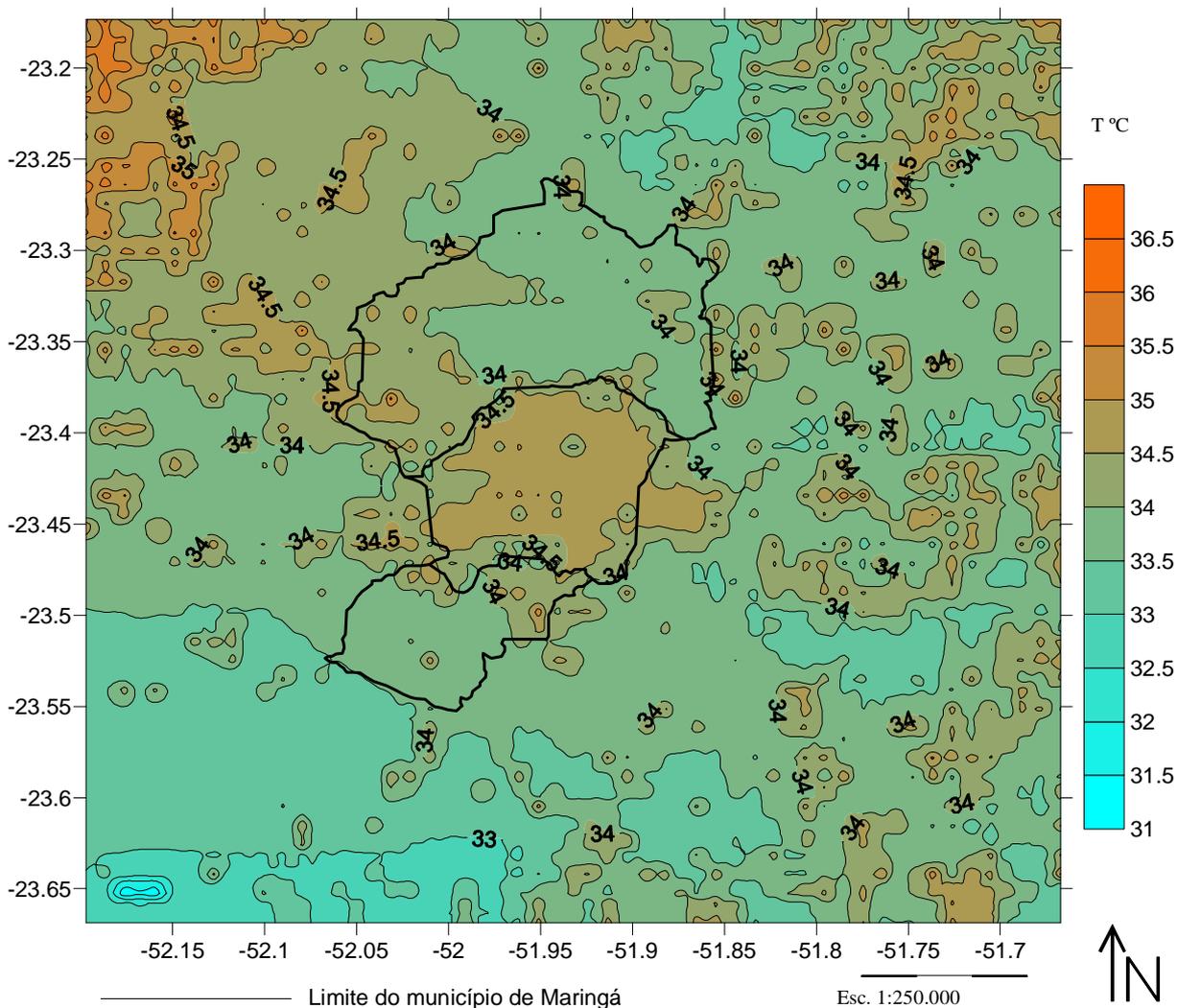


Figura 21A – Isotermas para o dia 10/01/2005, no nível do solo às 18h

Na Figura 21A, pode-se observar isotermas das 18h, obtidas através do modelo TVM. Estas isotermas apresentaram marcada variabilidade, com valores entre 31°C (no rio Ivaí, parte inferior da figura à esquerda) e 36.5°C (área de solo exposto, mais concentrada na parte superior da figura, à direita). Deve-se ressaltar que as

temperaturas diminuiram, comparativamente aos valores obtidos às 15h, no entanto, o cone urbano continua com temperaturas mais elevadas que a área rural desse município. A temperatura predominante na área rural é de 33°C, aproximadamente, enquanto na área urbana a temperatura é superior a 34°C.

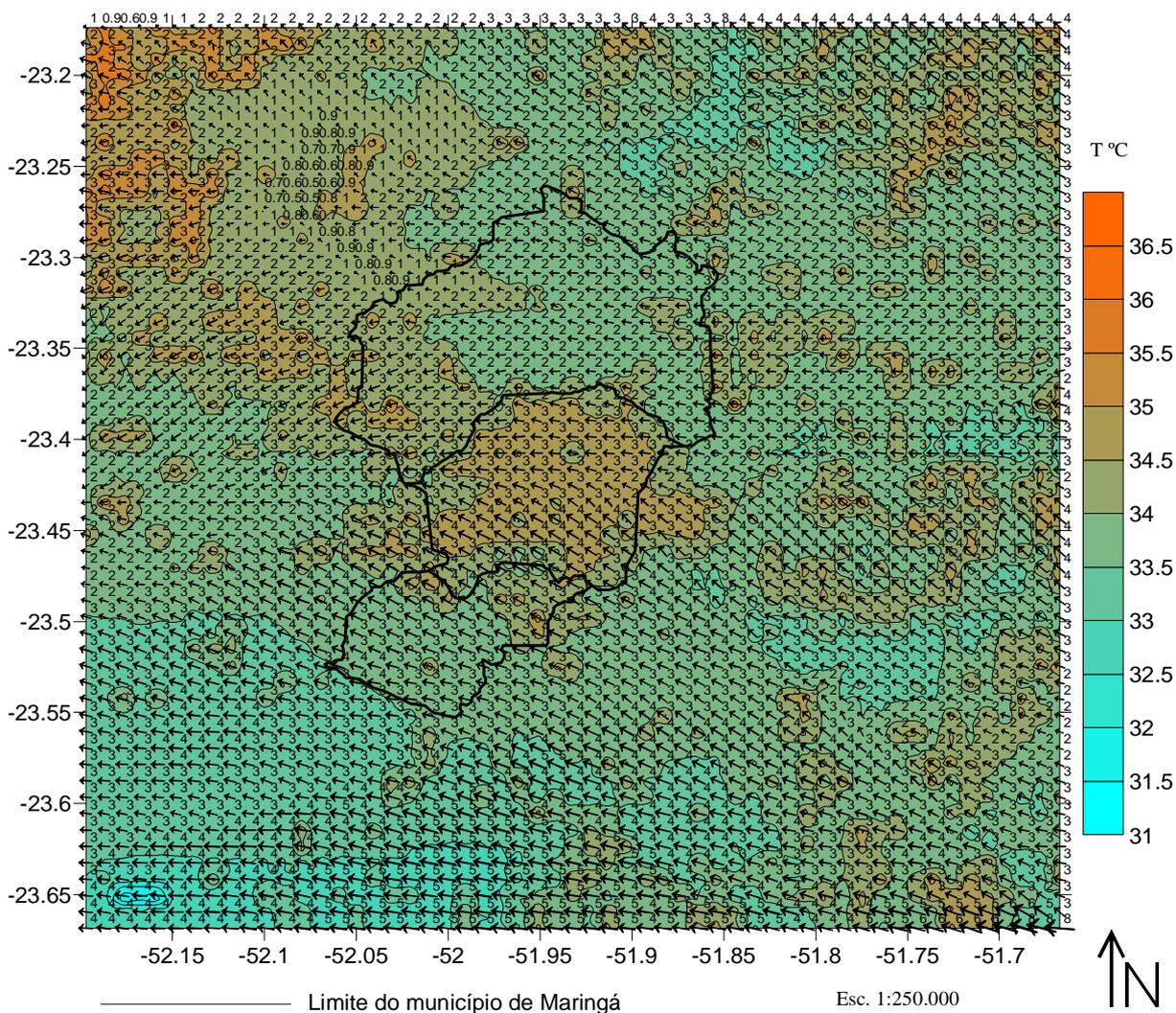


Figura 21B – Isotermas e direção e velocidade do vento para o dia 10/01/2005, no nível do solo às 18h

Na Figura 21B, pode-se observar a direção e intensidade do vento obtido pelo modelo. Os ventos das 18h (verão), comparativamente aos ventos das 15h estão significativamente atenuados, com direção predominante na área urbana (metade inferior do cone urbano), com ventos de sudeste e intensidade variando de 3 a 4m/s. Já a

metade superior da área urbana apresentou direção leste, com intensidade de 2 a 3m/s. Há variabilidade na direção dos ventos, nos solos expostos, mas com intensidade média de 3m/s.

Deve-se ressaltar a importância da radiação incidente sobre a região, gerando intenso gradiente térmico entre os dois períodos analisados, provocando significativa variabilidade na intensidade e direção do vento. Por se tratar de uma área relativamente pequena, os efeitos térmicos são altamente significativos nessa primeira aproximação dada pelo modelo, utilizado nesse trabalho.

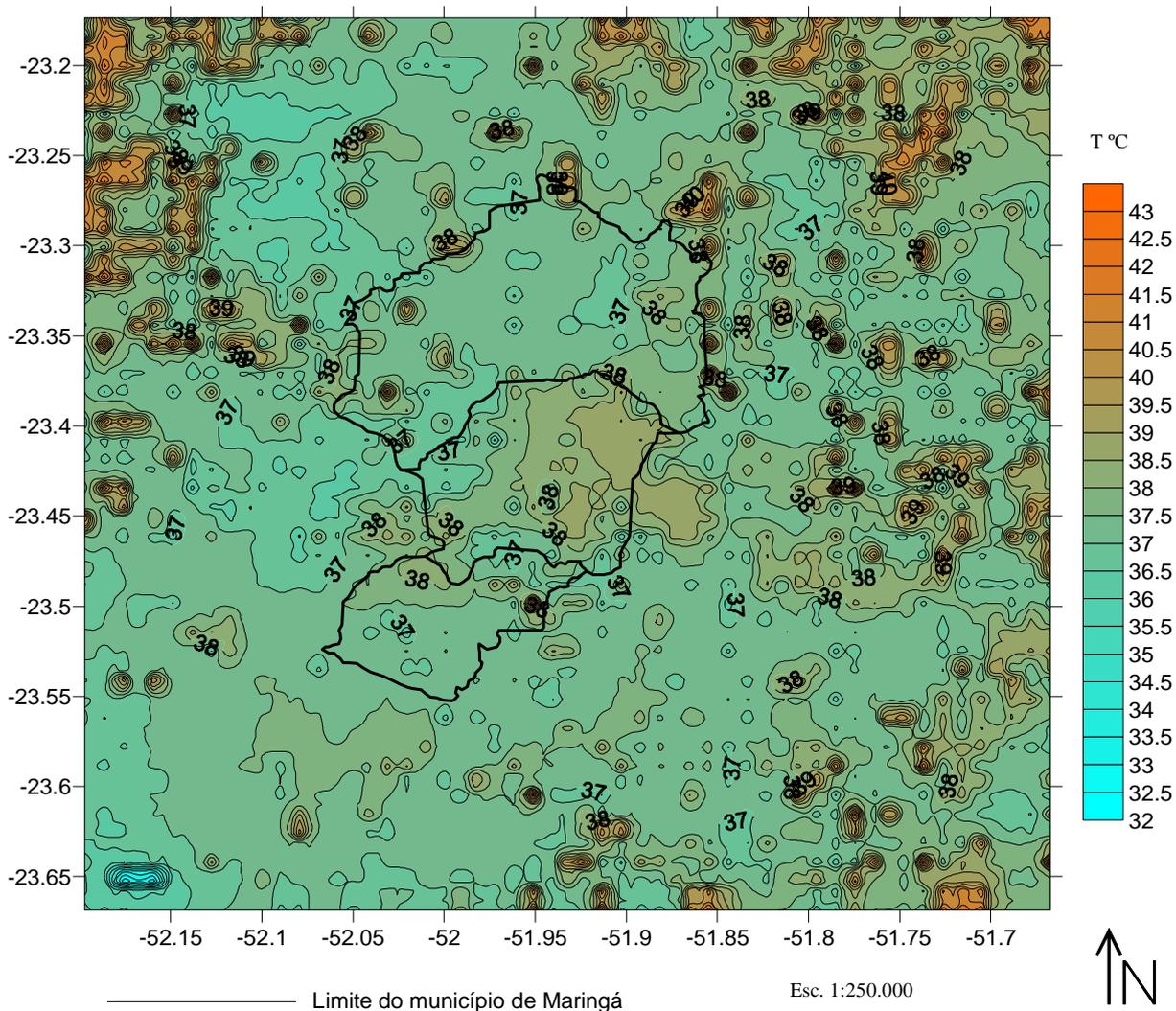


Figura 22A – Isotermas para o dia 10/01/2005, ao nível do solo, às 15h, sem considerar a topografia

Com o objetivo de analisar a dinâmica da circulação dos ventos na área de estudo, bem como as isotermas, utilizou-se o modelo TVM, para simular essa dinâmica, retirando a topografia. É de conhecimento científico que a rugosidade do solo, provoca turbulências na região analisada, modificando a direção e a intensidade do vento. Desta forma a proposta nessa etapa do trabalho, foi simular as condições dinâmicas da região para estudar a importância da topografia na orientação dos ventos, além da variabilidade da temperatura do solo.

