

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

MÁRCIA SILVA LEÃO

**DIAGNÓSTICO CLIMÁTICO E ESTUDO DAS VARIAÇÕES
TERMO-HIGROMÉTRICAS DO MUNICÍPIO DE SETE
LAGOAS – MG.**

Belo Horizonte

Dezembro - 2008

MÁRCIA SILVA LEÃO

**DIAGNÓSTICO CLIMÁTICO E ESTUDO DAS VARIAÇÕES
TERMO-HIGROMÉTRICAS DO MUNICÍPIO DE SETE
LAGOAS – MG.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental

Orientadora: Professora Doutora Magda Luzimar de Abreu

Belo Horizonte

Instituto de Geociências da UFMG

Dezembro – 2008

L437d
2008

Leão, Márcia Silva.

Diagnóstico climático e estudos das variações termo-higrométricas do município de Sete Lagoas - MG [manuscrito] / Márcia Leão Silva. – 2008.

xxiv, 150 f. : il. mapas, fots, tabs color., enc.

Orientadora: Magda Luzimar de Abreu.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2008.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Bibliografia: f. 138-148.

Inclui anexos.

1. Climatologia urbana – Teses. 2. – Higrometria - Tees. 3. Sete Lagoas (MG) – Teses. I. Abreu, Magda Luzimar de. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia. III.Título.

CDU: 551.582(815.1)

MÁRCIA SILVA LEÃO

**DIAGNÓSTICO CLIMÁTICO E ESTUDO DAS VARIAÇÕES TERMO-
HIGROMÉTRICAS DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS – MG.**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal de Minas Gerais,

Belo Horizonte, 17 de Dezembro de 2008.

Profa. Dra. Magda Luzimar de Abreu (Orientadora) - UFMG

Profa. Dra. Marly Nogueira - UFMG

Prof. Dr. Tarik Rezende de Azevedo - USP

A Deus pela companhia incondicional em todos os momentos.

A minha mãe Maria Luiza e meu esposo Bruno, que tanto me incentivaram no decorrer desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Considerando que a busca do conhecimento se faz ao longo de toda uma vida, agradecer não é tarefa fácil, pois várias pessoas contribuíram de alguma forma para a construção de quem sou hoje. A estas pessoas agradeço de antemão, já me desculpando pela possível injustiça aqui cometida e, registro nominalmente, minha gratidão àqueles que colaboraram diretamente na construção deste trabalho.

À minha orientadora, Profa. Magda, um muito obrigada especial por seu estímulo constante, sua paciência e, sobretudo pela sensibilidade que lhe confere mais um diferencial como educadora;

Aos dirigentes e professores da Escola Técnica Municipal e Escola Estadual Prof. João Fernandino Junior que tão gentilmente me receberam e colocaram à disposição os seus alunos. Sem esta colaboração teria sido impossível realizar os experimentos de campo, base de dados primordial para a concretização deste estudo. Aos alunos Ângela, Camila Aparecida, Camilla Conceição Rodrigues, Carlos Henrique, Cássio Carlos da Silva, Cíntia Helena da Silva Ferreira, Danilo Lopes Pena, Denilde de Oliveira Martins, Fernanda de Cássia Batista, Fernanda Torres Blazute, Iara Aparecida Braga Freitas, Jéssica Fernanda Teixeira, Jéssika Mara Souza Coelho, Jezebel Caroline Reis, Jhemerson Ricardo Lima, Joelma, Juliana da Cruz, Kelly Cristina de Souza Costa Tecles, Klyssiane Joyce Cordeiro Pinheiro, Ledeslayne R. da Silva, Lucas Giovane Diniz Carvalho Marques, Luciana Angélica Ribeiro da Silva, Luís Eduardo Gomes, Marcos Chamon Abreu, Marina Pereira Neves, Mateus Junior, Matheus França Fonseca, Max Paulo Rocha Pereira, Michele Pereira Alves, Priscila Silva Machado, Rafael Henrique Batista, Susan Rocha, Vânia Rúbia Batista Santos e Warleson Cândido dos Santos Vieira, meus agradecimentos pela valiosa cooperação e empenho.

Às empresas CasaMáxima Indústria e Comércio Ltda, na pessoa do Sr. José Homero de Souza Bahia, Cia. Cedro Cachoeira na pessoa do Sr. Márcio Alvarenga Miranda e SESI Nova Cidade na pessoa do Sr. Luciano Santos Morato, que não mediram esforços na disponibilização dos locais para a instalação dos abrigos

meteorológicos. Também a Sra. Cláudia L'abbate e Sr. João (funcionários da CasaMáxima), Srs. Leonardo Soares, Milton Pereira de Oliveira, Adão Francisco, Claudinei Ribeiro Pinto, Ademiro Ribeiro, Nilton Xavier, Carlos G. Azevedo, Adeildo Célio e Célio Jiovane (funcionários da Cia. Cedro Cachoeira), as Sras. Emabel Lobo, Andréia Araújo, Rosemary e ao Sr. René Geraldo Filho (funcionários do SESI Nova Cidade), que muitas vezes se ausentaram de seus afazeres rotineiros para a realização do registro dos dados;

À Polícia Militar na pessoa do Ten. Cel. Jovino César Cardoso, pela disponibilização das dependências do 25º Batalhão para a instalação do abrigo meteorológico, e também à Capitã Lirliê e ao Sargento Pimenta, pelos quais fui recebida com todo carinho e atenção, meus sinceros agradecimentos;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) que me concedeu uma bolsa de estudos, fato este que muito contribuiu para uma maior dedicação na construção desta dissertação;

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), especialmente à pessoa do Sr. Fulvio Cupolillo, que não mediu esforços para que os dados meteorológicos de domínio desta entidade fossem disponibilizados o mais rapidamente possível;

Ao Dr. Lairson Couto pelo empenho na luta para angariar os recursos financeiros necessários para concretização do presente estudo junto à Egesa, Maquenge e ao SINDIFER, bem como pelas palavras de apoio e incentivo sempre sinceras e oportunas;

Aos funcionários do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sete Lagoas (SAAE), especialmente ao Sr. Da Mata, que disponibilizou os Srs. Ricardo, Evair e Júlio César para o transporte dos abrigos meteorológicos até seus locais de destino;

As Sras. Isabel, Jane, Wal, Ana Paula e Solange, funcionárias da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, que sempre se prontificaram a me auxiliar nas mais diversas questões;

A Sra. Maria Luiza Campolina França, funcionária da biblioteca da Fundação Educacional Monsenhor Messias que inúmeras vezes me auxiliou na busca de fontes de pesquisa;

Ao meu colega de departamento Vladimir Diniz pela colaboração na confecção de alguns dos mapas apresentados neste trabalho;

Ao meu querido Múcio, responsável pela Estação Climatológica de Sete Lagoas, muito obrigada pela sua presença sempre alegre, gentil e responsável, qualidades que indicam o excelente profissional que você é;

Ao professor Adilson Silva pela gentileza com a qual se prontificou a corrigir meu abstrato;

Aos pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo, Daniel, Gisella, Carla e Charlotte que me conseguiram informações importantes e me auxiliaram na confecção de alguns dos mapas aqui apresentados. O apoio de vocês foi imprescindível para a concretização de mais esta etapa;

À minha amiga Marcella Scotti agradeço pelo incentivo, força, carinho que partilhamos ao longo desta nossa caminhada;

Ao meu sogro Sebastião Messias que, por várias vezes, me auxiliou no transporte dos abrigos meteorológicos madrugada adiante;

Por fim, gostaria de agradecer a minha família pela compreensão dos momentos não partilhados e de maneira muito especial e carinhosa, ao meu marido Bruno, pelas inúmeras maneiras como me ajudou, me incentivou e me iluminou nesta caminhada.

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito Não somos o que iremos ser mas, graças a Deus, não somos o que éramos.”

Martin Luther King

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	01
CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	04
1.1. Clima Urbano.....	04
1.1.1. A Radiação.....	04
1.2. Ilha de Calor Urbana.....	11
1.3. O Clima e as Cidades.....	13
1.3.1. Estudos de Caso.....	13
CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA.....	20
2.1. Análise Estatística da Série Histórica de Dados Climatológicos.....	20
2.2. Coleta de Dados em Campo.....	22
2.2.1. Tratamento Estatístico dos Dados Coletados em Campo.....	31
2.3. Caracterização e Localização dos Pontos de Coleta de Dados.....	34
CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DE SETE LAGOAS.....	47
3.1. Principais Fatores que Influenciam as Características Climáticas da Região Sudeste e de Sete Lagoas.....	50
3.2. Caracterização Climática de Sete Lagoas.....	53
3.2.1. Temperatura do Ar.....	53
3.2.2. Precipitação.....	55
3.2.3. Umidade Relativa do Ar.....	57

3.3. Análise Estatística por Períodos da Série Histórica de Dados Climáticos (1970-2005)	58
3.3.1. <i>Temperatura do Ar</i>	58
3.3.2. <i>Precipitação</i>	61
3.3.3. <i>Umidade Relativa do Ar</i>	62
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	64
4.1. Primeiro Experimento de Campo – 06 a 12 de Agosto de 2007	64
4.1.1. <i>Análise Rítmica do Período entre 06 e 12 de Agosto</i>	64
4.1.1.1. <u>Temperatura do Ar</u>	64
4.1.1.2. <u>Umidade Relativa do Ar</u>	78
4.1.1.3. <u>Ventos</u>	81
4.1.1.4. <u>Nebulosidade</u>	85
4.1.2. <i>Análise Sinótica do Período entre 03 e 12 de Agosto</i>	87
4.2. Segundo Experimento de Campo – 23 a 29 de Novembro de 2007 ...	94
4.2.1. <i>Análise Rítmica do Período entre 23 e 29 de Novembro</i>	94
4.2.1.1. <u>Temperatura do Ar</u>	94
4.2.1.2. <u>Umidade Relativa do Ar</u>	108
4.2.1.3. <u>Ventos</u>	111
4.2.1.4. <u>Nebulosidade</u>	115
4.2.2. <i>Análise Sinótica do Período entre 20 de Novembro e 01 de Dezembro</i>	117
4.3. Experimento de Campo com Duração de 24 horas – 30 de Novembro e 01 de Dezembro de 2007.....	123
4.3.1. <i>Análise Espacial e Sinótica</i>	123
4.3.1.1. <u>Temperatura do Ar</u>	124
4.3.1.2. <u>Umidade Relativa do Ar</u>	128
4.3.1.3. <u>Ventos</u>	129
4.3.1.4. <u>Nebulosidade</u>	131
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	133