Na Figura 22A, são apresentadas as isotermas, espacialmente distribuídas para as 15h, geradas a partir do modelo, retirando a topografia. Pode-se observar significativo gradiente térmico de 10°C , com maiores temperaturas na região de solos expostos (temperatura de, aproximadamente, 42°C) e menores temperaturas, no rio Ivaí (aproximadamente 32°C). Dentro do cone urbano o gradiente térmico foi de 1°C , não havendo, portanto significativa variabilidade térmica nessa região.

Observou-se na Figura 22A (sem considerar a topografia) uma temperatura menor, de 32 a 43°C , em relação à Figura 20A (considerando a topografia) que apresentou uma variação de 33 a 44.5°C , onde se pode inferir que a topografia interfere na temperatura local, ainda que o gradiente térmico não seja acentuado.

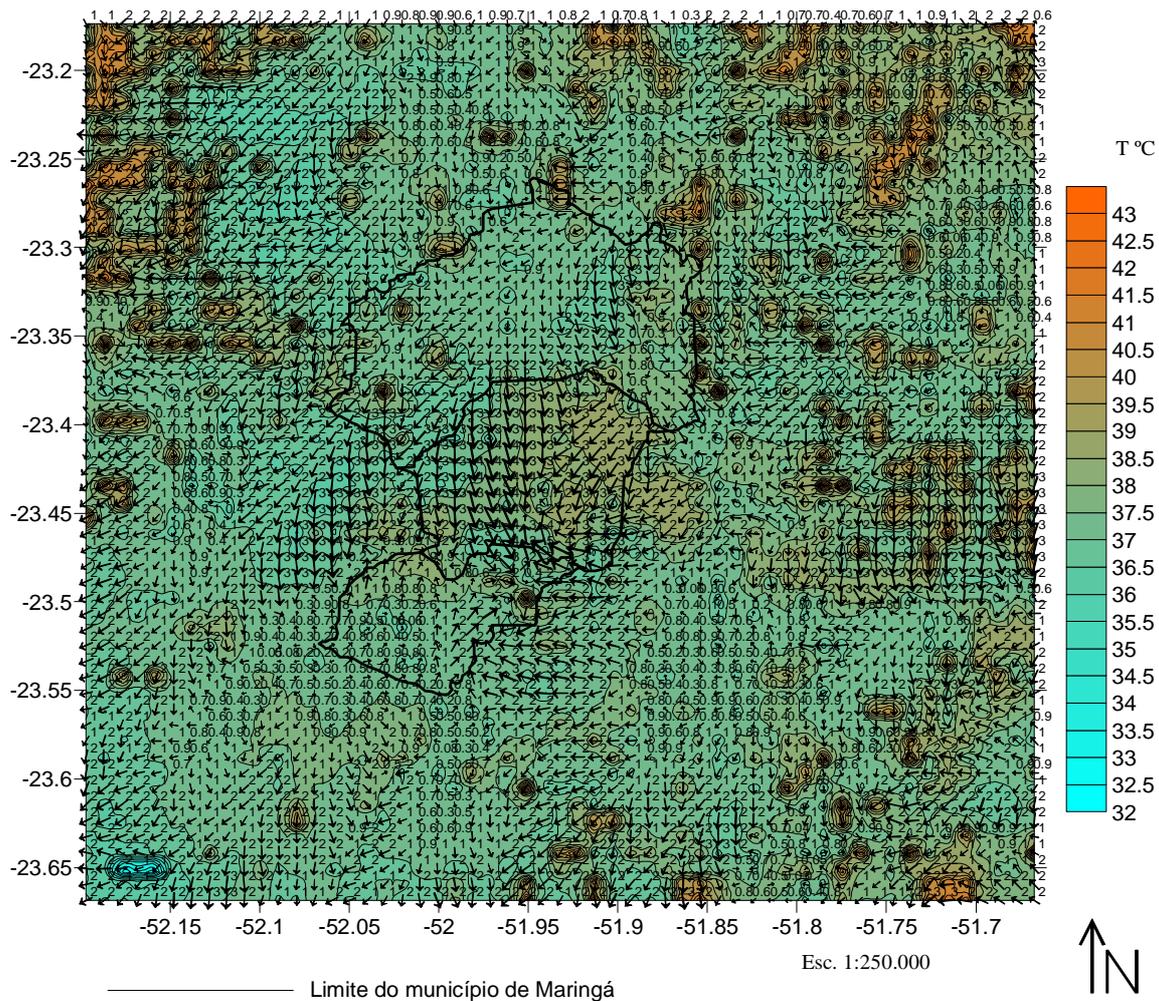


Figura 22B – Isotermas e direção do vento para o dia 10/01/2005, às 15h, sem considerar a topografia

Na Figura 22B, pode-se observar os ventos mais intensos no cone urbano com intensidade variando de 2 a 5m/s, predominantemente de norte. Já a metade superior da área urbana apresentou com intensidade abaixo de 1m/s a 3m/s. Na metade inferior predominam ventos de menos de 1m/s com direção sul. Na Figura 16B (com topografia) observou-se ventos mais intensos na metade superior e inferior comparativamente com a Figura 18B, com diferenças de até 5m/s. Assim pode-se inferir que a topografia também tem influência sobre a intensidade dos ventos, o que já era esperado.

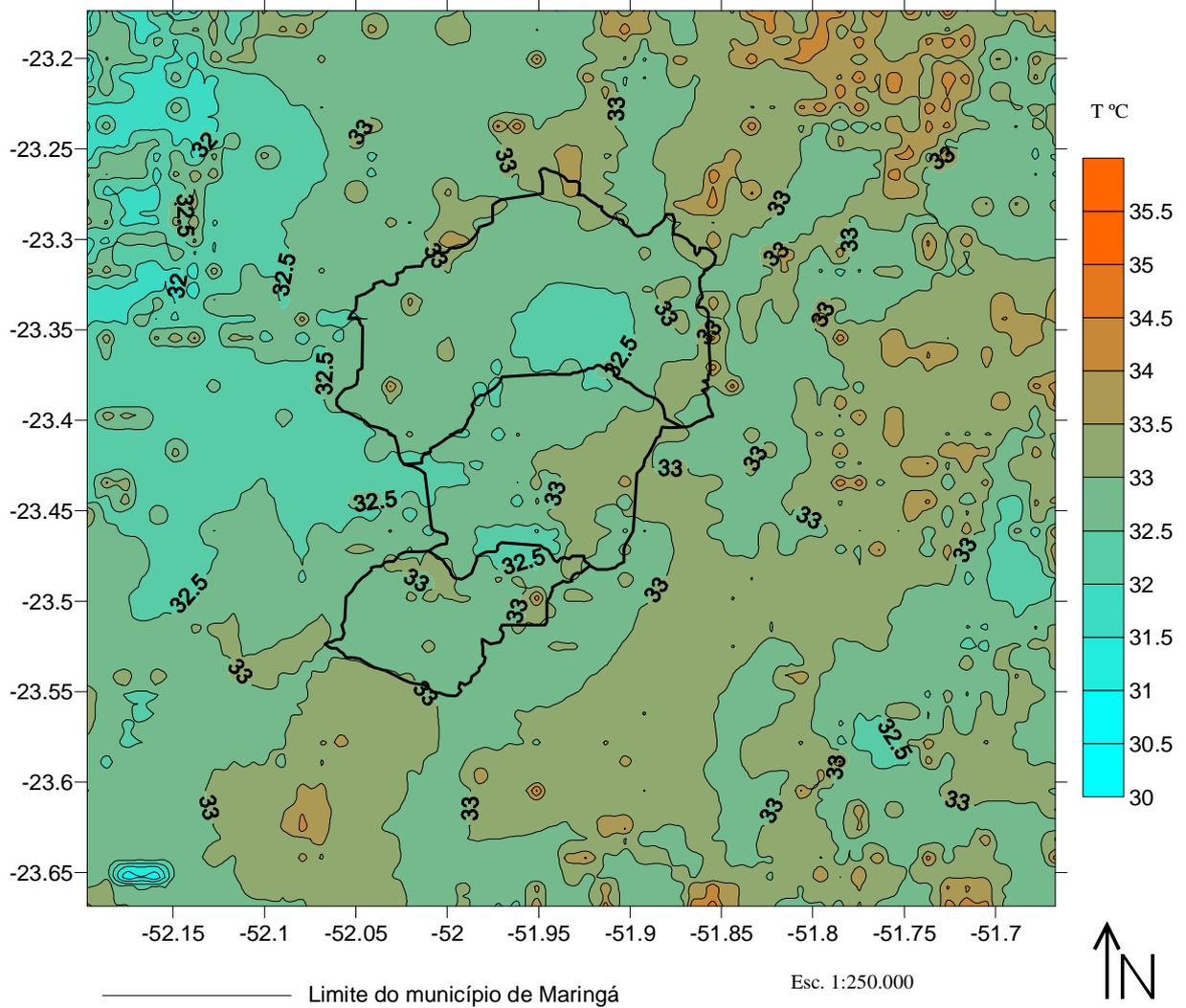


Figura 23A – Isotermas para a região de estudo, para as 18h, retirando a topografia

Na Figura 23A, são apresentadas as isothermas geradas pelo modelo, para as 18h, sem topografia. Pode-se observar em toda a área de estudo um gradiente térmico de 3.5°C, com temperatura de 31°C (na área rural) e de 34.5°C (na área urbana e solo exposto). A temperatura no rio Ivaí (extremo inferior esquerdo da figura) a temperatura é de 31°C.

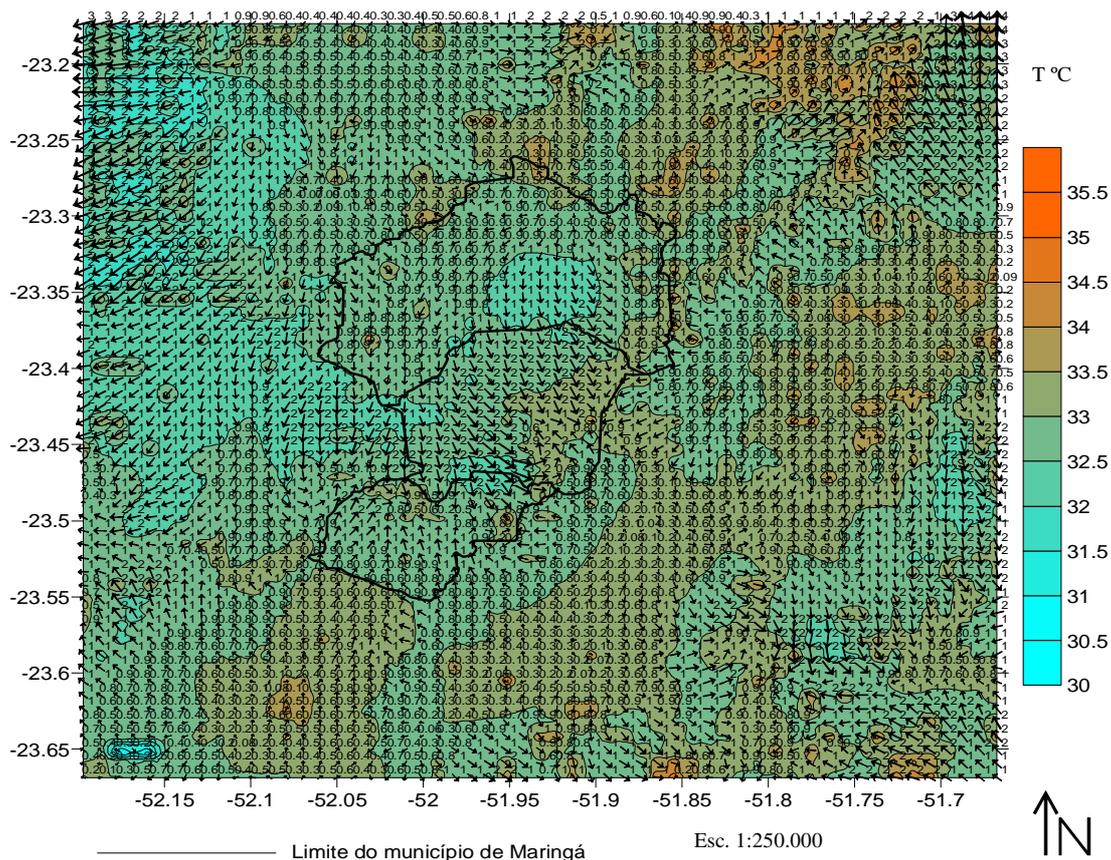


Figura 23B – Isotermas e direção do vento, às 18 horas, sem considerar a topografia local

Em relação à intensidade e direção do vento, analisadas através do modelo, para às 18h, sem topografia (Figura 23B): observou-se, no cone urbano, significativa variabilidade na direção desse parâmetro meteorológico, com ventos na direção leste, ao norte da área urbana, ventos na direção noroeste, a leste, ventos na direção norte, na parte centro - sul dessa área, mas todos com baixa intensidade (aproximadamente 1m/s). Já a nordeste da área total estudada, os ventos têm intensidade de 2m/s, aproximadamente, com direção sudoeste. De maneira geral, os ventos têm significativa variabilidade na direção, mas baixa intensidade, com valores máximos de 2m/s, na área de estudo.

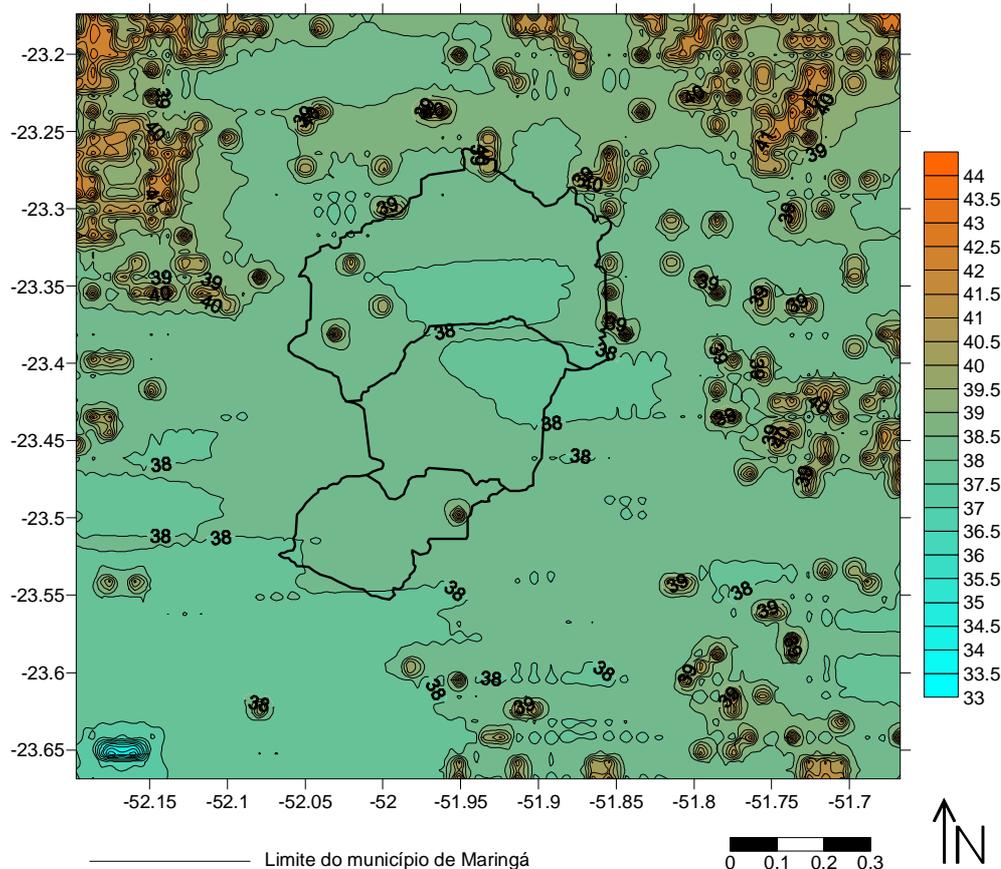


Figura 24A – Isotermas obtidas através do modelo, para o dia 10/01/2005, às 15 horas, só vegetação alta.

Após a análise sem topografia, utilizou-se o modelo incorporando vegetação alta, na área de estudo, assim como foi reincorporado a topografia. O objetivo dessas análises é estabelecer a importância desses parâmetros na dinâmica da circulação da região. Antes da década de 50, o Estado do Paraná, assim como a região noroeste desse Estado, eram cobertas por vegetação alta, gerando clima regional bem definido, atenuando o albedo dessa área, pois grande parte da energia solar incidente era utilizada para a fotossíntese dessas florestas (vegetação alta). Desta forma haverá declínio da temperatura, sempre que houver a presença de vegetação alta, pois não somente o balanço energético é alterado, nesse microclima, como haverá mais umidade, pois a planta, para seu crescimento requer energia solar, vapor de água e CO_2 .

Utilizando-se o modelo TVM, fez-se a simulação da área de estudo com a predominância de vegetação alta sob as outras características pertencentes a região, tais como região urbana (prédios, asfaltos, casas, dentre outros), solos expostos (preparação do solo para produção agrícola) ou, até mesmo, vegetação rasteira.

Na Figura 24A, são apresentadas as isotermas para a situação descrita acima e pode-se observar um gradiente térmico de 5°C , pois as regiões nordeste e noroeste da área de estudo apresentaram temperaturas superiores a 42°C e a região sudoeste, temperatura de 37°C , aproximadamente. Deve-se ressaltar que o rio Ivaí, localizado a sudoeste da região analisada, apresentou temperatura de 33°C . Essa temperatura não foi considerada no cálculo do gradiente térmico, por se tratar de uma área muito pequena, comparada à área de estudo.

Observou-se na Figura 24A (só vegetação alta) uma variação da temperatura similar àquela apresentada na Figura 16A (com área urbana) com uma variação de 33 a 44.5°C . Ocorreu diferença significativa apenas na área onde se localiza o município de Maringá: na Figura 16A apresentou temperaturas de 39.5°C , aproximadamente e na Figura 20A, temperaturas variando entre 37 a 38°C .

Na Figura 24B, pode-se observar que os ventos são mais intensos, para vegetação alta, às 15h, com variabilidade na direção dos mesmos. Na região urbana, a velocidade varia entre 3 e 5m/s, com direção nordeste. Ao norte da área de estudo a velocidade de 4m/s; ao sul, na direção leste, a velocidade de 4m/s; ao sul, direção sudoeste a velocidade de 4m/s e ao centro, direção nordeste e leste, com velocidade de 3m/s. Em toda a área de estudo a velocidade oscilou entre 3 e 5m/s, com predominância de 5m/s ao sul da área de estudo

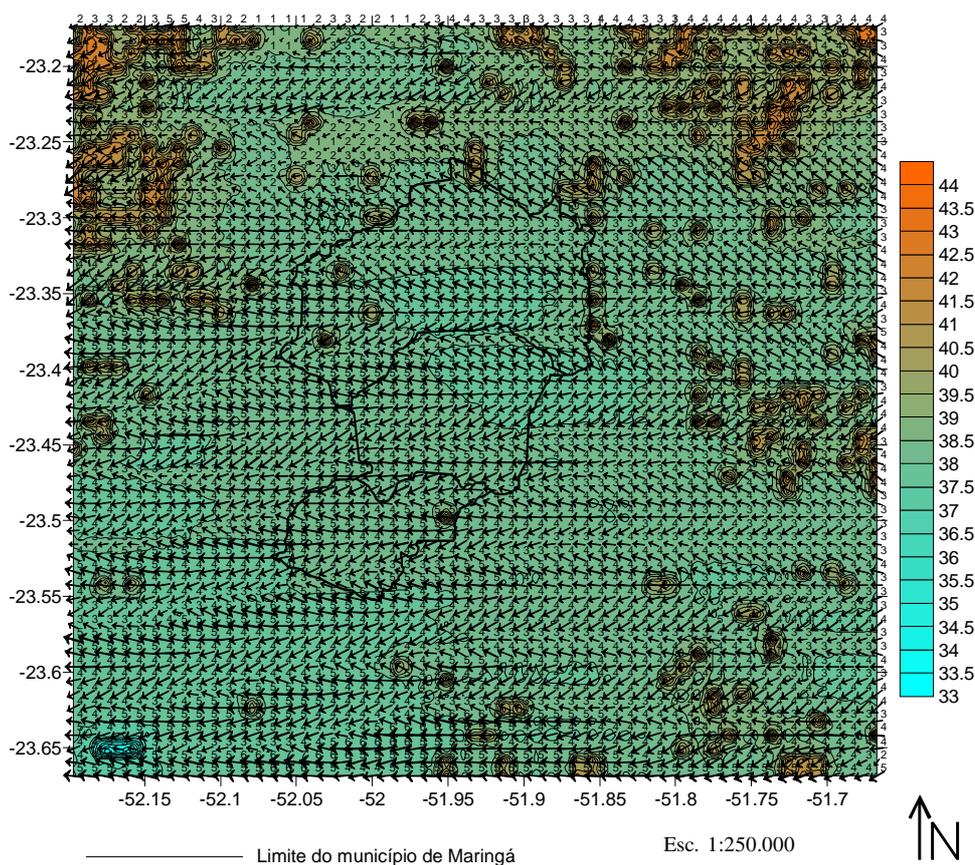


Figura 24B – Intensidades e direções dos ventos, para o dia 10/01/2005, às 15h, para vegetação alta

Na Figura 24B, os ventos tiveram intensidade variando de 3 a 5m/s, na área urbana e rural, portanto uma velocidade menor comparativamente àquela apresentada na Figura 16B, com ventos de 4 a 6m/s na área urbana e 3 a 5m/s na área rural.

As Figuras 25A e 25B apresentam o mapa de Maringá, com sua área rural e urbana. A Figura 25A apresenta as isotermas e a Figura 25B, isotermas em conjunto com direção e intensidade dos ventos, considerando como uso do solo, somente a vegetação alta, (às 18h). Observou-se, na área urbana (área central do mapa), as maiores temperaturas, além de pequenas regiões centrais com temperatura mais baixas, confirmando. Também se observou diferença de temperatura entre as áreas urbanas e rurais.

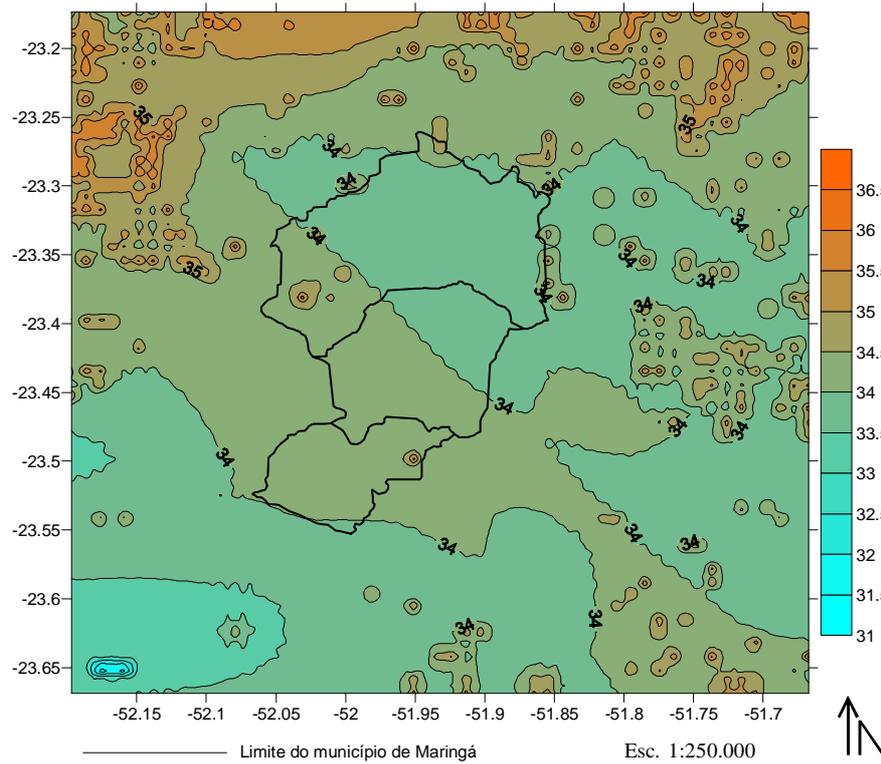


Figura 25A – Mapa de Maringá e isotermas para o dia 10/01/2005, às 18 horas

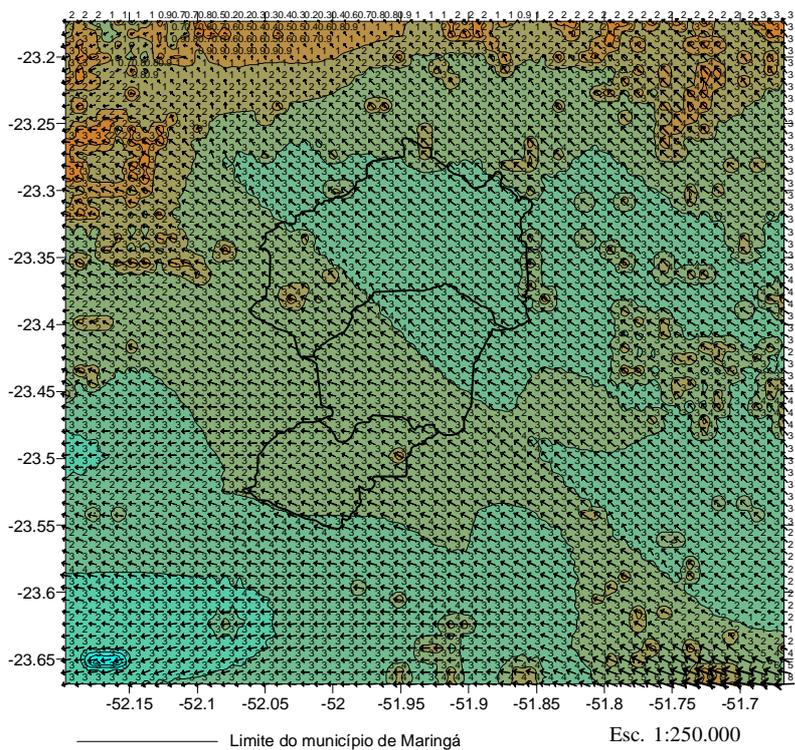
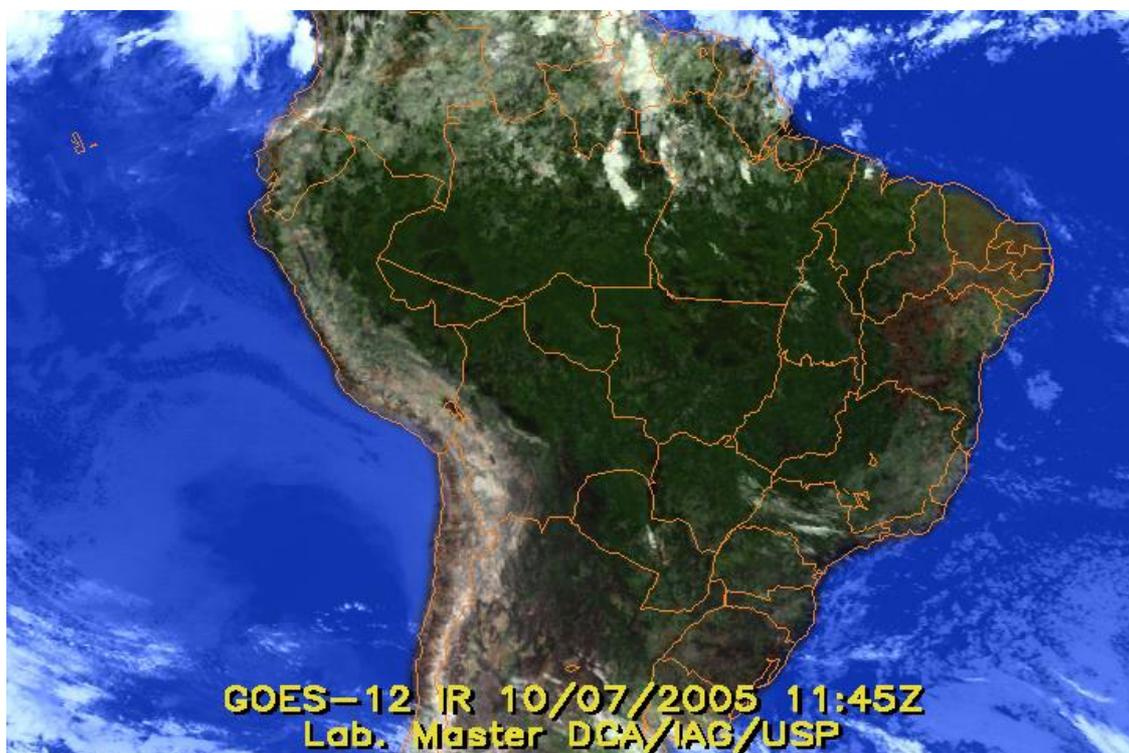