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
ANEXO.....	149

LISTA DE FOTOS

Foto 1: Abrigo de campo	27
Foto 2: Calibração dos termo-higrômetros no 5º Disme/ INMET.....	28
Foto 3: Abrigo meteorológico instalado na Avenida Antônio Olinto.....	36
Foto 4: Abrigo meteorológico instalado na Praça Dom Carmelo Mota	37
Foto 5: Abrigo meteorológico instalado na Praça Alexandre Lanza	38
Foto 6: Abrigo meteorológico instalado na Praça Francisco Sales.....	39
Foto 7: Abrigo meteorológico instalado na Praça da Rodoviária.....	40
Foto 8: Abrigo meteorológico instalado no 25º Batalhão de Polícia Militar.....	41
Foto 9: Abrigo meteorológico instalado na Cia. Cedro Cachoeira	42
Foto 10: Abrigo meteorológico instalado na Casa Máxima Ind. e Com. Ltda	43
Foto 11: Abrigo meteorológico instalado na Escola Técnica	44
Foto 12: Abrigo meteorológico instalado no SESI	45
Foto 13: Abrigo meteorológico no CNPMS.....	46
Foto 14: Vista parcial do município de Sete Lagoas, MG.....	47

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Uso e Ocupação do Solo do Município de Sete Lagoas, MG.....	24
Mapa 2 – Localização dos Pontos de Amostragem no Município de Sete Lagoas, MG.....	35
Mapa 3 – Localização do município de Sete Lagoas, MG	48
Mapa 4 – Hipsometria do município de Sete Lagoas, MG	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População de Sete Lagoas 1960 - 2000	22
Tabela 2 – Planilha de dados – Temperatura Média – 06 de Agosto de 2007.....	31
Tabela 3 – Localização dos Pontos Amostrais no Município de Sete Lagoas, MG	34
Tabela 4 – Maiores Variações Térmicas Comparadas com o Ponto 11 (Embrapa) Sete Lagoas – 06 a 12 de Agosto de 2007	77
Tabela 5 – Temperaturas Máximas – Sete Lagoas - 06 a 12 de Agosto de 2007	78
Tabela 6 – Temperaturas Mínimas – Sete Lagoas - 06 a 12 de Agosto de 2007	78
Tabela 7 – Maiores Variações Térmicas Comparadas com o Ponto 11 (Embrapa) - Sete Lagoas – 23 a 29 de Novembro de 2007	106
Tabela 8 – Temperaturas Máximas – Sete Lagoas - 23 a 29 de Novembro de 2007	107
Tabela 9 – Temperaturas Mínimas – Sete Lagoas – 23 a 29 de Novembro de 2007	107

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperaturas Médias, Máximas Absolutas e Máximas Médias	54
Gráfico 2 – Temperaturas Médias, Mínimas Absolutas e Mínimas Médias	55
Gráfico 3 – Acumulado Médio de Precipitação Mensal – Período Chuvoso.....	56
Gráfico 4 – Acumulado Médio de Precipitação Mensal – Período Seco	56
Gráfico 5 – Umidade Relativa do Ar Média	58
Gráfico 6 – Temperatura Média do Ar do Município de Sete Lagoas.....	59
Gráfico 7 – Temperatura Máxima Absoluta do Município de Sete Lagoas.....	60
Gráfico 8 – Temperatura Mínima Absoluta do Município de Sete Lagoas.....	60
Gráfico 9 – Acumulado de Precipitação Mensal – Período Chuvoso – do Município de Sete Lagoas	61
Gráfico 10 – Acumulado de Precipitação Mensal – Período Seco – do Município de Sete Lagoas	62
Gráfico 11 – Umidade Relativa do Ar Média do Município de Sete Lagoas	63
Gráfico 12 – Ritmo Diário da Temperatura Média – 06 a 12 de Agosto de 2007 .	67
Gráfico 13 – Ritmo Diário da Temperatura Máxima – 06 a 12 de Agosto de 2007	69

Gráfico 14 – Ritmo Diário da Temperatura Mínima – 06 a 12 de Agosto de 2007	71
Gráfico 15 – Ritmo Diário da Amplitude Térmica – 06 a 12 de Agosto de 2007... 73	
Gráfico 16 – Ritmo Diário da Umidade Relativa do Ar – 06 a 12 de Agosto de 2007	80
Gráfico 17 – Ritmo Diário da Direção dos Ventos nos Horários Sinóticos – 06 a 12 de Agosto de 2007	83
Gráfico 18 – Ritmo Diário da Velocidade dos Ventos – 06 a 12 de Agosto de 2007	84
Gráfico 19 – Ritmo Diário da Nebulosidade – 06 a 12 de Agosto de 2007.....	86
Gráfico 20 – Análise Sinótica – 03 a 12 de Agosto de 2007.....	90
Gráfico 21 – Ritmo Diário da Temperatura Média – 23 a 29 de Novembro de 2007	97
Gráfico 22 – Ritmo Diário da Temperatura Máxima – 23 a 29 de Novembro de 2007	99
Gráfico 23 – Ritmo Diário da Temperatura Mínima – 23 a 29 de Novembro de 2007	101
Gráfico 24 – Ritmo Diário da Amplitude Térmica – 23 a 29 de Novembro de 2007	103
Gráfico 25 – Ritmo Diário da Umidade Relativa do Ar – 23 a 29 de Novembro de 2007	110

Gráfico 26 – Ritmo Diário da Direção dos Ventos nos Horários Sinóticos – 23 a 29 de Novembro de 2007	113
Gráfico 27 – Ritmo Diário da Velocidade dos Ventos – 23 a 29 de Novembro de 2007	114
Gráfico 28 - Ritmo Diário da Nebulosidade – 23 a 29 de Novembro de 2007 ...	116
Gráfico 29 - Análise Sinótica – 20 Novembro a 01 de Dezembro de 2007.....	122
Gráfico 30 – Temperatura do ar para todos os pontos – Município de Sete Lagoas	126
Gráfico 31 - Comparação entre as Temperaturas Máximas – Município de Sete Lagoas.....	126
Gráfico 32 - Comparação entre as Temperaturas Mínimas – Município de Sete Lagoas.....	127
Gráfico 33 - Comparação entre as Amplitudes Térmicas – Município de Sete Lagoas.....	127
Gráfico 34 – Comparação entre os Índices de Umidade Relativa do Ar – Município de Sete Lagoas	129
Gráfico 35 - Comparação entre as Velocidades dos Ventos - Município de Sete Lagoas.....	130
Gráfico 36 - Direção Predominante dos Ventos – Município de Sete Lagoas ...	131
Gráfico 37 - Comparação da Nebulosidade – Município de Sete Lagoas	132

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem do Google Earth – Restaurante Popular.....	36
Figura 2 – Imagem do Google Earth – Praça Dom Carmelo Mota	37
Figura 3 – Imagem do Google Earth – Praça Alexandre Lanza	38
Figura 4 – Imagem do Google Earth – Praça Francisco Sales.....	39
Figura 5 – Imagem do Google Earth – Praça da Rodoviária.....	40
Figura 6 – Imagem do Google Earth – 25º Batalhão de Polícia Militar.....	41
Figura 7 – Imagem do Google Earth – Cia. Cedro Cachoeira.....	42
Figura 8 – Imagem do Google Earth – Casa Máxima Ind. e Com. Ltda	43
Figura 9 – Imagem do Google Earth – Escola Técnica	44
Figura 10 – Imagem do Google Earth – SESI	45
Figura 11 – Imagem do Google Earth – CNPMS	46
Figura 12 – Transporte de umidade pelo APA “continentalizado”	91
Figura 13 – Aproximação de um sistema frontal da região Sudeste	91
Figura 14 – Deslocamento do sistema frontal para o oceano	92
Figura 15 – Transporte de umidade pelo APA “continentalizado”	92

Figura 16 – Transporte de umidade pelo ASAS	93
Figura 17 – Transporte de Umidade pelo Jato Subtropical e pelo ASAS	93
Figura 18 – Alta da Bolívia e Sistema Frontal	119
Figura 19 – Frente Fria Associada a Alta da Bolívia (AB)	120
Figura 20 – ZCAS deslocada para o norte da região Sudeste	120
Figura 21 – ZCAS.....	121

LISTA DE PRANCHAS

Prancha 3 – Variação Temporal dos Parâmetros Meteorológicos – 08 de Agosto de 2007	75
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ficha de Coleta de Dados em Campo	29
Quadro 2 - Ficha de Calibração dos Sensores de Temperatura e Umidade Relativa	30

LISTA DE SIGLAS

25° BPM – 25º Batalhão de Polícia Militar

AB – Alta da Bolívia

AP – Anticiclone Polar

APA – Anticiclone Polar Atlântico

APA de Santa Helena– Área de Proteção Ambiental da Serra de Santa Helena

ASAS – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

Cia. – Companhia

CNPMS – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

Disme – Distrito de Meteorologia

GMT - Greenwich Meridian Time

GOES – Geostationary Operational Environmental Satellite

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Ind. e Com. Ltda – Indústria e Comércio Limitada

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

IR – Infravermelho

m/s – metro por segundo

°C – Grau Celsius

SCU – Sistema Clima Urbano

SESI – Serviço Social da Indústria

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCPS – Zona de Convergência do Pacífico Sul

RESUMO

Este trabalho apresenta o comportamento do campo térmico urbano de Sete Lagoas nos períodos de agosto e novembro de 2007, a partir de dados climáticos coletados na Estação Climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e em experimentos de campo. A análise em questão envolveu a relação entre os elementos climáticos e a tipologia de uso e ocupação do solo. Baseando-se em um mapa de classes predominantes de uso e ocupação, foram selecionados dez pontos amostrais que representaram as diversidades de usos dentro da malha urbana. Nestes pontos, foram realizados três experimentos de campo, um em agosto e dois em novembro, meses sazonalmente contrastantes que serviram a uma melhor análise. Nos dois primeiros experimentos (agosto e novembro), as leituras foram realizadas durante um período de 12 horas, identificando-se a partir daí as flutuações horárias do campo térmico. Já o terceiro experimento, realizado em novembro, deu-se em um período de 24 horas, possibilitando a constatação da influência direta dos condicionantes urbanos no clima dos locais observados, uma vez que, as mais expressivas trocas térmicas entre a atmosfera e o meio ao seu entorno se dão durante a madrugada. A análise dos tipos de tempo observados diariamente nos experimentos foi realizada a partir de gráficos de análise rítmica, nos quais foram contemplados os dados de temperatura e umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos e nebulosidade. Os fluxos de veículos e de pedestres, dados descritivos da natureza urbana, também foram avaliados. A dinâmica atmosférica inserida no contexto destes experimentos foi analisada a partir de cartas sinóticas da Marinha do Brasil e imagens de satélite GOES. Os dados coletados em campo, quando comparados àqueles da Estação Climatológica de Sete Lagoas, referencial de área verde entre os pontos pesquisados, apresentaram diferenças significativas, constatando-se, portanto, a influência do uso urbano do solo no desempenho térmico e hídrico da atmosfera local.