Figura 25B – Mapa de Maringá, isotermas e direção e intensidade do vento para o dia 10/01/2005, às 18 horas, somente vegetação alta

5.4.2 Período de Inverno



Fonte: Imagem de Satélite 3, Instituto Astronômico e Geofísico (IAG), USP

Observou-se, na Imagem de Satélite 3, a região sul do Brasil com pouca nebulosidade. Através da imagem obtida para um dia de inverno, pode-se observar que a convecção da Amazônia está atenuada, pois a maior radiação solar encontra-se no Hemisfério Norte, não havendo portanto significativo transporte de umidade para a região central do Brasil. Essa umidade aparece acentuada na parte superior da imagem, sendo a área da Zona de Convergência Intertropical. Esse é um dia adequado para a utilização no modelo, por não apresentar nebulosidade alguma na área de estudo.

A mEc está atenuada e dinâmica climática predominante sobre a área de estudo, são as massas polares provenientes do extremo sul do continente sul americano. Nesse dia específico não houve entrada de frente fria, podendo-se observar que grande parte do continente sul americano está dominado por um anticiclone, provocando subsidência de ar frio e seco das camadas superiores da atmosfera (NERY, 2002).

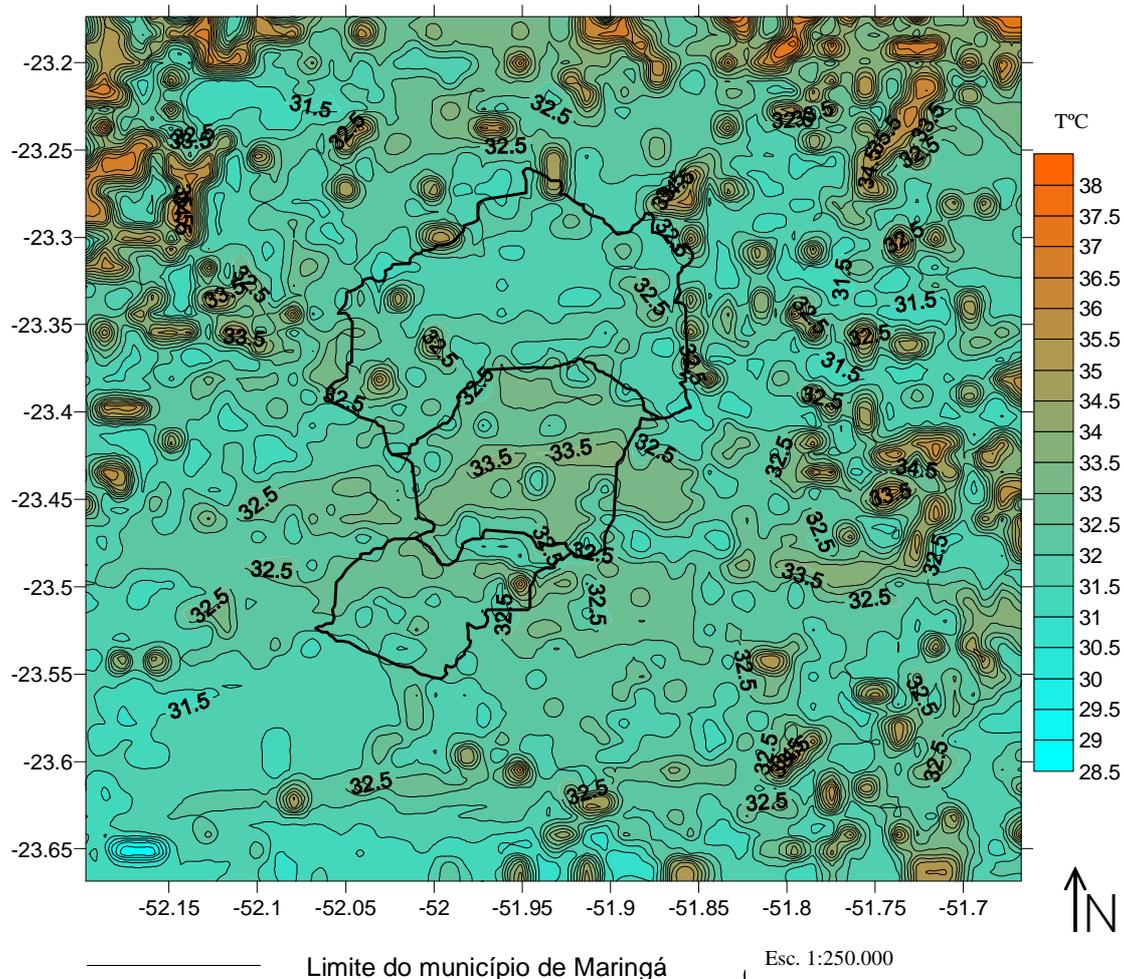


Figura 26A – Isotermas na superfície do solo, às 15 horas para o dia 10/07/05

Com base na Figura 26A, pode-se observar isothermas obtidas a partir do modelo para o dia 10/07/2005. As temperaturas na área analisada variaram entre 28.5 e 38°C, sendo, portanto, um gradiente térmico significativo de 10°C, aproximadamente. Isso se deve a presença da área urbana, por um lado, com temperatura de 33.5°C e, por outro lado, áreas com solo exposto, cuja temperatura é de aproximadamente 48°C. Na área urbana pode-se observar algumas áreas com temperaturas de 30°C, aproximadamente. O rio Ivaí, localizado na figura, abaixo e a esquerda, apresentou as menores temperaturas, das 15h analisadas pelo modelo, com valor de aproximadamente 29°C.

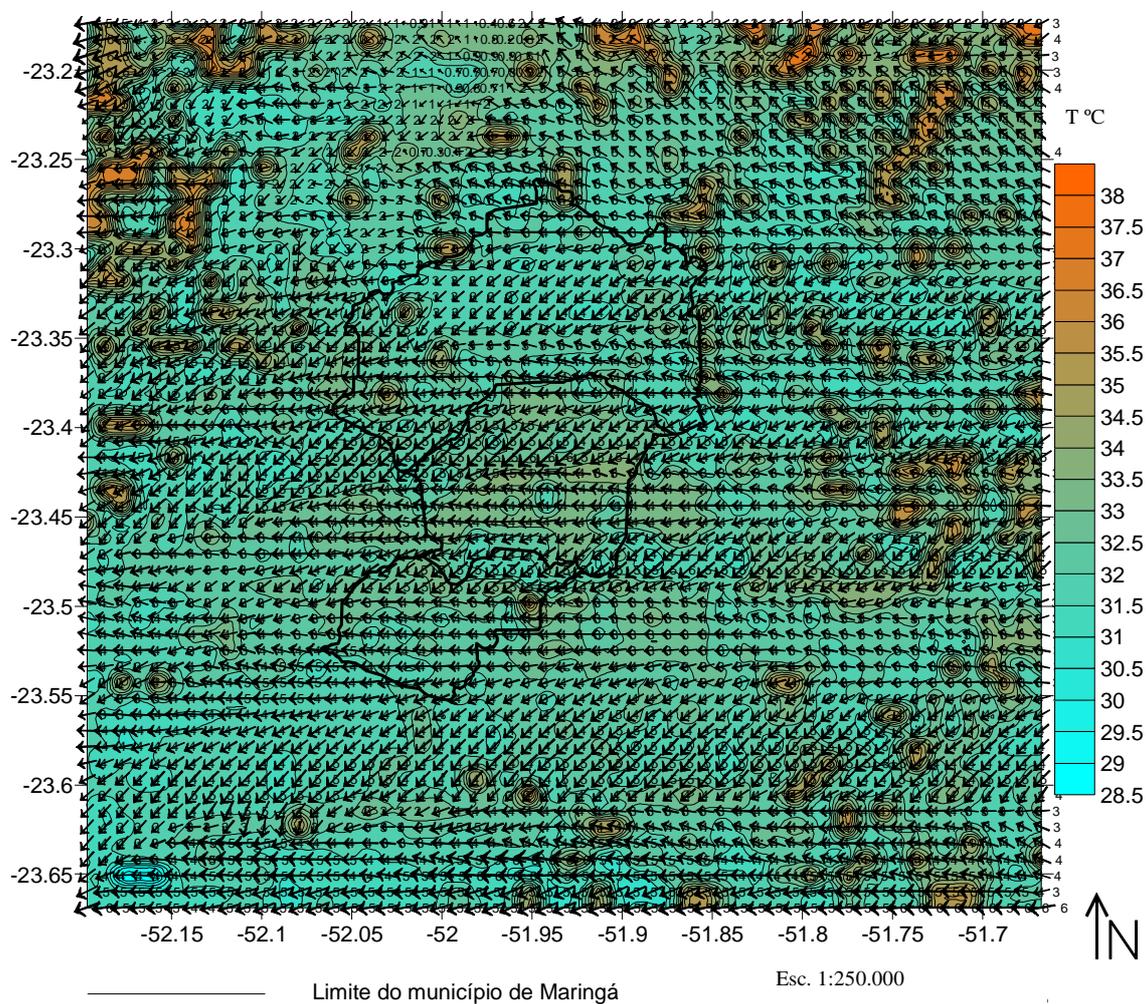


Figura 26B – Isotermas e direção e velocidade do vento, na superfície do solo, às 15h para o dia 10/07/2005

Com relação à Figura 26B, pode-se observar variabilidade tanto na direção quanto na intensidade do vento, em relação a área de estudo e para um dia de inverno. Os ventos são intensos na área urbana do município de Maringá, com velocidade máxima de 5m/s e direção nordeste. Também há predomínio de direção nordeste na zona rural (área superior da região urbana), com velocidade máxima de 5m/s, assim como na área rural (área inferior da região urbana), sem vento com direção

predominante, ou seja, variabilidade na direção nordeste e sudeste e intensidade de 4 a 5m/s.

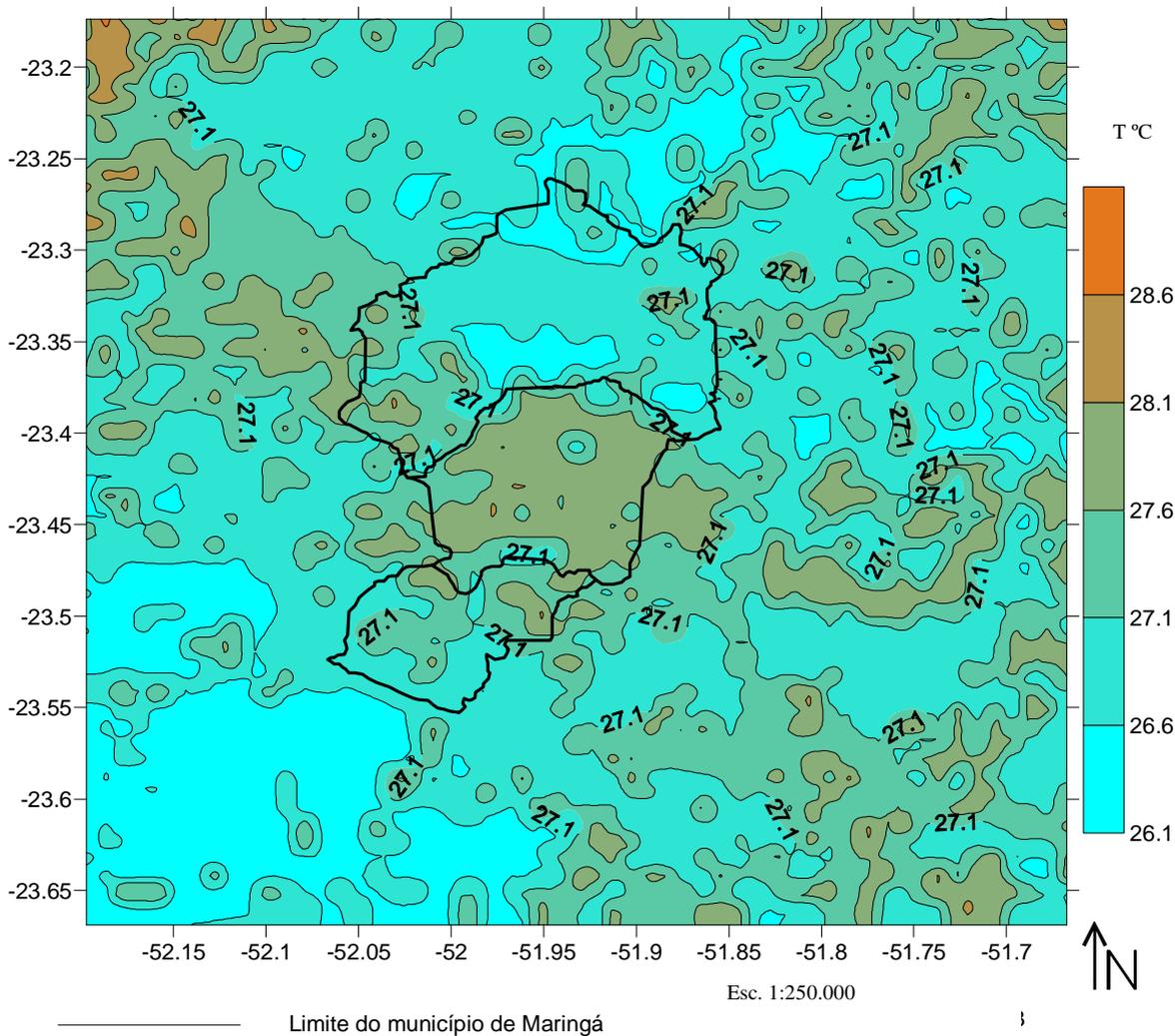


Figura 27A – Isotermas para o dia 10/07/2005, no nível do solo às 18h

Na Figura 27A, pode-se observar isotermas das 18h, obtidas através do modelo TVM para um dia de inverno. Estas isotermas apresentaram marcada variabilidade, com valores entre 28.6°C (solo exposto, parte superior da figura à esquerda) e 26.1°C (área rural de vegetação alta e baixa, mais concentrada na parte inferior da figura à esquerda). Deve-se ressaltar que as temperaturas diminuíram, comparativamente aos valores obtidos às 15h, no entanto, a região urbana continua com temperaturas mais elevadas que a área rural desse município. A temperatura

predominante na área rural é de 27°C, aproximadamente, enquanto na área urbana a temperatura esta em torno de 28°C.

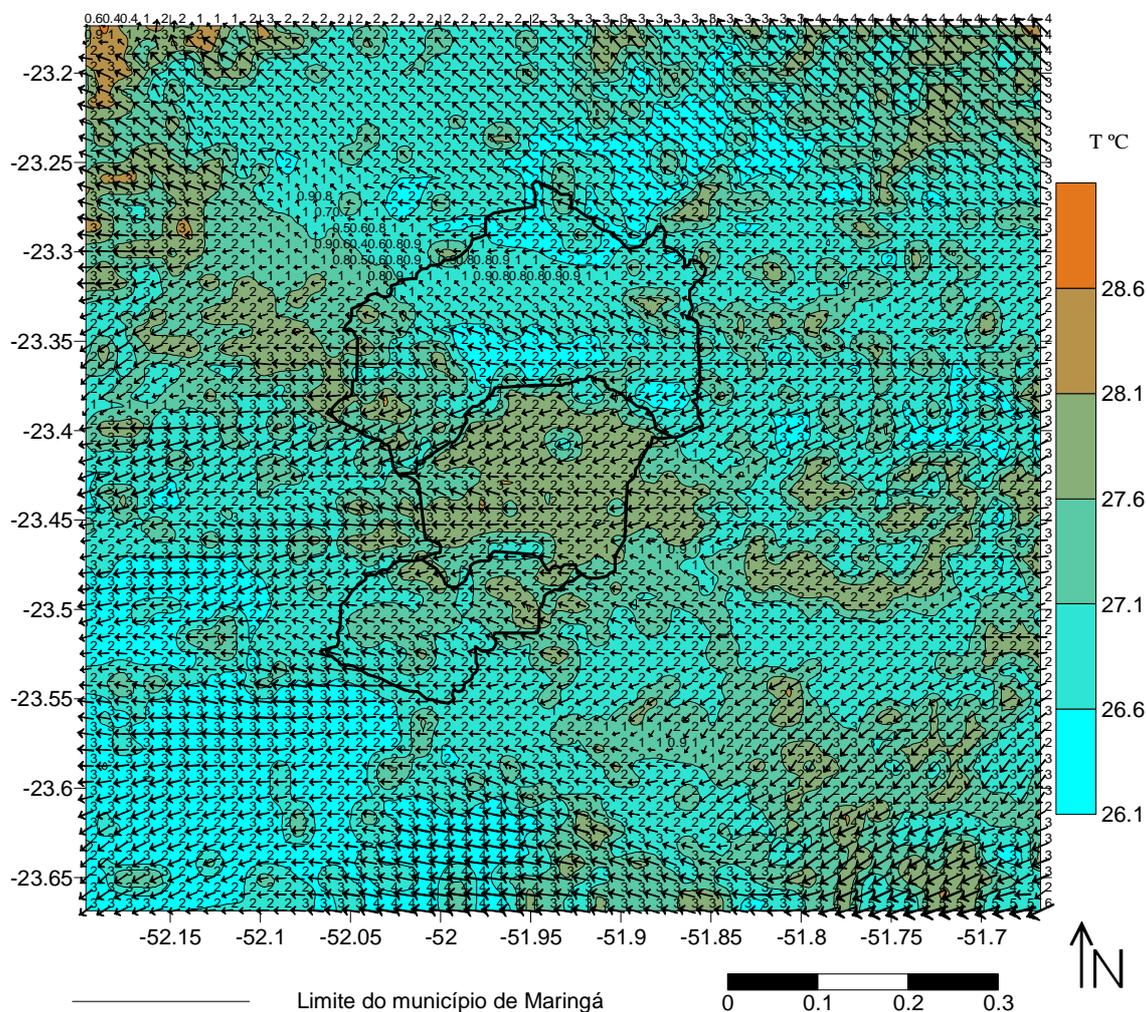


Figura 27B – Isotermas e direção e velocidade do vento para o dia 10/07/2005, no nível do solo às 18h

Na Figura 27B, pode-se observar a direção e intensidade do vento obtido pelo modelo. Os ventos das 18h (inverno), comparativamente aos ventos das 15h estão significativamente atenuados, com direção predominante na área urbana (metade inferior da área urbana), com ventos de leste e intensidade de aproximadamente 2m/s. Já a metade superior da área urbana apresentou direção nordeste, com intensidade de 2m/s. Há variabilidade na direção dos ventos, nos solos expostos, mas com intensidade média de 3m/s.

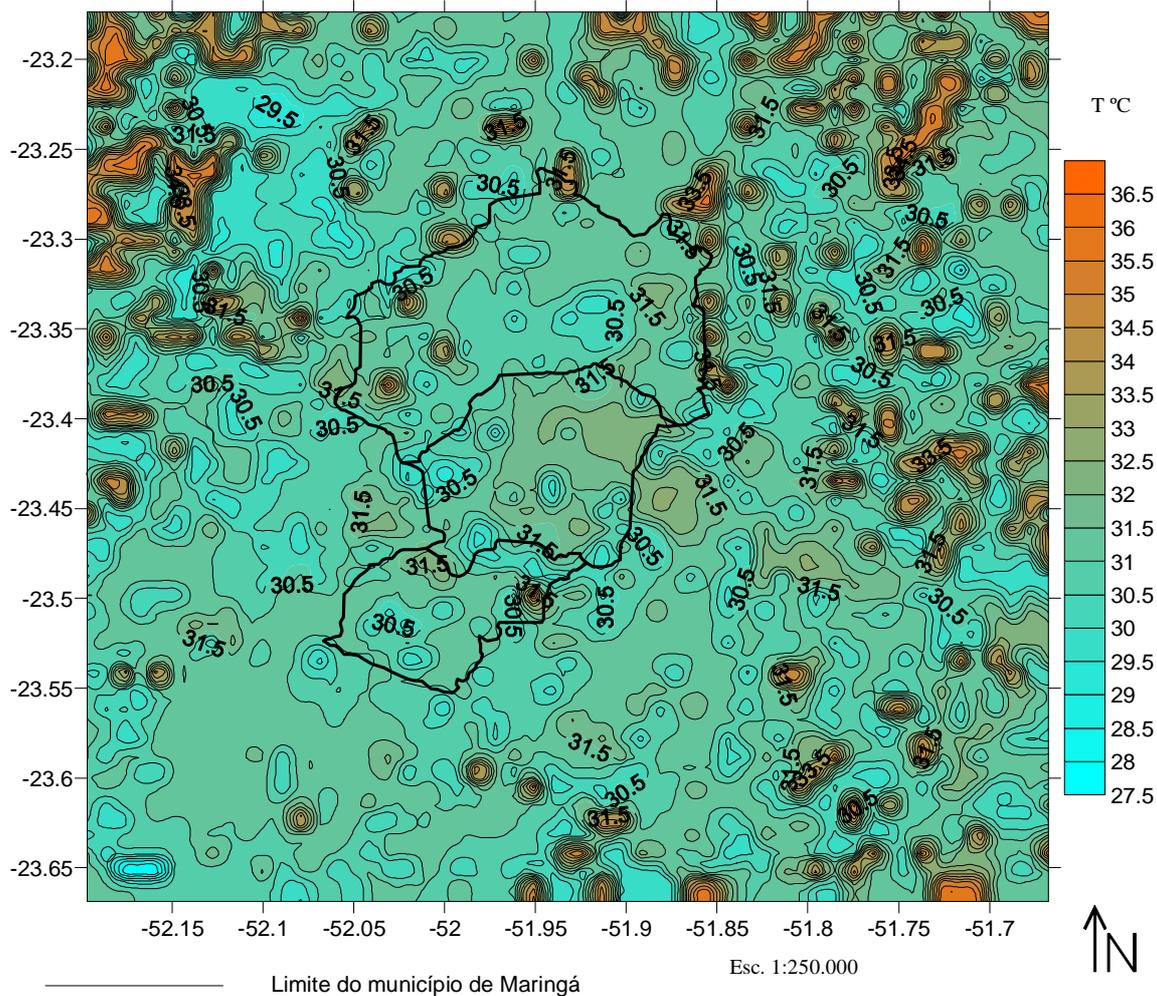


Figura 28A – Isotermas para o dia 10/07/2005, ao nível do solo, às 15h, sem considerar a topografia

Na Figura 28A, são apresentadas as isothermas, espacialmente distribuídas para as 15h, geradas a partir do modelo, retirando a topografia. Pode-se observar significativo gradiente térmico de 9°C , com maiores temperaturas na região de solos expostos (temperatura de, aproximadamente, 36.5°C) e menores temperaturas, no rio Ivaí (aproximadamente 28°C). Dentro da área urbana o gradiente térmico foi de 4°C , variando de 28 a 32°C .

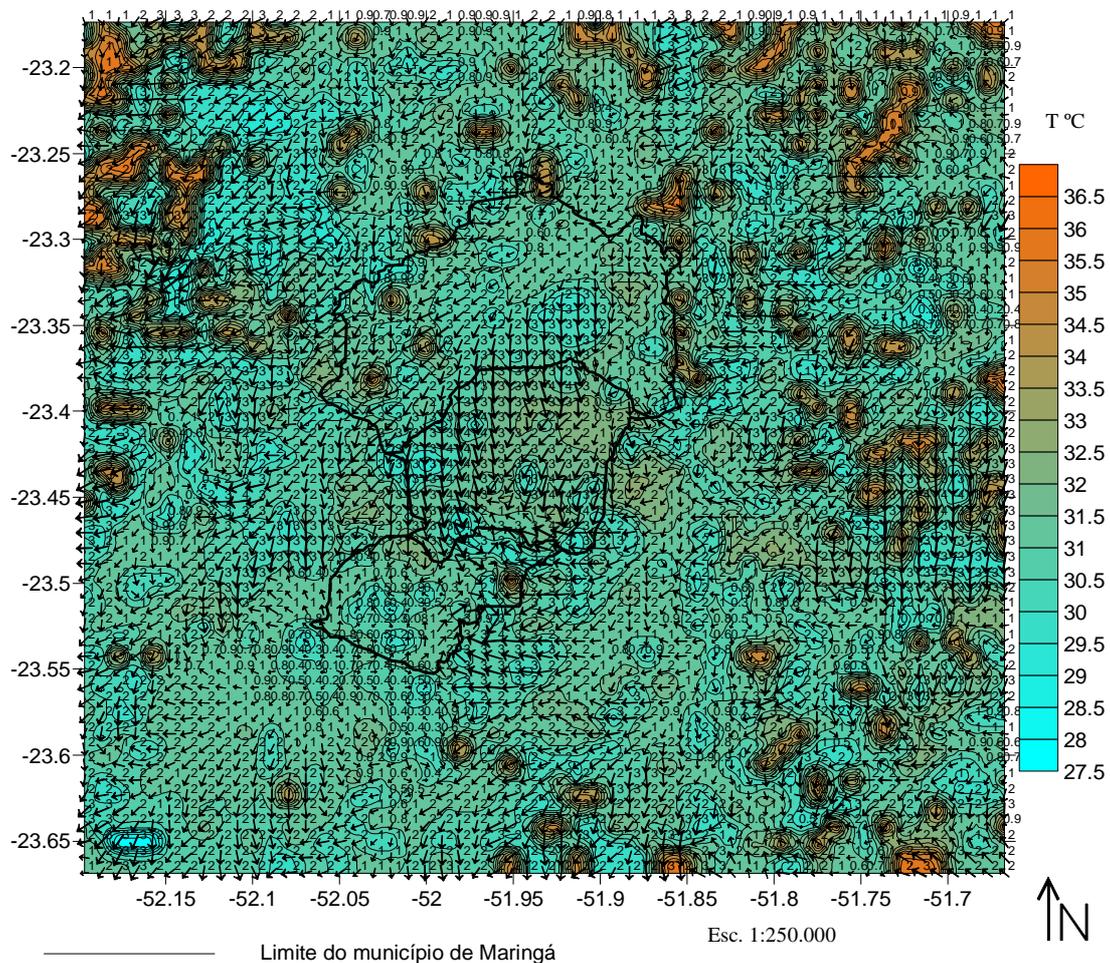


Figura 28B – Isothermas e direção do vento para o dia 10/07/2005, às 15 horas, sem considerar a topografia

Em relação à intensidade e direção do vento, analisadas através do modelo, para as 15h, sem topografia (Figura 28B), observou-se, na região urbana, significativa variabilidade na direção desse parâmetro meteorológico, com ventos na direção norte apresentando as maiores intensidades (aproximadamente 3m/s). De maneira geral, os ventos têm significativa variabilidade na direção e intensidade, com valores variando de menos 1m/s à 4m/s, na área de estudo.