Palavras-chave: clima urbano, campo térmico.

ABSTRACT

This paper presents the behavior of urban thermal field of the “Sete Lagoas” in periods of August and November of the 2007, from climatic data collected at the Weather Station of the “Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)” and field experiments. This analysis involved the relationship between climatic elements and type of use and occupancy of the soil. Based on a map of predominant classes of use and occupation, ten points that represented the diversity of uses within the urban area were selected. In these points, there were three field experiments, one in August and two in November, seasonally contrasting months that served to better analysis. In the first two experiments (August and November), the readings were performed for a period of 12 hours, identifying fluctuations of the thermal field. On the other hand the third experiment, conducted in November, was in a period of 24 hours, enabling the observation of the direct influence of urban conditions in the local observed climate. This was possible because the most expressive thermal exchange between the atmosphere and environment to its surroundings take place during the night. The analysis of the types of weather observed on these days in the experiments was carried out from graphs of rhythmic analysis, in which were included the data of temperature and relative humidity, direction and speed of the winds and cloud. The flow of vehicles and pedestrians, descriptive data of urban nature, were also evaluated. The atmospheric dynamics seen in the context of these experiments was analyzed from synoptic charts at the Brazilian Navy and GOES satellite images. The data collected in the field, when compared to those at the Weather Station of the “Sete Lagoas”, a reference of green area between the researched points, showed significant differences. Therefore it was possible to observe the influence of the use of urban soil in the thermal and higrical performance of the local atmosphere.

Key words: urban climate, thermal field.

INTRODUÇÃO

A urbanização, que se intensificou no século XX, supõe a substituição de ambientes naturais por centros construídos, onde o meio está organizado para permitir a sobrevivência do homem. Ao criar este ambiente artificial a partir da concentração de indústrias, do adensamento das edificações, da impermeabilização do solo e diminuição das áreas verdes, entre outros padrões específicos do uso urbano, o homem atua como agente modificador do clima local. Estas mudanças resultantes do processo de urbanização geram o denominado “clima urbano”, que Monteiro (2003) definiu como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”.

Dentre os “produtos” deste clima urbano, o fenômeno da ilha de calor, tem se destacado nos estudos sobre a climatologia das cidades. Resultado da modificação dos padrões da superfície e da atmosfera, a ilha de calor origina-se a partir de inúmeras variáveis existentes na urbe, como diminuição desmedida das áreas verdes, emissão de calor pelas indústrias, trânsito de automóveis, entre outras. Estas alterações no solo urbano modificam o balanço de energia¹ nas camadas da atmosfera próximas à superfície.

A semitransparência da atmosfera possibilita a chegada de radiação solar na superfície terrestre. Ao longo de seu percurso, até atingir a superfície da Terra, parte desta radiação em ondas curtas é perdida ou desviada. Condições como nebulosidade e umidade determinam a quantidade de energia que será recebida. Ao chegar à superfície, parte desta radiação é absorvida e parte é refletida novamente para a atmosfera, sendo que, a reflexão de energia varia em razão das características da superfície. As áreas impermeabilizadas, predominantes na maioria das cidades, absorvem mais radiação em ondas curtas. As áreas rurais ou menos urbanizadas apresentam comportamento contrário, pois estas possuem uma maior eficiência na perda de energia.

Não se pretende negar que o processo de urbanização também traz consigo alguns fatores positivos como a estimulação do progresso econômico, social e

¹ Segundo Ayoade (2004), balanço de energia significa a diferença entre a quantidade de energia que é absorvida e emitida por um dado corpo ou superfície. Em geral, na superfície terrestre é positivo durante o dia e negativo à noite.

cultural para os países predominantemente agrícolas. No entanto, seus impactos estão muito longe de serem apenas positivos.

O crescimento dos problemas ambientais nas cidades promoveu uma reavaliação da importância do clima nos estudos ambientais, por tratar-se de um significativo componente da qualidade ambiental urbana. Questões como poluição atmosférica e alterações climáticas se destacam nos estudos desenvolvidos, por se tratar de indicadores da degradação ambiental que ocorre nos espaços urbanizados. Estas alterações climáticas que se manifestam em graus distintos, segundo as respostas térmicas diferenciadas produzidas pelas características de uso e ocupação do solo, promovem o surgimento do fenômeno ilha de calor, definido por Lombardo (1985) como “uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas”.

A produção científica acerca da temática ilha de calor concentra-se nas grandes cidades. A necessidade de expandir tais estudos e de colocar em destaque a problemática do clima urbano para as cidades de médio e pequeno porte, justifica, do ponto de vista técnico, a escolha de Sete Lagoas, uma cidade de médio porte, que vivenciou um rápido crescimento populacional e espacial a partir de 1970, fazendo surgir constantes e gradativas degradações ambientais. Outra justificativa, esta pessoal, concentra-se no fato de a autora residir em Sete Lagoas, condição instigadora e facilitadora da investigação do clima urbano do município.

O conhecimento dos efeitos destas degradações que “perturbam” o clima local sobre o ambiente, constitui questão fundamental para um melhor planejamento urbano e, conseqüentemente, para uma melhoria na qualidade de vida.

Objetivando compreender melhor as interações entre os aspectos climáticos e antrópicos no ambiente setelagoano, torna-se imprescindível a busca de uma gestão urbana mais consciente e planejada. Para implantar ou aprimorar tal planejamento, faz-se necessário a realização de estudos como este, que a partir de observações dos parâmetros climáticos locais, embasadas nos dados coletados em experimentos de campo, visa conhecer os fatores que interagem com estes parâmetros e que contribuem para variações climáticas dentro da malha urbana.

Buscando atender o objetivo proposto, o presente trabalho se divide em cinco capítulos. O primeiro deles compreende a fundamentação teórica acerca dos temas clima urbano e ilha de calor, onde são apresentados conceitos e estudos

relacionados a estas temáticas. Ao final deste capítulo são apresentados estudos de caso, realizados nas cidades brasileiras, sobre os temas debatidos.

O segundo capítulo trata dos procedimentos metodológicos que incluem a sucinta caracterização dos onze pontos onde foram coletados os dados utilizados nas análises.

A caracterização geral do município de Sete Lagoas é apresentada no capítulo três, destacando-se uma breve história de sua urbanização e dos impactos climáticos.

O quarto capítulo apresenta a análise e discussão dos resultados obtidos em cada campo e a relação entre os diversos usos urbanos e o clima local.

As considerações finais, expostas no capítulo 5, evidenciam a viabilidade e necessidade do presente trabalho, assim como dos próximos, no planejamento urbano municipal.

CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. Clima Urbano

A degradação ambiental e a diminuição da qualidade de vida nas cidades vêm se agravando à medida que a urbanização se intensifica. Assim, o estudo do clima urbano tem atraído a atenção de diversos ramos das ciências, uma vez que esta intensificação da urbanização altera significativamente os parâmetros climáticos. Logicamente estas alterações “... variam de cidade para cidade em virtude da intensidade de uso do solo, do processo de crescimento urbano e das características geocológicas do lugar.” (LOMBARDO, 1985).

Dentre os fatores que influenciam o clima de um modo geral (latitude, altitude, radiação solar, regime dos ventos e das precipitações, relevo...), o clima urbano, definida a localização da estrutura urbana, é afetado por eles em seu conjunto. No entanto, a radiação assume papel preponderante neste clima, por isso será destacada a seguir.

1.1.1. A Radiação

A presença de radiação térmica no clima urbano tem duas principais origens: quantidade de radiação solar ganha, armazenada e difundida e a radiação proveniente da ação antropogênica – as atividades industriais, o trânsito, o próprio calor metabólico do homem, etc.

A quantidade de radiação solar absorvida pela cidade é que vai determinar o seu efeito sobre o clima urbano. Esta depende da capacidade de absorção e retenção dos materiais das edificações, dos tipos de revestimento do solo e da duração da exposição ao sol.

A duração da exposição ao sol de uma estrutura urbana depende da sua latitude, a qual determina a sua posição em relação aos movimentos aparentes do sol – como acontece em qualquer localidade não urbana sobre o planeta. Depende

também do horizonte do sítio urbano, isto é, se a morfologia molda seu horizonte com montanhas, serras, grandes formações rochosas, etc.

A nível dos espaços intra-urbanos, os componentes da massa edificada, também atuam como horizontes “fabricados” que modificam a duração da exposição ao sol destes espaços, pela justaposição dos edifícios, os quais mascaram o sol em determinados períodos do dia ou do ano, provocando sombreamento no solo, sobre si mesmo, ou em outros edifícios.

À medida que são alteradas e verticalizadas as superfícies urbanas, são criadas diferentes configurações espaciais que podem causar aumento da absorção da radiação solar, diminuição de transferência de calor por turbulência e redução na perda de energia de ondas longas. Oliveira (1987) ressalta a influência destas configurações espaciais ao citar os principais elementos da forma urbana que podem interferir, fraca ou intensamente, na configuração do clima, através de sua maior ou menor influência no desempenho de um ou mais elementos climáticos. A rugosidade e a porosidade, a densidade, o tamanho, ocupação do solo, orientação, permeabilidade do solo urbano e as propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes, elementos da forma urbana destacados por Oliveira (1987), são sucintamente descritos abaixo.

a) Rugosidade e porosidade

O movimento das massas de ar é governado por três princípios básicos: a inércia, a diferença de pressão e a fricção.

O ar tem inércia como qualquer outro corpo em movimento e, uma vez em movimento, tem a tendência de permanecer na mesma direção, até que seja desviado por alguma força ou corpo externo.

A diferença de pressão horizontal, criada em sua maioria por fatores térmicos, dá origem ao deslocamento da massa de ar (ventos) da zona de alta pressão para a de baixa pressão. A velocidade impressa a este deslocamento é proporcional à diferença de temperatura entre as duas regiões, ou seja, quanto maior o gradiente de temperatura, maior será a velocidade de deslocamento dos ventos da alta para a baixa pressão.

A força de fricção atua reduzindo a velocidade dos ventos. Quanto mais rugosa (maior quantidade de obstáculos que oferecem resistência ao movimento do

ar), maior o atrito, conseqüentemente maior a turbulência e menor a velocidade do ar.

A porosidade, entendida por Oliveira (1987), como uma maior ou menor permeabilidade aos ventos que uma estrutura urbana apresenta, pode melhorar a qualidade do ar dentro das estruturas urbanas.

b) Densidade

Segundo Oliveira (1987), as maiores temperaturas dentro da malha urbana coincidem com áreas mais densamente construídas e mais populosas.

c) Tamanho

Quanto maior a estrutura urbana, maior a quantidade de fontes produtoras de calor e de poluentes, maior a entropia – perda de energia – resultante do sistema urbano.

d) Ocupação do Solo

Há uma correlação entre o uso do solo e a distribuição das temperaturas dentro das estruturas urbanas, configurando a ilha de calor.