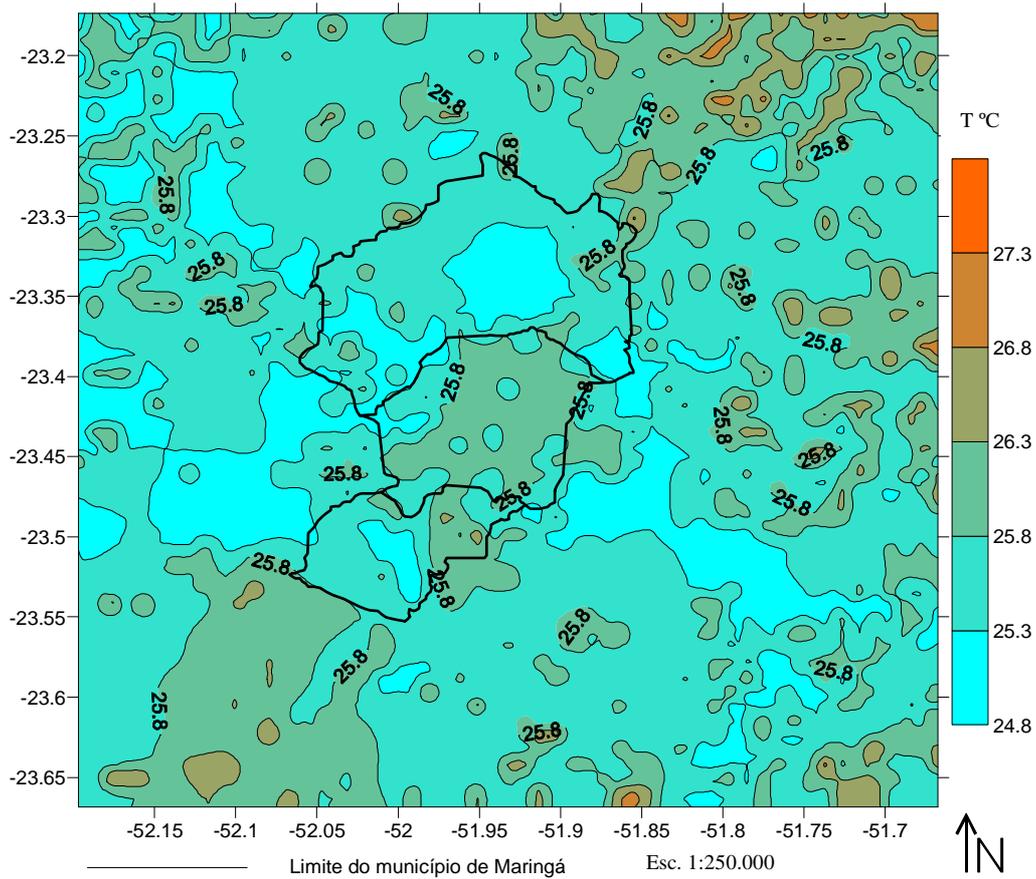


Figura 25A – Isotermas para a região de estudo, para as 18h, retirando a topografia

Na Figura 29A, são apresentadas as isothermas geradas pelo modelo, para às 18h, sem topografia. Pode-se observar em toda a área de estudo um gradiente térmico de 3.5°C, com temperatura de 24.8°C (na área rural) e de 26.3°C, na área urbana e na região nordeste da figura (solo exposto), apresentam temperaturas de 26.8°C. A temperatura no rio Ivaí (canto inferior esquerdo da figura) apresenta também temperatura de 26.8°C.

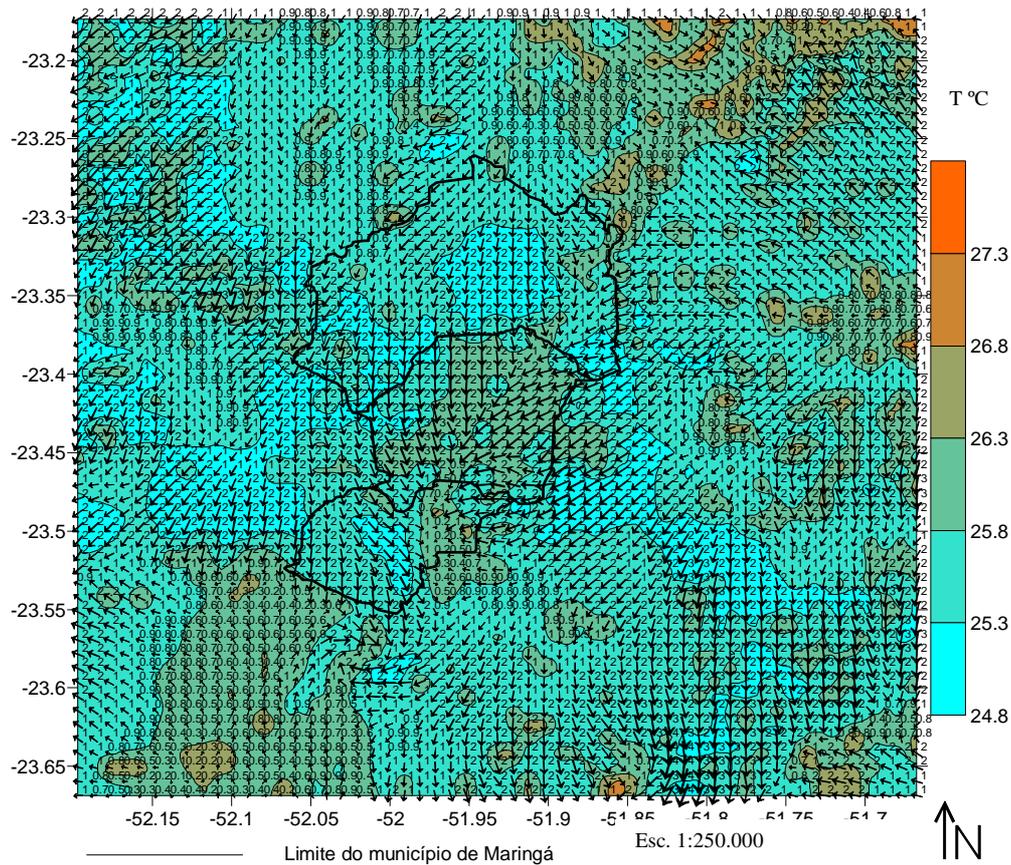


Figura 29B – Isothermas e direção do vento às 18 horas, sem considerar a topografia local

Em relação à intensidade e direção do vento, analisadas através do modelo, para as 18h, sem topografia (Figura 29B), observou-se, no perímetro urbano, significativa variabilidade na direção desse parâmetro meteorológico, com ventos na direção nordeste e norte com baixa intensidade (aproximadamente 2m/s). Já a nordeste da área total estudada, os ventos têm intensidade de 2m/s, aproximadamente, com direção sudoeste. De maneira geral, os ventos têm significativa variabilidade na direção, mas baixa intensidade, com valores máximos de 2m/s, na área de estudo.

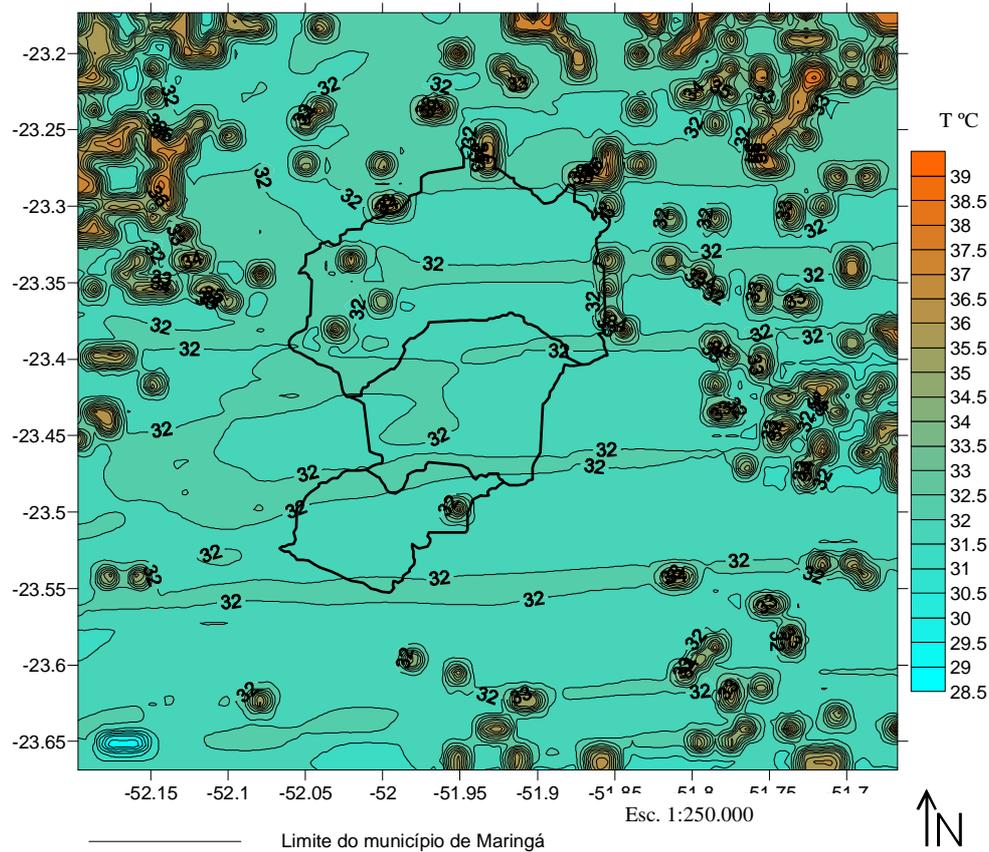


Figura 30A – Isotermas obtidas através do modelo, para o dia 10/07/2005, às 15 horas, só vegetação alta

Na Figura 30A, são apresentadas as isothermas considerando o uso de solo da região como vegetação alta para um dia de inverno. Pode-se observar um gradiente térmico de, aproximadamente, 10°C , na média, pois as regiões nordeste e noroeste da área de estudo apresentam temperaturas superiores a 38°C e a região sudoeste, temperatura de 28°C , aproximadamente. Deve-se ressaltar que o rio Ivaí, localizado a sudoeste da região analisada, apresentou temperatura de 29°C .

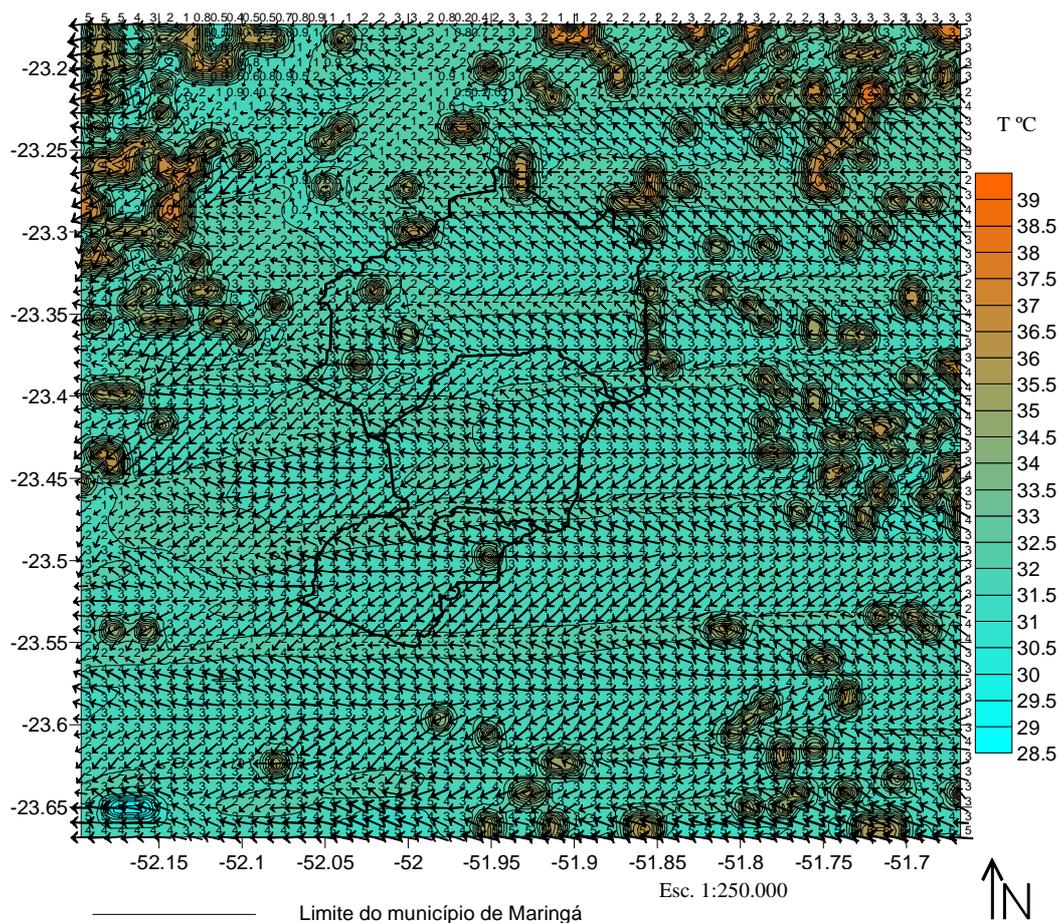


Figura 30B – Intensidades e direções dos ventos, para o dia 10/01/2005, às 15h, para vegetação alta

Na Figura 30B, pode-se observar que os ventos são mais intensos, para vegetação alta, às 15h, com variabilidade na direção dos mesmos. Na região urbana, velocidade varia entre 3 e 4m/s: com a tendência a uma canalização dos ventos, convergindo para às áreas de maior temperatura, tanto ao norte da área de estudo quanto no centro e sul, onde pode-se observar três faixas de áreas com temperaturas de aproximadamente 32°C. Em toda a área de estudo a velocidade oscilou entre 3 e 5m/s, com predominância de 4m/s ao sul da área de estudo.

5.4.3 Evolução Temporal da Temperatura

Foram escolhidos pontos dentro da grade de uso de solo, obtida do Spring, que representam um tipo de uso de solo classificado (Figura 18) e feito um estudo da evolução temporal da temperatura.

As Figuras 31 a 34 referem-se a simulação do modelo TVM, onde foram analisadas a evolução das temperaturas do solo e a 15m de altura para c

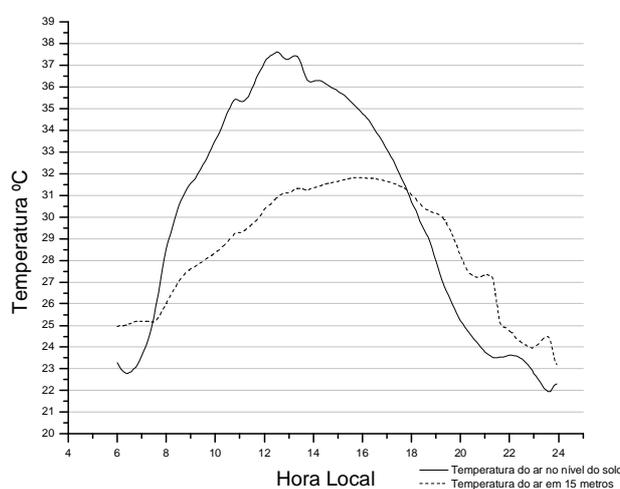


Figura 31– Evolução temporal da temperatura para um solo urbano para 10/01/05

A Figura 31 apresenta a evolução temporal da temperatura na superfície do solo e em 15m para a superfície urbana. Pode-se observar que a temperatura no nível do solo teve uma maior variabilidade comparativamente a temperatura em 15m, apresentando uma temperatura máxima de aproximadamente 37.5°C às 13h, com uma variabilidade de 14°C. A temperatura em 15m apresentou um máximo de aproximadamente 31°C às 16h, com uma variabilidade de aproximadamente 6°C.

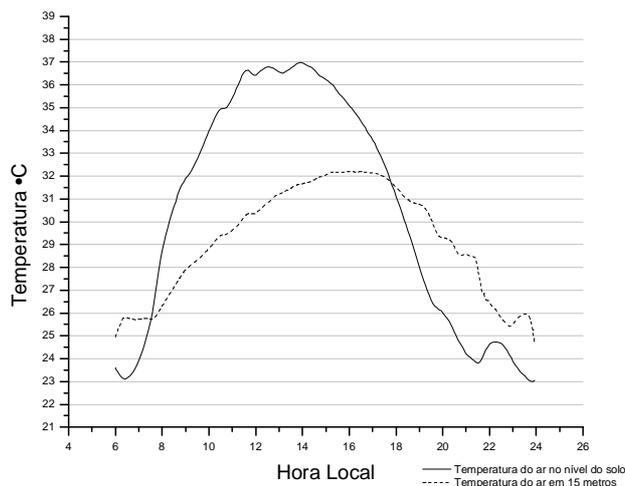


Figura 32– Evolução temporal da temperatura para um solo com vegetação alta para 10/01/05

Na Figura 32 observou-se também uma maior variabilidade da temperatura no nível do solo comparativamente a temperatura em 15m, atingindo seu máximo com aproximadamente 36°C às 14h, apresentando, assim, uma variabilidade de 11°C. A temperatura do ar em 15m atingiu seu máximo às 16h com uma temperatura de aproximadamente 33,3°C e uma variabilidade em torno de 8°C.

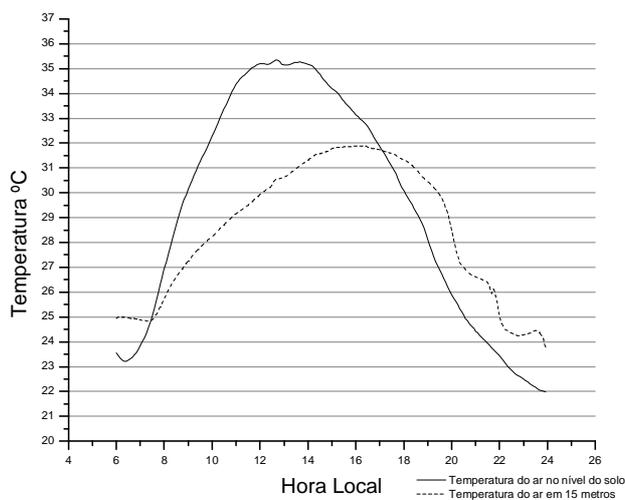


Figura 33 – Evolução temporal da temperatura para um solo com vegetação baixa para 10/01/05

Para um solo com vegetação baixa, a Figura 33 mostra uma temperatura máxima de aproximadamente 35.5°C no nível do solo às 13h e uma variabilidade de 13.5°C aproximadamente, já a temperatura do ar em 15m apresentou mais uma vez uma temperatura máxima às 16h em torno de 32°C.

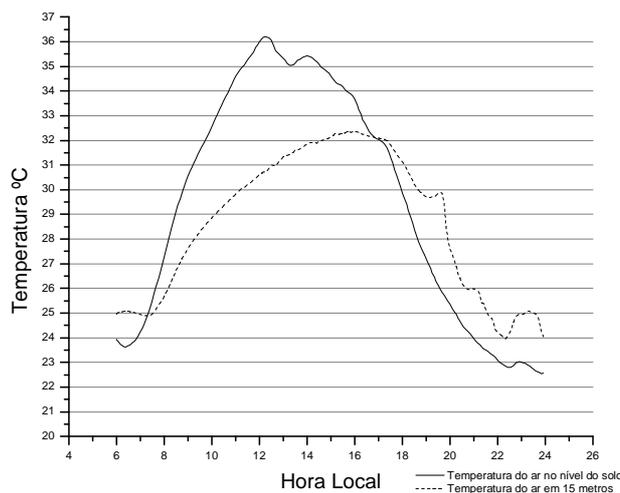


Figura 34 – Evolução temporal da temperatura para um solo exposto para 10/01/05

Para um solo exposto, a Figura 34 mostra uma temperatura máxima de mais de 36°C no nível do solo, mas agora às 12h e uma variabilidade de 34.5°C aproximadamente, já a temperatura do ar em 15m apresentou mais uma vez uma temperatura máxima às 16h em torno de 32.5°C.

5.4.4 Simulação do Balanço de Energia

As Figuras 35 a 37 referem-se à simulação do balanço de energia pelo modelo TVM das 6 às 24h. Observou-se na Figura 35, que, após o nascer do sol (às 6h), houve um rápido aumento de calor latente, mais acentuado entre as 12 e 15h com máximo às 14h. O calor sensível apresentou menor variação com seu máximo às 13h. Às 18h, horário considerado de pôr de Sol, as forças termais deixam de atuar, estabilizando-se as variáveis analisadas. Desta forma pode-se inferir que significativa percentagem de

energia solar incidente sobre essa região foi utilizada para aquecimento da cidade (observar fluxo de calor sensível, H) e para a evaporação dos materiais constituintes dessa área urbana. Pouca energia foi transmitida para o solo (G).

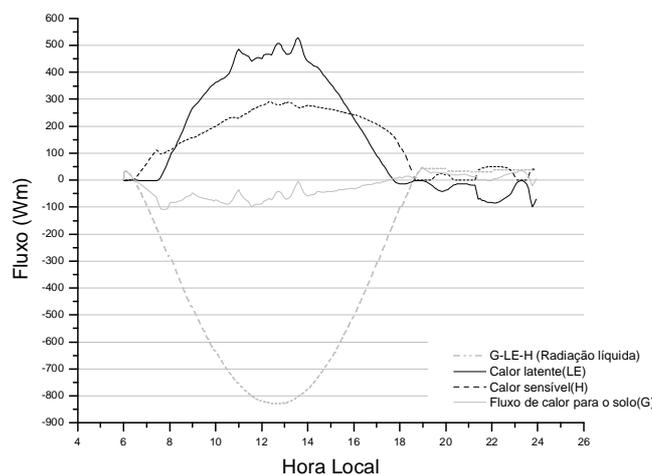


Figura 35 – Evolução do balanço de energia para um solo urbano para 10/01/05

Na Figura 36 observou-se uma grande semelhança com o balanço de energia apresentado na Figura 31 (urbano). Após o nascer do Sol (às 6h), houve um rápido aumento de calor latente, mais acentuado entre às 12 e 15h. O calor sensível apresentou menor variação com seu máximo às 13h. Desta forma pode-se inferir que significativa percentagem de energia solar incidente sobre essa região foi utilizada para aquecimento (observar fluxo de calor sensível, H) e para a transpiração das árvores. Desta forma tem-se que essas áreas apresentam-se consideravelmente frescas, pois além da energia utilizada para a sua fotossíntese, grande parte da mesma não consegue atingir as áreas inferiores ao dossel dessa vegetação.

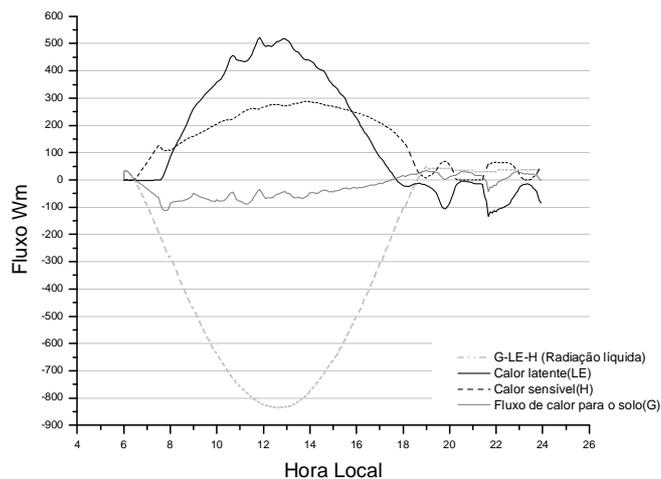


Figura 36 – Evolução do balanço de energia para um solo com vegetação alta para 10/01/05

Na Figura 37 observou-se uma maior variação do calor sensível comparativamente ao calor latente, mostrando uma situação inversa do ocorrido para um solo urbano e com vegetação alta. O calor sensível apresentou seu ponto máximo em torno de 13h, o mesmo acontecendo com o calor latente. Para essa situação pode-se inferir que, no caso das vegetações baixas, a energia solar incidente, direta e/ou difusa, são utilizadas muito mais para o aquecimento do meio que para transformação da água do meio em vapor de água.

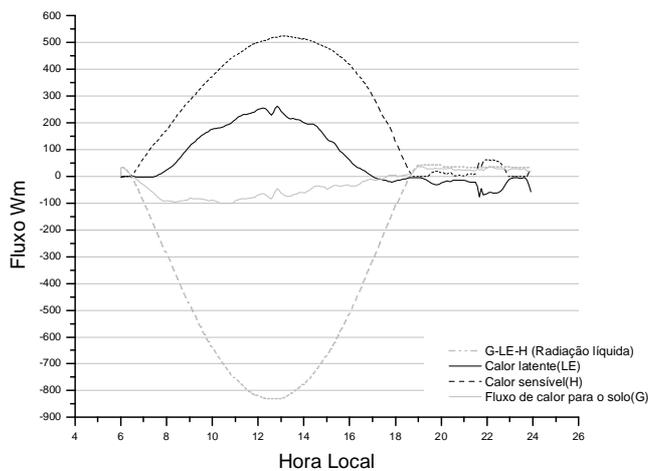


Figura 37 – Evolução do balanço de energia para um solo com vegetação baixa para 10/01/05

6 CONCLUSÃO

Na classificação para a intensidade de precipitação pluvial, tanto para o período de 5 anos quanto para o período de 11 anos, verificou-se que a precipitação muito fraca predomina com alta frequência, seguido das precipitações fracas. Precipitações moderadamente fortes e fortes ocorrem com menor frequência. Já as precipitações muito fortes, onde estão considerados os casos máximos de precipitação apresentou uma frequência relativamente alta para o período, com uma frequência média variando entre 5 a 18% nos dois períodos estudados, estando abaixo das precipitações fracas.

Essa análise pode contribuir para que o município tome medidas, evitando a impermeabilização do solo e incentivando o uso de pavimentação permeável dos mesmos. Isso permitiria a infiltração da água de chuvas intensas, evitando assim o escoamento superficial, que ocasiona grandes transtornos a população urbana.

A análise de tendência climática apresentou um acréscimo não significativo na temperatura, sendo a estação do CTI a que apresentou a maior variação, seguida da estação da UEM e do SIMEPAR. Mesmo assim pode-se observar variações de uma área em relação a outra que é provocada pela localização de cada uma destas estações, ou seja, a estação do CTI, está localizada em uma área de manejo agrícola e de grande volume de água, devido a irrigação utilizada. Isso pode ser o principal motivo de apresentar essa estação com uma maior variação relativamente às outras duas analisadas.