Quanto aos efeitos climáticos produzidos, três elementos são muito importantes no uso do solo urbano: a concentração e/ou dispersão de atividades e a proporção de áreas verdes.

Concentrar numa só área ou zona urbana, indústrias, comércio e as áreas em geral com alto índice de concreto, é concentrar também nestas áreas os subprodutos destas atividades: a radiação (solar e a produzida pelas atividades antropogênicas) e os poluentes atmosféricos (partículas e gases).

Quanto às áreas verdes, estas atuam como moderadoras das temperaturas urbanas, absorvendo menos energia solar e liberando esta energia mais lentamente no período noturno, quando comparadas a áreas impermeabilizadas.

e) Orientação

A orientação das estruturas urbanas é resultante do posicionamento de seus edifícios e deve, portanto, variar conforme dispostos os fatores condicionantes do clima em geral, o solo e os ventos, e conforme as modificações neles introduzidas localmente pela morfologia do solo e por barreiras edificadas.

f) Permeabilidade do Solo Urbano

O processo de urbanização provoca a impermeabilização do solo urbano em graus dependentes da quantidade de superfície recoberta de edifícios e construções e da quantidade de superfície pavimentada.

Oliveira (1987) cita os seguintes efeitos provocados pela impermeabilização do solo urbano: redução da umidade do ar e da evaporação na área urbana, decorrente da pouca absorção das águas pluviais pela superfície do solo e da pouca vegetação; aquecimento dos espaços urbanos devido a acumulação da radiação térmica que não é perdida por evaporação; ocorrência de inundações nas áreas mais impermeabilizadas, pela presença ocasional de chuvas intensas.

g) Propriedades Termodinâmicas dos Materiais Constituintes

As propriedades físicas dos materiais constituintes da massa edificada, da vegetação e das superfícies, pavimentadas ou não, dentro da estrutura urbana são expressas principalmente pelo albedo².

É perceptível a influência que o tipo de revestimento do solo exerce sobre o clima urbano. Neste sentido, as principais características destes revestimentos são seus coeficientes de absorção da radiação solar (função das cores: as mais escuras absorvem mais radiação), suas capacidades de armazenar calor (inércia térmica) e seus índices de impermeabilidade.

A vegetação provoca vários efeitos benéficos sobre o ambiente da urbe, pois favorece a composição atmosférica, a velocidade do ar e a umidade.

² Albedo: proporção de radiação incidente refletida pela superfície.

Desta forma fica evidenciado que a urbanização afeta direta ou indiretamente o clima da cidade. Em função desta problemática, a partir de 1970, no Brasil, o desenvolvimento de estudos relacionados ao clima urbano começou a se intensificar. A maioria deles baseava-se na teoria proposta em 1976 pelo professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, intitulada Sistema Clima Urbano (SCU). Nesta proposta Monteiro aborda questões como a predominância de estudos que consideram o clima apenas quantitativamente, ignorando o dinamismo climático, e ressalta a importância de estudos do clima que considerem a sucessão habitual de tempos sobre determinada localidade, sucessão esta denominada de *ritmo*³ pelo autor.

O primeiro trabalho no qual Monteiro propôs a análise rítmica foi publicado em 1969 e intitulava-se “A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil”. Neste, Monteiro desenvolve uma pesquisa climatológica detalhada sobre o estado de São Paulo, enfatizando a atuação da Frente Polar Atlântica na origem da precipitação no território paulista, não só durante o inverno, mas durante todas as estações do ano. Segundo o autor, o caráter geográfico de um trabalho não resulta de sua escala, mas da metodologia utilizada em sua abordagem que “... alcança o nível geográfico quando colocamos a análise dos tipos de tempo em *seqüência contínua*.” “É a seqüência que conduz ao ritmo, e o ritmo é a essência da análise dinâmica.” (MONTEIRO, 1969). A sucessão permite a percepção das diferentes combinações dos elementos climáticos entre si e com os demais elementos geográficos que permeiam o local.

A busca do entendimento do dinamismo e da circulação da atmosfera levaram ao estabelecimento de um conjunto de procedimentos, os quais foram criados por Monteiro, e tinham como objetivo principal compreender os princípios gerais da circulação atmosférica em território brasileiro, destacando-se as caracterizações das massas de ar e sistemas perturbados, em suas áreas de origem e trajetórias mais frequentes. Estes parâmetros propostos por Monteiro pretendiam romper com as análises climatológicas estáticas e quantitativas. Sant’anna Neto (2002) cita estes procedimentos como sendo:

³ Segundo Monteiro (1976) ritmo é o encadeamento sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados.

- a) desprezo dos valores médios e a utilização de dados reais, em escala diária, em proveito de uma minuciosa análise da variação dos elementos do clima;
- b) a utilização de cartas sinóticas de superfície como subsídio à identificação dos tipos de tempo, possibilitando a relação entre circulação atmosférica regional com as manifestações individualizadas localmente;
- c) a elaboração de um ciclo evolutivo da penetração da massa Polar Atlântica⁴, por considerar sua presença (ou sua ausência) como o elemento fundamental composto de três momentos: prenúncio, avanço e domínio;
- d) a escolha de períodos “padrão” (anual, estacional, mensal e episódico) que seriam capazes de fornecer um quadro dinâmico das situações concretas, demonstrando a amplitude de ocorrências dos tipos de tempo habituais, ao lado daqueles afetados por irregularidades na circulação com capacidade de produzir situações adversas;
- e) a análise da seqüência e encadeamento dos tipos de tempo, na busca do entendimento das variações locais dentro de um quadro regional, marcado pelas características e influências dos fatores geográficos;
- f) a tentativa de classificação climática, em bases genéticas e dinâmicas, a partir de índices de participação dos sistemas atmosféricos atuantes e suas repercussões no espaço geográfico. (SANT’ANNA NETO, 2002)

Revelando a importância da análise rítmica nos estudos climatológicos, Monteiro (1976) buscou desenvolver novos paradigmas dentro da Climatologia Geográfica. Para ele a abordagem dinâmica como técnica de análise deve ser associada à estatística (análise estática), assumindo projeções no tempo e no espaço. Através de canais da percepção humana como o conforto térmico, a qualidade do ar e meteoros de impacto⁵, “... pois que o homem deve constituir sempre o referencial dos problemas e valores dos fatos geográficos” (MONTEIRO, 1976), o autor classifica os elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do sistema.

Nesta obra, Monteiro destaca ainda a importância da conscientização humana para com os problemas da cidade, uma vez que é irreal pensar que o homem vá sustar o crescimento urbano, a circulação de veículos, enfim o desenvolvimento,

⁴ Associada aos anticiclones migratórios que se localizam na região Subantártica. Em razão dos mecanismos de subsidência associados, a massa Polar Atlântica é originalmente muito estável, mas, ao se deslocar para o Norte ou para o Nordeste, a inversão desaparece e a massa torna-se instável. Embora influenciem as condições climáticas em todas as estações, são mais intensas no inverno quando suas trajetórias atingem as baixas latitudes.

⁵ Neste canal de percepção, Monteiro (1976) cita fenômenos como tempestades, nevoeiros, entre outros, que eventualmente se intensificam, podendo causar impactos na vida urbana, como dificuldades de circulação e de acesso a determinados serviços.

para garantir sua qualidade de vida. Tal conscientização trata-se de uma necessidade de adaptação do homem para com o meio em que vive.

No entanto, a maior parte dos estudos de clima urbano considera apenas a cidade como um todo, generalizando os valores pontuais. Poucos tomam como base um detalhamento das características do sítio e das inúmeras formas de ocupação do solo urbano como pressuposto para a compreensão da formação do clima da cidade, que é resultante desses diferentes arranjos espaciais. Estudos como os de Mendonça (2000); Santos; Lima e Assis, E. (2003) destacam a importância do detalhamento da superfície urbana, suplantando-se assim o aspecto quantitativo, tão expressivo nas análises de clima urbano.

A cidade é, portanto, o exemplo mais significativo das mudanças impostas pelas atividades humanas. O homem, ao construir e ocupar as cidades, interfere sobre o ambiente climático nas mais diversas intensidades. Os resultados dessas interferências, dependendo das decisões humanas, podem ser favoráveis ou prejudiciais à qualidade de vida do ambiente urbano. Portanto, torna-se imperativo, avaliar melhor os impactos dessas intervenções no meio ambiente, na tentativa de minimizar ao máximo os problemas que possam vir a ocorrer.

A cidade, com seu clima próprio oriundo da interferência das características do tecido urbano na atmosfera, como materiais empregados nas construções, geometria e rugosidade, asfaltamento de vias de circulação, cimentação de quintais, entre outros, provoca diferenças nas propriedades térmicas e hídricas quando comparada a áreas menos urbanizadas e vegetadas. O maior aquecimento das cidades em relação a suas áreas circundantes é conhecido como ilha de calor urbana.

1.2. Ilha de Calor Urbana

A observação dos efeitos da urbanização sobre o clima urbano pode se dar em várias escalas: regional, urbana e intra-urbana, sobretudo quando é avaliada a distribuição térmica do ar na urbe. A tendência em ocorrer um aumento da temperatura do ar da periferia para o centro das cidades, por sua configuração espacial, recebe a denominação de ilha de calor. Este fenômeno vem despertando maior interesse dos estudiosos, preenchendo gradativamente a lacuna de informações sobre os climas urbanos das cidades brasileiras.

Sabe-se que a ilha de calor não é consequência de um único fator, e sim, da interação das diversas alterações na superfície da urbe introduzidas pelo homem. A substituição de superfícies naturais por superfícies pavimentadas e construções, produtos da urbanização acelerada e muitas vezes desordenada, altera o balanço de energia. A energia que seria utilizada para evaporar a umidade presente na superfície (calor latente), produzindo conseqüentemente um resfriamento da atmosfera local, é diretamente absorvida pela superfície urbana. Os materiais utilizados nas construções urbanas têm grande capacidade de armazenar calor, aumentando a temperatura nas áreas mais urbanizadas, tanto durante o dia, quando estas superfícies estão armazenando calor, quanto no período noturno quando a energia acumulada ao longo do dia é rapidamente liberada para a atmosfera.

A influência do ambiente construído sobre o balanço de energia pode ser observada na maior absorção de energia de ondas curtas por materiais característicos do ambiente citadino como asfalto, cimento, entre outros. Segundo Oke (1978) a medida que parte desta energia é liberada para a atmosfera, uma fração dela é barrada por construções próximas e/ou outras barreiras. Esta energia só encontrará a atmosfera quando não houver mais nenhum obstáculo, provocando assim, um resfriamento mais lento das áreas densamente construídas e mais urbanizadas. Os locais adjacentes à urbe, aqui denominados de entorno rural, possuem um albedo maior do que a cidade, o que promove uma maior eficiência na perda de energia.

Em suma, Assis, E. (1990), atribui a configuração da ilha de calor aos seguintes fatos:

a) efeitos da transformação de energia no interior da cidade, cujas formas mais complexas, apresentando grandes superfícies horizontais e verticais, materiais com boa condutividade térmica e capacidade calorífica, índices de reflexão variados, etc., respondem diferentemente, tanto à radiação solar incidente quanto ao regime de ventos, em relação ao meio natural do entorno;

b) redução das taxas de resfriamento, causada pela diminuição da evaporação (poucas áreas verdes, impermeabilização do solo e rápido transporte da água de chuva através da rede de canalização), bem como pela diminuição de trocas térmicas por convecção⁶, devido a redução generalizada na velocidade dos ventos no meio urbano, causada pela maior rugosidade das superfícies;

c) produção de energia antropogênica, através da emissão de calor pelas indústrias, trânsito e habitações. (ASSIS, E., 1990)

A configuração e a intensidade da ilha de calor urbana são evidenciadas, notadamente no período noturno, em condições de estabilidade do ar, sem a ocorrência de nebulosidade e precipitação, quando a energia armazenada no tecido urbano é liberada para a atmosfera. Em situações de tempo instável, com ocorrência de nebulosidade elevada, de chuvas e ventos fortes, ocorre maior movimentação do ar alterando a ligação da superfície com a atmosfera.

O ambiente urbano, em sua maioria comprometido pela urbanização acelerada e inadequada, requer estudos que considerem os muitos fatores que influenciam direta ou indiretamente o aquecimento da superfície da urbe, buscando avanços para uma melhor qualidade de vida. Estes estudos exigem o conhecimento prévio do sítio onde a cidade está instalada (além de ser o meio natural que serve de suporte para a cidade, interage com a mesma, configurando diferentes comportamentos na atmosfera), como também do caráter termodinâmico do processo de interação entre os elementos atmosféricos, da cidade e seu entorno.

Os problemas climáticos causados pela urbanização podem ser resolvidos ou mitigados, a partir de um planejamento urbano adequado de uso e ocupação do solo. Os estudos de caso abaixo descritos ressaltam a importância desta reavaliação do planejamento para as várias cidades onde foram desenvolvidos.

⁶ Convecção: movimento vertical de uma massa de ar ascendente que é mais quente que o meio adjacente.

1.3. O Clima e as Cidades

A urbanização que se intensificou no século XX se faz presente, destacando a origem de grandes áreas urbanas, tanto nos países desenvolvidos como também no chamado “terceiro mundo”. No entanto, as conseqüências da degradação ambiental proveniente dessa intensificação da urbanização refletem-se mais diretamente nos países com menos recursos, e a qualidade de vida de seus habitantes torna-se pior à medida que a urbanização acelerada se intensifica.

Diante de um quadro de ausência de um planejamento urbano adequado, com estudos técnicos que avaliem os possíveis impactos produzidos pelas alterações na urbe, as cidades médias e pequenas, em sua maioria, atestam, embora em níveis inferiores aos das grandes cidades e áreas metropolitanas, problemas ambientais. Devido ao maior comprometimento da qualidade de vida nas grandes cidades, os estudos de clima urbano têm se concentrado nos grandes centros embora, devido ao acelerado e desestruturado crescimento nas pequenas e médias áreas urbanas, novos estudos vêm sendo desenvolvidos nestes ambientes.

Vale ressaltar que neste estudo, a classificação das cidades foi feita segundo o parâmetro utilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Neste parâmetro, as cidades com uma população de até 50 mil habitantes são denominadas pequenas, acima de 50 mil até 250 mil habitantes, cidade média, acima de 250 mil até 2 milhões de habitantes, cidade grande e, acima de 2 milhões de habitantes, metrópole. A ordem de exposição dos estudos de caso abaixo descritos fez-se em função do número de habitantes da localidade abordada, daquela com maior população até aquela com menor número de habitantes.

1.3.1. Estudos de Caso

A metrópole de São Paulo foi alvo de diversos estudos em sua climatologia urbana, como os de Lombardo (1985), Cabral (1998), Pereira Filho (2000) e Lombardo & Quevedo Neto (2001).

O estudo desenvolvido por Lombardo (1985), caracterizou o fenômeno ilha de calor na cidade de São Paulo a partir dos resultados obtidos em 45 pontos de observações. As medições foram feitas às 09:00, 15:00 e 21:00 horas em períodos de verão e inverno, em diferentes condições de tempo meteorológico, objetivando explicar o comportamento da cidade numa visão dinâmica. Através da análise dos dados coletados, a autora constatou que o maior gradiente horizontal de temperatura ocorreu no centro da cidade, situação esta observada em todas as condições sinóticas que influenciaram o tempo em São Paulo. Porém em tipos de tempo estável e com calma, o gradiente de temperatura horizontal foi superior a 10°C entre o centro e a área rural. As maiores temperaturas foram encontradas em áreas de maior concentração de edifícios e indústrias e as mais baixas em locais mais vegetados. Lombardo também identificou a relação entre ilha de calor e concentração de poluentes, onde os mais altos valores de concentração ocorreram nos locais de mais elevadas temperaturas, principalmente em condições de estabilidade atmosférica. As maiores evidências da ilha de calor foram observadas das 15:00 às 21:00 horas. Durante a madrugada, o fenômeno tende a diminuir devido ao equilíbrio do balanço de radiação, assim como da diminuição das atividades urbanas. A autora ressaltou que em todos os dados observados, os efeitos da ilha de calor nos fins de semana diminuíram em virtude da menor interferência humana gerada pela atividade urbana. Outra correlação interessante feita por Lombardo foi entre densidade demográfica e intensidade da ilha de calor. Em São Paulo, os altos valores de temperatura estão relacionados às mais altas densidades populacionais - mais de trezentos habitantes por hectare - encontradas nos bairros residenciais de classes menos favorecidas, sendo a ilha de calor, segundo a autora, uma expressão da associação de aspectos tanto naturais quanto sociais.

O comportamento das temperaturas do ar em São Paulo ao longo de cento e oito anos foi investigado por Cabral (1998). O autor dividiu os dados em dois períodos ao longo dos anos observados, abril a setembro representando outono e inverno, mais estável, frio e com menor pluviosidade e outubro a março, representando o período de primavera - verão, mais instável, com temperaturas mais elevadas e maiores índices pluviométricos. Em geral, as temperaturas mínimas apresentaram um aumento mais expressivo a partir do início dos anos 70, época que, segundo o autor, ocorria na cidade de São Paulo um processo mais intenso de

ocupação do solo. A análise de tendências das temperaturas mostrou que, tanto para o período de verão como para o de inverno, as temperaturas apresentaram tendências positivas significativas, sugerindo uma relação direta com o aumento da população e da expansão da malha urbana. Uma única exceção para essa tendência positiva ocorreu em uma estação extinta no ano de 1924.

Pereira Filho (2000) observou o comportamento de quatorze eventos de precipitações convectivas⁷ em fevereiro de 1998 e, extraiu neste período, um destes eventos para verificar sua possível ligação com o fenômeno ilha de calor. Em suas análises embasadas em dados de estação meteorológica automática, imagens de satélite e imagens do campo de precipitação e do topo das nuvens originadas do radar meteorológico de São Paulo, o autor constatou que em São Paulo, as áreas de ilha de calor coincidiam com as de maior precipitação. Os resultados encontrados sugerem que a influência dos fatores termodinâmicos da ilha de calor na convecção local, é intensificada pelo incremento de umidade proveniente da brisa marítima. Quando o ar marítimo, úmido e frio, se mistura ao ar urbano, quente e seco, aumenta a instabilidade convectiva. Segundo o autor, as chuvas de verão tendem a ser mais intensas por causa da ilha de calor e da brisa marítima, conseqüentemente, a região metropolitana de São Paulo poderá ter um maior número de ocorrências de inundações, devido a diminuição da infiltração no solo, fato este que resulta no aumento dos picos de vazão.

Lombardo & Quevedo Neto (2001) analisaram as transformações ocorridas na área de transição urbano-rural⁸ da cidade de São Paulo. Segundo os autores, estas transformações são resultado das pressões exercidas pelo ambiente urbano sobre o seu entorno. Para os autores, as mudanças no uso e ocupação do solo nas áreas adjacentes às grandes cidades, devem ser observadas com maior relevância, pois estas áreas influenciam diretamente as condições climáticas do ambiente citadino. A diminuição da vegetação natural, várias vezes citada pelos autores, pode acarretar a expansão do fenômeno ilha de calor para além dos limites da urbe e também,

⁷ Segundo Ayoade (2004) a precipitação convectiva é causada pelo movimento vertical de uma massa de ar ascendente, que é mais aquecida que o meio ao seu entorno. Trata-se de uma precipitação intensa, porém de curta duração.

⁸“A área de transição urbano-rural pode ser definida como a área de influência econômica, social e cultural de um centro urbano sobre suas adjacências, sendo essa influência tanto maior quanto maiores forem os centros urbanos e quanto mais próximos deste estiverem estas áreas.” (LOMBARDO & QUEVEDO NETO, 2001)

diminuir a capacidade da área rural de amenizar as conseqüências das atividades exercidas no meio urbano.

Na metrópole do Rio de Janeiro, Brandão (2003) identificou configurações de ilhas de calor nas estações de outono e inverno, em dias com domínio de variados tipos de tempo. Segundo a autora trata-se de um sítio dotado de grande complexidade, devido à influência dos componentes geoambientais como o relevo montanhoso representado pelos maciços litorâneos da Tijuca, Pedra Branca e Gericinó, às amplas baixadas da Guanabara, Fluminense, Jacarepaguá, Sepetiba e Santa Cruz, à sua faixa litorânea e diversos padrões de uso do solo. Os quarenta pontos amostrais observados pela autora foram distribuídos em três transectos, orientados do centro da cidade em direção à expansão da malha urbana. Nos experimentos realizados, Brandão constatou que circunstâncias sinóticas da circulação atmosférica regional podem prevalecer sobre as condições locais, contribuindo desta forma para a atenuação ou mesmo dissipação do fenômeno ilha de calor. Porém, ressaltou que tais condições influenciam na intensidade deste fenômeno, mas sua configuração está relacionada com a intensidade de urbanização, densidade construída, concentração de indústrias, verticalização das construções e poluição atmosférica, denominados pela autora de atributos geourbanos.