As análises preliminares realizadas entre as estações foram, portanto, na média geral, de pouca contribuição nas análises de diferenças entre a área urbana e seu

entorno, uma vez que, as três estações apresentam características locais diferenciadas, embora estando todas na área urbana da cidade.

Os anos 1983 e 1998, são anos mais úmidos que os demais anos analisados, pois são anos de ocorrência de El Niño, o que pode ser constatado através da evolução temporal da precipitação pluvial.

O estudo comparativo entre o período analisado por Maack (1948 a 1960) e o período atual (1994 a 2003), não mostrou significativa variabilidade da precipitação pluvial e temperatura, para a área de estudo.

O modelo TVM apresentou grande similaridade com a realidade, mostrando as diferenças de temperaturas entre as áreas urbanas e rurais, o que se deve às propriedades térmicas dos materiais de construção.

O modelo simulou razoavelmente bem a direção e intensidade do vento, demonstrando que a topografia local é mais significativo que o campo térmico gerado pela cidade na determinação dos mesmos.

Neste estudo, onde se trabalhou com uma resolução de 1000m, não se pode observar a influência do asfalto e da arborização das ruas, mas se verificara a influência do parque do Ingá e Bosque 2, áreas marcadamente mais frescas, com temperaturas em torno de 1.5°C mais baixas.

Verificou-se ainda a importância da vegetação no declínio da temperatura quando a superfície (solo exposto) apresentou as primeiras temperaturas mais elevadas da área de estudo.

Sugere-se, em futuros trabalhos, utilizando o modelo TVM, que a escala seja alterado para valores menores que 500m, para possibilitar o estudo de ilhas de calor ou frescor, tornando-se, portanto um estudo de Clima Urbano. Isso permitiria uma análise da influência no campo térmico da vegetação das ruas de Maringá.

REFERÊNCIAS

ATWATER, M.; BROWN, P. Numerical computation of the latitudinal variation of solar radiation for an atmosphere of varying opacity. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 13, p. 289-297, 1974.

AMORIM, M.C.C.T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. 2000. 374 f. Tese (Doutorado em Geografia Física)-Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ARNFIELD, A.; GRIMMOND, C. S. B. An urban canyon energy budget model and its application to urban storage heat flux modeling. **Energy and Build**, Califórnia, EUA, n. 27, p. 61-68, 1998.

ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 23, p. 1-26, 2003.

AYOADE, J. O. **Introdução á climatologia para os trópicos**. 3. ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 1991. 331 p.

BRANDÃO, A. M. P. M.; LUCENA, A. J. A ilha térmica e sua influência no conforto humano na área central da cidade do Rio de Janeiro. In VIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 1999, Belo Horizonte. **VIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 1999. v. 1. p. 66-67.

BORNSTEIN, R. D. The two-dimensional URBIMET urban boundary layer. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, n.14, p. 1459-1477, 1975.

BORNSTEIN, R. D. et al. **Modeling the polluted coastal urban environment: the PBL model**. Palo Alto: Electric Power research Institute EPRI, 1986. EPRI Report EA 5091 for Project 1630-13.

BROWN, D. P.; COMRIE, A. C. Sub-regional seasonal precipitation linkages to SOI and PDO in the Southwest Unites States. **Atmospheric Science Letters**, Londres, Inglaterra, v. 3, p. 94, 2002.

CLEUGH, H. A.; GRIMMOND C. S. B. Modelling regional scale surface energy exchanges and CBL growth in heterogeneous, urban-rural landscape. **Boundary-Layer Meteorology**, Inglaterra, v. 98, p. 1-31, 2001.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. **A cidade de Curitiba/PR e a poluição do ar: implicações de seus atributos urbanos e geológicos na dispersão de poluentes em período de inverno**. 1990. 330 f. Tese (Doutorado em Geografia)-Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

DE CASTRO, J. **Geografia da fome: o dilema brasileiro: pão ou aço**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2001. 318 p.

DEARDORFF, J. Efficient prediction of ground surface temperature and moisture, with inclusion of a layer of vegetation. **Journal of Geophysical Research**, Washington, DC, v. 83, n. c4, p. 1889-1903, 1978.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Signus, 2000. 164 p.

DREW, D. **Processos interativos: homem-meio ambiente**. São Paulo: Difel, 1982. 206 p.

FELLEMBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo: Edusp, 1980. 196 p.

GARCIA, F. F. **Clima y confortabilidad humana: manual de climatologia aplicada**. Madrid: Sínteses, 1996. 199 p.

GARRAT, J. R. **The atmospheric boundary layer**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 316 p.

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961. 556 p.

HOLANDA, F. B. A inversão das prioridades urbanísticas. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR, 6., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: UNB, 1995. v. 6, 15 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: região sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. v. 5.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 03 dez. 2005.

KARAN, H. A.; OLIVEIRA, A. P. **TVM tridimensional vorticity mode model**. São Paulo: Departamento de Ciências Atmosféricas. Instituto Agrônomo e Geofísico. Universidade de São Paulo, 1995.

KARAN, H. A. **Simulação numérica tridimensional da Camada Limite Planetária em Iperó, São Paulo**. 1995. 112 f. Dissertação (Mestrado)-Departamento de Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

KARAN, H. A. **Simulação numérica da dispersão de SO₂ na região de Candiota com um modelo Langrangeano**. Bauru: Workshop on Air Pollution and Acid Rain. The Candiota Program, 1996.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Academic Press, 1981. 275 p.

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

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial do Paraná, 2002. 440 p.

MAITELLII, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT**. 1994. 204 f. Tese (Doutorado em Geografia Física)-Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MARCONDES, M. J. A. **Cidade e natureza**. São Paulo: EDUSP, 1999.

MARINGÁ. Prefeitura Municipal. Disponível em:<[http: www.maringá.pr.gov.br](http://www.maringá.pr.gov.br)>. Acesso em: 10 nov. 2004.

MC DONALD, J. Direct absorption of solar radiation by atmospheric water vapor. **Journal of Meteorology**, Lancaster, v. 17, p. 319, 1960.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. 102 p.

MONTEIRO, C. A. F.; TARIFA, J. R. **Contribuição ao estudo do clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiário ao planejamento urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo, 1977. 51 p. (Climatologia, 7).

MONTEIRO, C. A. F. **A questão ambiental no Brasil**. São Paulo: IGBOG-USP, 1981.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis: UFSC, 1991. 233 p.

NERY, J. T.; SILVA, W. C.; MARTINS, M. L. O. F. Aspectos geográficos e estatísticos da precipitação do Estado do Paraná. **Revista Unimar**, Maringá, v. 18, n. 4, p. 777-789, 1996.

NERY, J. T.; VARGAS, M. W.; MARTINS, M. L. Variabilidade interanual da precipitação do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 115-125, 1997.

NERY, J. T. **Breve glossário de termos técnicos em meteorologia**. Maringá: Eduem, 2004. 49 p. (Coleção Fundamentum, 3).

NERY, J. T. Variabilidade da precipitação no Brasil Meridional. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 6, p. 1687-1695, 2002.

OKE, T. R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. Geneva: World Meteorological Organization, 2004. (Report, 81).

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. New York: Methun, 1987. 435 p.

OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment**, New York, v. 7, p. 769-779, 1973.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE LA SALUD. Instituto del Banco Mundial. **Orientación para el control de la contaminación del aire**. Washington, D.C., 1999.

SANT'ANNA NETO, J. L. (Org.). **Os climas das cidades brasileiras**: São Luis (MA), Aracaju(SE), Campo Grande(MS), Petrópolis(RJ), Sorocaba(SP), Penápolis (SP) e Presidente Prudente(SP). Presidente Prudente: UNESP/FCT, 2002. 227 p.

SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Org.). **Variabilidade e mudanças climáticas**: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: Eduem, 2000. 259 p.

SANTOS, M. **Metamorfose dos espaços habitados**. São Paulo: Hucitec, 1988. 124 p.

SAZAMORI, T. The radiative cooling calculation for application to general experiments. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 7, p. 721-729, 1968.

SCHAYES, G.; THUNIS, P. **The three-dimensional mesoscale model in vorticity mode (TVM)**. Louvain-la-Nueuve, Belgium: Institut d'Astronomie et de Geophysique Georges Lemaitre. Université Catholique de Louvain, 1990. 42 p. (Contribution, 60).

SORIANO, B. M. A. **Análise das condições climáticas em 2000 na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 25 p.

SOUZA, L. C. L. **Influência da geometria urbana na temperatura do ar ao nível do pedestre**. 1996. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia)-Escola de Engenharia de São Carlos; Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

SPIRN, A. W. **O Jardim de granito**: a natureza no desenho da cidade. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1995. 345 p.

STIVARI, S. M. **Um estudo da brisa lacustre do lago de Itaipu**. 1999. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências Atmosféricas)-Departamento de Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

TARIFA, J. R.; AZEVEDO T. R. (Coord.). **Os climas na cidade de São Paulo**: teoria e prática. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2001. 199 p. (GEOUSP – Coleção Novos caminhos, 4).

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a terra**. São Paulo: USP. Oficina de Textos. 2000. 568 p.

THUNIS, P.; CLAPPIER, A. Formulation and evaluation of a nonhydrostatic mesoscale vorticity model. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 128, n. 9, p. 3236-51 S, 2000.

TRENBERTH, K. E. et al. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Boston, v. 78, n.12, p. 2771-2777, 1997.

ANEXOS

ANEXO I - Imagens de satélite

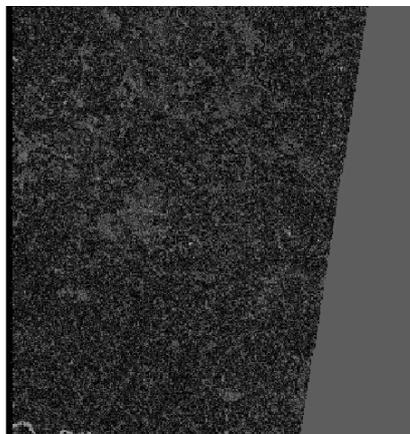


Figura 44 - Satélite: Landsat - 5 TM - Órbita/Ponto: 223/076 - 28/03/2004, banda 5

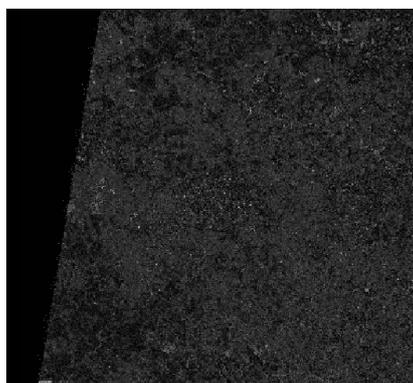


Figura 45 - Satélite: Landsat -5 TM - Órbita/Ponto: 222/076 - 17/01/2004, banda 5

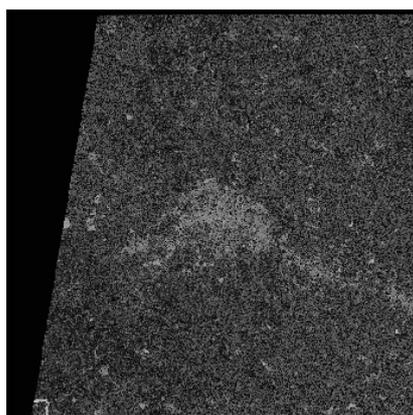


Figura 46 - Satélite: Landsat -5 TM - Órbita/Ponto: 222/076 - 17/01/2004, banda 4

Anexo II - Breve glossário

Albedo: Relação da quantidade de radiação refletida da superfície de um objeto e comparada à quantidade de reflexos que a radiação produz. Isto varia de acordo com a textura, cor e expansão da superfície do objeto e é informado em porcentagem (NERY, 2004).

Capacidade térmica: a capacidade que um corpo possui de reter calor. Por exemplo, a água tem maior capacidade de retenção de calor que o solo, gerando um gradiente térmico e, por conseguinte um gradiente de pressão que provoca um deslocamento de vento de centro de alta pressão para um centro de baixa pressão. Durante um dia o fluxo de ar sopra do mar para o continente, sendo denominado de brisa marítima e à noite ao contrário sendo denominado de brisa terrestre ou terral (NERY, no prelo).

Emissividade: Em Física, emissividade é relação entre o poder emissivo de um corpo qualquer e a de um corpo negro. É conhecida como emissividade, e pode ter um máximo igual a 1, que é correspondente à de um corpo negro, e um mínimo igual a zero. Corpos que possuem emissividade inferior a um são chamados corpos cinza. Corpos onde a emissividade é também dependente da temperatura e comprimento de onda são chamados corpos não-cinza.

Disponível em: <<http://www.pt.wikipedia.org/wiki/Emissividade>>. Acesso em: 20 nov. 2005.

Comprimento de rugosidade: medida da resistência aerodinâmica da superfície. Esta relacionado a altura dos elementos rugosos mas não é igual. Também está relacionado á forma e densidade de distribuição dos elementos. (OKE, 1973).

Resistência estomatal: que é um parâmetro fisiológico no qual a planta pode facilitar ou dificultar a difusão de vapor em resposta a estímulos tais como luz, concentração de CO₂ atmosférico, umidade atmosférica e condições de umidade no solo. Disponível em: <[http://www. Dpi.inpe.br](http://www.Dpi.inpe.br)>. Acesso em: 20 nov. 2005.

Calor latente: Calor fornecido a uma substância durante uma mudança de estado, que não pode ser detectado por uma variação de temperatura, permanece dormente na substância a que foi fornecido e só pode ser recuperado mudando a substância de novo para o seu estado original.

Disponível em: <<http://www.climanet.pt/glossario/default.asp>>. Acesso em: 20 nov. 2005.

Calor sensível: Calor que altera a temperatura de uma substância e é assim chamado dado que os todos os sentidos humanos dão conta da sua presença.

Disponível em: <<http://www.climanet.pt/glossario/default.asp>>. Acesso em: 20 nov. 2005.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)