Malveira; Xavier & Souza (2002), verificaram a intensidade e a evolução da ilha de calor na metrópole de Fortaleza – CE através dos dados obtidos em dois experimentos de campo realizados nos meses de setembro e outubro. Somente foram feitas medições diurnas, encerrando as leituras no experimento de setembro às 16:30 horas e no experimento de outubro às 18:00 horas. Ficou evidenciado, nos dois experimentos, o aumento da temperatura em áreas densamente construídas e com pavimentação asfáltica ou concretada em relação à áreas com vegetação e menor concentração de construções. A diferença máxima encontrada entre estas áreas foi de aproximadamente 2,0°C. Os autores destacaram a importância da realização de medições noturnas para uma melhor análise do fenômeno em Fortaleza, pois os maiores contrastes térmicos são observados no período noturno, fato este constatado e evidenciado na literatura.

ASSIS, W. (2001) analisou as interações entre a urbanização e as variações microclimáticas dentro da malha urbana da metrópole de Belo Horizonte. Ao longo do transecto observado confirmou-se que a aglomeração urbana representa um

maior acúmulo de energia térmica em relação às áreas menos urbanizadas. As diferenças de temperatura entre alguns pontos e os postos oficiais de coleta foram de aproximadamente 4,5°C, sugerindo a existência de “arquipélagos” de calor, denominação atribuída a várias áreas urbanas que apresentaram temperaturas maiores que as áreas circundantes.

Ao realizarem um estudo sobre a influência da ocupação do solo na variação da temperatura em Curitiba (cidade de grande porte), Kruger & Rossi (2005) obtiveram, a partir de análises de regressão linear simples, correlações individuais fracas ou nulas entre as variações térmicas e os padrões de ocupação. Diante destes resultados, os autores partiram para uma análise das condições sinóticas atuantes durante a coleta dos dados. Concluíram então que cada sistema sinótico pode propiciar diferentes correlações entre a temperatura e a ocupação da área, ou seja, para cada tipo de tempo uma determinada categoria de ocupação responde de maneira própria. Sendo assim, segundo as observações de Kruger & Rossi, é nítida a existência da influência da ocupação do solo na variação da temperatura e esta, por sua vez, depende da condição sinótica do dia.

O comportamento térmico da cidade de Belém (cidade de grande porte) foi observado por Costa & Mattos (2000). Em suas análises constataram que a ilha de calor é proporcional ao crescimento das cidades e de sua população, sendo mais intensa durante os dias da semana e minimizada nos fins de semana, quando as atividades urbanas apresentam-se em menor intensidade. As maiores diferenças entre as temperaturas do ar (que variaram de 1,5°C na época chuvosa até 4,5°C na época menos chuvosa) foram observadas nos horários da noite e em locais mais urbanizados. Nos horários diurnos e em bairros mais arborizados constataram-se as menores diferenças de temperatura. Os autores ressaltaram ainda que apesar destas diferenças relativamente pequenas, em Belém, onde as temperaturas já são bastante elevadas durante todo o ano, um pequeno acréscimo térmico pode representar aumento no desconforto do ambiente. Segundo Costa & Mattos, entre os elementos da estrutura urbana que apresentaram grande influência na amenização das temperaturas do ar, merecem destaque a vegetação e as edificações elevadas. O sombreamento exercido por estas construções fez com que grandes áreas deixassem de ser aquecidas diretamente pela radiação solar.

Buscando a identificação de microclimas no centro de Maceió (cidade de grande porte), Fernandes & Barbirato (2001), realizaram medições de temperatura e

umidade relativa do ar durante três dias do mês de agosto (mês chuvoso) e três dias de novembro (mês seco). Os valores de temperatura do ar coletados na estação meteorológica, ponto de referência menos urbanizado, foram sempre menores que aqueles obtidos nos pontos no centro da cidade, caracterizando assim ilhas de calor tanto no inverno quanto no verão. A maior diferença (2,9°C) foi observada em um ponto bastante exposto à radiação direta e a menor (1,3°C) em um ponto com elevado índice de vegetação.

Tarifa (1974) buscou caracterizar a influência da natureza do espaço, entendida pelo autor como espaço urbanizado e espaço rural, e do tipo de cobertura do solo nas variações de temperatura e umidade relativa do ar da cidade de São José dos Campos – SP (cidade de grande porte). Com base nos resultados dos experimentos realizados Tarifa concluiu que a área urbana apresentou temperaturas mais elevadas que a rural (1°C a 3,4°C) e umidade relativa menor que a área rural (2% a 12% na média diária).

Na cidade de Cuiabá – MT (cidade de grande porte), onde a ventilação é bastante prejudicada por ser uma área de altitude média inferior a 200 m e circundada por chapadões com mais de 800 m, Duarte & Maitelli (1999) apontaram as áreas centrais, de construções densas, como as mais aquecidas e, as áreas de maior pavimentação nas vias públicas como as mais secas. Foram encontradas diferenças de até 6°C entre os locais de menor ocupação e aqueles densamente edificadas.

Mendonça (2000), baseado na proposição do Sistema Clima Urbano do professor Monteiro (1976), estudou a cidade de Londrina/PR (cidade de grande porte), onde observou diferenças de até 15°C entre as áreas urbana e rural. Como causa da intensidade do fenômeno, o autor destacou a umidade dos solos rurais que se encontravam sem cobertura vegetal no período de coleta de dados. Nestas condições, a produção de calor sensível que se desenvolve sobre eles intensifica o aquecimento atmosférico que, por sua vez, é transportado pelos ventos para a cidade. Os locais que apresentaram as maiores diferenças de temperaturas entre as áreas urbana e rural, coincidiram com aqueles de menor umidade do ar. Os casos mais extremos foram registrados no período da tarde, 37°C e 20% de umidade relativa e 38°C e 25% de umidade relativa. As áreas menos aquecidas foram aquelas cobertas por vegetação e com superfícies líquidas em suas proximidades. Mendonça também destacou a importância de estudos de clima urbano mais

qualitativos, e não estritamente quantitativos como a grande maioria dos trabalhos desenvolvidos. Para o autor, a abordagem predominantemente meteorológica dos estudos de clima urbano elaborados, tem revelado a necessidade de um maior aprofundamento de tais análises. Outro fator importante, ressaltado por Mendonça, que é desconsiderado na grande maioria dos estudos desenvolvidos, é o detalhamento prévio das diferenças do sítio e do uso do solo urbano, como suporte para a compreensão da formação do clima derivado dos diferentes arranjos espaciais da cidade.

Vários outros estudiosos encontraram em suas análises relações entre as condições térmicas da cidade e a ocupação diferenciada do solo da área urbana. De um modo geral, as configurações da ilha de calor se deram com maior intensidade no período noturno e em condições de estabilidade atmosférica, quando o calor armazenado no tecido urbano é liberado para a atmosfera. Assim, a distribuição da temperatura do ar nas áreas estudadas foi diretamente influenciada pelo conjunto da estrutura urbana (características geométricas dos edifícios, propriedades dos materiais de construção, densidade da área construída, presença de vegetação...), influência esta também constatada por Roriz & Barbugli (2003), Bertacchi & Faria (2003), Souza, A. & Massambani (2004), Maitelli *et al* (2004), Pezzuto; Labaki & Francisco Filho (2005), entre outros.

CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA

A metodologia norteadora deste estudo está fundamentada em uma série histórica de 35 anos (1970-2005) de dados climáticos diários coletados na estação climatológica do município, localizada nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), e em dados provenientes de levantamentos de campo. A série histórica embasará a caracterização climática de Sete Lagoas (Capítulo 3 item 3.2.) e a coleta de dados em campo propiciará a identificação de ilhas de calor que, por ventura, possam existir dentro da malha urbana municipal (Capítulo 4).

2.1. Análise Estatística da Série Histórica de Dados Climatológicos

Os dados utilizados na composição das análises de elementos climáticos para o município de Sete Lagoas foram coletados diariamente em três horários sinóticos, 00:00h, 12:00h e 18:00h GMT (Greenwich Meridian Time)⁹, na Estação Climatológica de Sete Lagoas pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Apesar de não representar de maneira significativa a situação climática urbana existente no município em questão, uma vez que a mesma encontra-se instalada em uma área onde a influência da urbanização é quase inexistente (dependências da Embrapa Milho e Sorgo), esta estação possui hoje a única série histórica de dados disponíveis para tratamento. Diante disso, tais dados serão utilizados para embasar a análise climática do município.

A Estação Climatológica de Sete Lagoas, instalada em 1926, apesar de possuir uma série de mais de 80 anos de registros, inconsistências e falhas nos mesmos impossibilitaram a utilização de todos os dados disponíveis. Optou-se, portanto, pelo uso dos dados compreendidos entre os anos de 1970 e 2005, que

⁹ Estes horários foram estabelecidos de acordo com padrões internacionais da Organização Meteorológica Mundial, a qual estabelece que os principais horários para as observações meteorológicas são 00:00h, 06:00h, 12:00h e 18:00h GMT, correspondentes a 21:00h, 03:00h, 09:00h e 15:00h, horário de Brasília. Apenas a leitura de 03:00h não é executada no município de Sete Lagoas.

apresentavam, assim como o restante dos demais, problemas em seus registros. No entanto, a escolha deste período se fez em virtude do método utilizado para consistir os erros e falhas nos 35 anos de dados utilizados.

Através do método de correlação linear, "... que é uma medida numérica da força de relação entre duas variáveis que representam dados quantitativos." (TRIOLA, 2008), as falhas na série climatológica de Sete Lagoas compreendida entre os anos de 1970 a 2005, foram preenchidas através da correlação com os dados do mesmo período do município de Belo Horizonte, município mais próximo de Sete Lagoas com dados climatológicos disponíveis. Deste modo, a escolha do período de 1970 a 2005 se fez em razão da disponibilidade dos dados climatológicos de Belo Horizonte para a realização da correlação. O coeficiente de correlação linear (r) mede a intensidade da relação linear entre os valores quantitativos, X e Y em uma amostra variando entre 1 e -1, quanto mais próximo de 1 maior a correlação entre os pares.

O software utilizado para o cálculo da correlação linear e para tratamento estatístico da série climatológica de Sete Lagoas foi o Excel 2003. Foram analisadas as variáveis temperatura média, mínima e máxima, umidade relativa do ar e precipitação, principais focos de atenção neste estudo, nos três horários sinóticos coletados diariamente na estação. É importante salientar que os registros de temperatura e umidade relativa do ar são médias mensais por períodos, excetuando-se os de temperaturas máximas e mínimas que são os extremos registrados, ou seja, os menores registros mensais por períodos, no caso das mínimas, e os maiores registros mensais por período, no caso das temperaturas máximas. Já a precipitação foi analisada a partir de acumulados mensais por períodos.

Após a análise estatística mensal dos 35 anos (1970-2005), os dados foram separados em quatro períodos distintos, sendo os três primeiros de 10 anos (1970-1979, 1980-1989 e 1990-1999) e o último de seis anos (2000-2005). Esta periodização se fez com o objetivo de explicitar fases distintas da evolução da mancha urbana do município.

Entre as décadas de 1970 e 1980, Sete Lagoas apresentou uma significativa expansão de sua malha urbana, evidenciada pelo crescimento da população urbana ocorrido nestes períodos, justificando assim a divisão dos dois primeiros períodos de análise (TAB. 1). Logicamente, por tratar-se de anos com um crescimento populacional significativo, os dos períodos (1970-1979 e 1980-1989) poderiam ter

sido agrupados em um único, porém este agrupamento causaria uma divisão muito desproporcional nos demais dois períodos (1990-1999 e 2000-2005), fato este que poderia comprometer a qualidade das análises estatísticas realizadas. A partir de 1990 observou-se uma desaceleração acentuada do crescimento da população urbana de Sete Lagoas, fundamentando a divisão dos dois últimos períodos, o terceiro (1990-1999), assim como os dois primeiros, com dez anos de dados e o quarto e último com os 06 anos restantes - 2000-2005 – (TAB.1).

TABELA 1
População de Sete Lagoas 1960 - 2000

ANOS POPULAÇÃO	1960	1970	1980	1991	2000	CRESCIMENTO RELATIVO POPULAÇÃO URBANA (%)			
						1960-1970	1970-1980	1980-1991	1991-2000
URBANA	36271	61204	94604	140125	180785				
RURAL	5134	5432	6024	3889	4086	68,7	54,5	48,1	29,0
TOTAL	41405	66636	100628	144014	184871				

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE

2.2. Coleta de Dados em Campo

Os dois primeiros experimentos foram realizados em 10 pontos que representam diferentes espaços intra-urbanos, possibilitando uma melhor avaliação dos fatores causadores da diferenciação climática do ambiente citadino. O terceiro e último experimento foi executado em 05 pontos, selecionados entre os 10 locais dos dois primeiros experimentos. Os 10 locais selecionados foram:

- Ponto 1: Restaurante Popular *
- Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota *
- Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
- Ponto 4: Praça Francisco Sales *
- Ponto 5: Praça da Rodoviária *
- Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
- Ponto 7: Cia. Cedro Cachoeira *
- Ponto 8: Casa Máxima Ind. e Com. Ltda
- Ponto 9: Escola Técnica

Ponto 10: SESI Nova Cidade

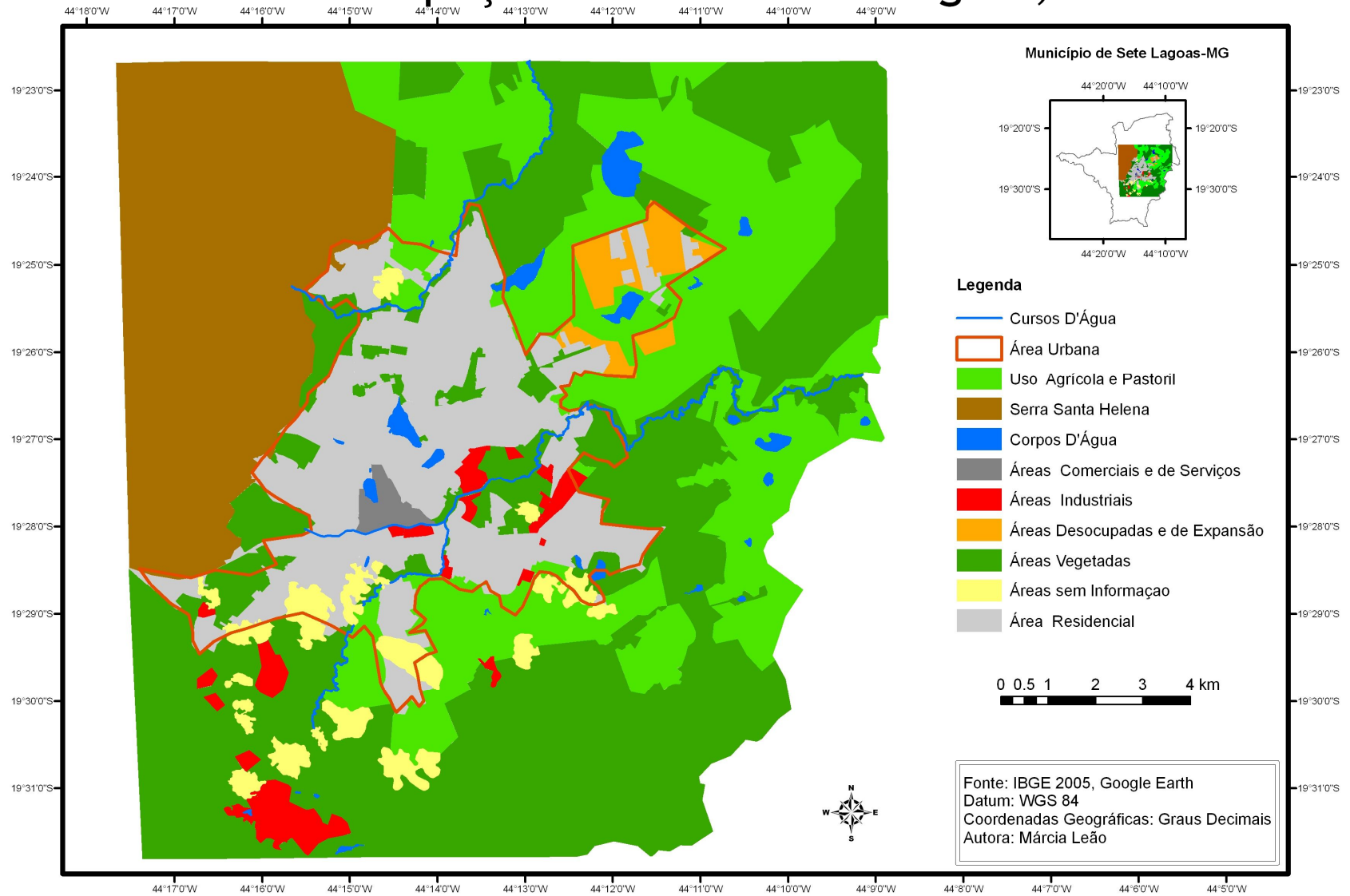
* Cinco pontos amostrais onde foi realizado o experimento de 24 horas

Segundo Monteiro (1990b) não existe um número pré-fixado de pontos amostrais. Este número varia em função do porte da cidade, da quantidade de equipamentos e da disponibilidade de pessoal capacitado para a coleta dos dados em campo. Ainda segundo o autor, deve-se preocupar em englobar locais com unidades morfológicas distintas (áreas com topografia elevada, áreas planas, aterros, arrasamento de morros, etc.) e também a dinâmica urbana (fluxo de veículos, atividades industriais, produção de calor, etc.).

A seleção dos dez locais amostrais foi baseada no mapa de uso e ocupação do município de Sete Lagoas. Este mapa foi confeccionado no software ArcGis versão 9.1. a partir de uma imagem extraída do Google Earth. A delimitação das sete classes de uso do solo do município foi executada a partir da classificação visual da imagem e averiguações de dúvidas em campo. É importante ressaltar que os usos delimitados foram classificados segundo a predominância de cada característica, ou seja, a área residencial apresenta um maior número de domicílios, o que não exclui a presença de outros usos menos significantes nesta mesma área. As sete classes de uso estabelecidas ao município foram: uso agrícola e pastoril, áreas comerciais e de serviços, áreas industriais, áreas desocupadas e de expansão, áreas vegetadas, áreas sem informação e área residencial. Além destas, também foram destacadas as áreas da Serra de Santa Helena e os principais corpos e cursos d'água, classes que não se enquadram em nenhum tipo de uso citado acima (MAPA 1). A classe denominada área vegetada engloba as parcelas do solo urbano que apresentam predomínio de vegetação nativa, e a classe denominada áreas sem informação, reúne os locais onde a sombra ou a presença de nuvens, não permitiu a visualização da imagem para que fosse feita a classificação das características do local.

Em razão das diferenças de resolução apresentadas pela imagem do Google Earth, o uso e ocupação do solo de Sete Lagoas foi caracterizado somente em parte do município. No entanto, não houve comprometimento das informações necessárias à realização do trabalho, pois os pontos amostrais encontram-se localizados na área que foi classificada e mapeada. Na seleção dos dez pontos amostrais, além das características de cada local, foram considerados também aspectos como segurança dos responsáveis pelas leituras e do equipamento.

Uso e Ocupação do Solo - Sete Lagoas, MG



Mapa 1: Uso e Ocupação do Solo do Município de Sete Lagoas, MG
 Fonte: Google Earth

Os dados da Estação Climatológica de Sete Lagoas (CNPMS) foram utilizados nas comparações com os demais dez pontos, por tratar-se de um local onde a influência da atividade humana é quase nula. Na identificação das ilhas de calor, a Estação Climatológica (ponto 11) foi considerada como o referencial de área verde do município, o parâmetro “rural” para a comparação com os dez pontos localizados na malha urbana. Por tratar-se do único ponto que oferece todos os dados necessários à identificação dos fenômenos de larga escala atuantes durante os experimentos de campo, principalmente os registros de pressão atmosférica, os dados da Estação Climatológica foram utilizados nas análises sinóticas. A sinótica foi caracterizada a partir de um maior intervalo de dias, compreendendo períodos antes da realização do experimento, em razão da observação da estruturação e desestruturação dos fenômenos climáticos que atuaram durante a coleta de dados. No mês de novembro, a análise sinótica se estendeu até primeiro de dezembro, devido o experimento de 24 horas de duração ter se dado nos dias 30 de novembro e 01 de dezembro. As cartas sinóticas da Marinha do Brasil¹⁰ nos horários de 00:00h e 12:00h GMT e imagens meteorológicas do satélite GOES 10 no canal IR (infravermelho) nos horários 00:00h, 18:00h e 24:00h GMT disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)¹¹, complementaram as informações obtidas a partir dos dados do ponto 11.

As coletas de campo foram desenvolvidas em 12 horas de medições horárias e diárias, durante duas semanas, uma em agosto, mês no qual as condições atmosféricas são mais estáveis, e outra em novembro, quando a atuação de fenômenos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) promove instabilidade atmosférica com episódios de precipitação. O primeiro experimento foi realizado entre os dias 06 e 12 de agosto de 2007 com o início de suas medições às 09h e término às 21h de cada dia. O segundo no período de 23 a 29 de novembro de 2007, ambos nos 10 pontos amostrais. Devido ao horário de verão, o experimento de novembro teve seus horários de coleta atrasados em uma hora, tendo, portanto iniciado às 10h e terminado às 22h de cada dia. O terceiro e último experimento foi realizado ao longo de 24 horas nos dias 30 de novembro e 01 de dezembro. As leituras foram realizadas em um intervalo de 3 em 3 horas (para permitir a avaliação das condições sinóticas atuantes e seus efeitos sobre os tipos

¹⁰ Disponível em www.mar.mil.br

¹¹ Disponível em www.cptec.inpe.br

de tempo observados no local) com início as 13h¹² do dia 30/11/2007 e término as 13h do dia 01/12/2007, em cinco pontos amostrais selecionados entre os dez que fizeram parte dos dois primeiros experimentos. Nesta escolha dos cinco pontos foram priorizados aqueles que se localizavam próximos à área central de Sete Lagoas, levando-se em consideração, mais uma vez, o fator segurança dos observadores e dos equipamentos.

A ausência de leituras durante a madrugada, período ideal para a identificação da ilha de calor urbana pois é nele que ocorrem as trocas térmicas entre as superfícies, no primeiro e segundo experimentos se fez em razão da falta de disponibilidade dos observadores, para a realização destas leituras durante o período de duas semanas, uma no mês de agosto e outra em novembro.

Enquanto o primeiro e o segundo experimentos visavam avaliar a localização das possíveis ilhas de calor na malha urbana de Sete Lagoas a partir de medições com duração de 12 horas, o terceiro experimento que englobou medições ao longo de 24 horas, tinha por objetivo além de identificar as ilhas de calor, observar sua intensidade ao longo do período noturno, quando este fenômeno é mais facilmente caracterizado.

Para a coleta dos dados foram utilizados abrigos de campo confeccionados em madeira, segundo modelo proposto pelo Prof. José Roberto Tarifa do Laboratório de Climatologia da Universidade de São Paulo. Na foto 1 pode-se observar que o abrigo está preso a uma haste distante 1,5m do solo, apoiado em uma cruz de madeira projetada para representar os quatro pontos cardeais. A direção dos ventos foi obtida com o auxílio de uma fita presa na haste do abrigo, que indicava, através dos pontos cardeais gravados nos pés do abrigo, a procedência dos mesmos. Utilizou-se a escala Beaufort (em anexo) para estimar a velocidade dos ventos. A pintura dos abrigos meteorológicos na cor branca, uma modificação feita pelo professor Monteiro do modelo original proposto por Tarifa, visa aumentar a reflexão e atenuar a absorção de energia, além de homogeneizar a coloração variada da madeira.

¹² O primeiro registro foi feito à tarde, pois segundo Monteiro & Sezerino (1990), a condição climática favorável neste horário geralmente permanece até o dia seguinte, evitando a perda de leituras por mudanças no tempo atmosférico. É importante ressaltar que os referidos autores sugerem que os registros tenham início às 12h, porém, devido ao horário de verão, as leituras foram atrasadas em uma hora.

Os registros de temperatura do ar e umidade relativa foram realizados por termo-higrômetros digitais¹³ que foram colocados dentro do abrigo meteorológico todos os dias, 15 minutos antes do início da coleta de dados, para que os mesmos se estabilizassem. Além dos registros de temperatura e umidade relativa do ar obtidos no termo-higrômetro, os observadores responsáveis por cada ponto de coleta, também observaram a cobertura do céu (nebulosidade), o vento (direção e velocidade estimada pela Escala Beaufort), além de dados da natureza urbana como o fluxo de veículos e de pedestres. O campo intitulado observações complementares, era reservado para o relato de situações que o observador considerasse relevante, como por exemplo a ocorrência de precipitações (QUADRO 1). Objetivando uma melhor consistência dos dados, todos os membros da equipe de trabalhos de campo foram previamente treinados quanto ao manuseio do equipamento e o uso das técnicas nas observações visuais.

Na interpretação da dinâmica atmosférica foram utilizadas cartas sinóticas da Marinha do Brasil nos horários de 00:00h e 12:00h GMT e imagens meteorológicas do satélite GOES 10 nos horários 00:00h, 18:00h e 24:00h GMT disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).



Foto 1 – Abrigo de campo

¹³ Termo-higrômetros fabricados pela Instrutherm (Instrumentos de Medição Ltda), localizada em São Paulo – SP.

Os termo-higrômetros utilizados em campo foram calibrados no 5º Distrito de Meteorologia do INMET (FOTO 2) e colocados no abrigo padrão quinze minutos antes da primeira leitura que se deu às 08:50 hs, procedimento este repetido nos dois dias de calibração. Os registros foram feitos de uma em uma hora até às 12:50 hs, quando a última leitura foi realizada. Ao analisarmos as leituras dos termômetros padrão de bulbo seco e bulbo úmido e os valores observados nos termo-higrômetros, a maior diferença registrada foi de 1°C na temperatura (termo-higrômetro 4), e de 3% na umidade relativa do ar (termo-higrômetros 1, 2, 4, 5, e 6).

A partir de uma ficha de calibração, calcularam-se as diferenças entre os termômetros padrão e digital, sendo estas diferenças acrescidas ou diminuídas do valor observado em campo, de acordo com a particularidade encontrada em cada aparelho calibrado (QUADRO 2). É importante ressaltar, que ao observar estas diferenças deve-se levar em consideração que a calibração do equipamento foi feita a partir de termômetros convencionais, sendo os termo-higrômetros utilizados em campo, equipamentos digitais, tratando-se, portanto de aparelhos com sensibilidades diferentes.



Foto 2 – Calibração dos termo-higrômetros no 5º Disme/ INMET

FICHA DE CAMPO

Observador: _____
Local: _____
Latitude: _____ Longitude: _____ Altitude: _____
Período da coleta: de _____ hs até _____ hs do dia _____

	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Temperatura do ar (°C)													
Umidade Relativa (%)													
Direção dos Ventos													
Velocidade dos Ventos (0 – 12)*													
Nebulosidade (0 – 10)													
Fluxo de veículos													
Fluxo de pedestres													

FLUXO: 0 (NENHUM)

1 (BAIXO)

2 (MÉDIO)

3 (ALTO)

* Escala Beaufort (em anexo)

OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

Quadro 1: Ficha de Coleta de Dados em Campo
 Fonte: Adaptada de ASSIS, W. (2001)

FICHA DE CALIBRAÇÃO DOS SENSORES DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA

Estação: BELO HORIZONTE	UF: MG	Dia de Início: 08/02/2007	Dia do Término: 08/02/2007
-------------------------	--------	---------------------------	----------------------------

LEITURAS DO PSICRÔMETRO PADRÃO							UMIDADE RELATIVA CALCULADA	LEITURAS							
HORA	BULBO SECO			BULBO UMIDO				Sensor Temp		Sensor Umidade		TERMOHIGRÓGRAFO			
	Marca: Precision			Precision				Marca: Instrutherm		Marca: Instrutherm		Marca: Thies			
	Nº: 1064			Nº: 1066				Nº 01		Nº 01		Nº: 0200315			
	LEITURA	CORREÇÃO INSTRUM.	LEITURA CORRIGIDA (A)	LEITURA	CORREÇÃO INSTRUM.	LEITURA CORRIGIDA		(B)	LEITURA (C)	Dif. (C - A)	LEITURA (D)	Dif. (D - B)	TEMPERATURA		UMID. RELATIVA
											LEITURA (E)	Dif. (E-A)	LEITURA (F)	Dif. (F-B)	
08:50	21,8	-0,1	21,7	18,5	-0,1	18,4	72	22,1	0,4	74,0	2,0				
09:50	22,4	-0,1	22,3	18,9	-0,1	18,8	71	22,2	-0,1	72,0	1,0				
10:50	23,8	-0,1	23,7	19,5	-0,1	19,4	66	23,8	0,1	67,0	1,0				
11:50	25,2	-0,1	25,1	20,0	-0,1	19,9	60	25,0	-0,1	63,0	3,0				
12:50	26,2	-0,1	26,1	20,2	-0,1	20,1	57	26,1	0,0	58,0	1,0				

Unidades do Padrão: Temperatura: °C Umidade: %	Unidades do Termômetro e Higrômetro da Estação. Temperatura: °C Umidade: %	Unidades do Termohigrômetro da estação. Temperatura: °C Umidade: %	Categoria do padrão: TC	Validade da calibração do padrão:
--	--	--	-------------------------	-----------------------------------

Técnico responsável pela calibração: <hr style="width: 80%; margin-left: auto; margin-right: auto;"/> Assinatura	Parecer de acordo com o respectivo Critério de aceitação: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;"> Termômetro: <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado </td> <td style="width: 33%; border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;"> Higrômetro: <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado </td> <td style="width: 33%; padding-left: 5px;"> Termohigrômetro: <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado </td> </tr> </table>	Termômetro: <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	Higrômetro: <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	Termohigrômetro: <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	Validado em: <hr style="width: 80%; margin-left: auto; margin-right: auto;"/> Carimbo / Assinatura
Termômetro: <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	Higrômetro: <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	Termohigrômetro: <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado			

Quadro 2: Ficha de Calibração dos Sensores de Temperatura e Umidade Relativa
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

2.2.1. Tratamento Estatístico dos Dados Coletados em Campo

Assim como na série histórica, o tratamento estatístico dos dados coletados em campo nos três experimentos foi realizado no software Excel 2003 (TAB. 2). Os gráficos das variáveis climáticas temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos e nebulosidade além do perfil topográfico, também foram confeccionados neste software. Nestes gráficos o eixo X representa os pontos de amostragem e o eixo Y a variável climática que está sendo abordada. No perfil topográfico, o eixo X indica a distância em quilômetros entre os pontos e o eixo Y a altitude dos mesmos.

TABELA 2
Planilha de dados – Temperatura Média – 06 de Agosto de 2007

PONTO	tmax	Temp mínima corrigida pela Embrapa	Média ponderada INMET com mínima corrigida pela Embrapa (°C)	Média Geral ponderada com temp mínima corrigida (°C)	Amplitude térmica com temp mínima corrigida pela Embrapa (°C)	Desvio Padrão horários Embrapa e temp mínima corrigida (°C)	Desvio Padrão médio horários Embrapa
1	28,4	14,8	20,5	20,1	13,6	0,4	0,5
2	28,6	15,2	20,1	20,1	13,4	0,1	0,5
3	26,8	16,3	20,5	20,1	10,5	0,4	0,5
4	27,9	15,7	20,2	20,1	12,2	0,0	0,5
5	28,7	15,5	20,6	20,1	13,2	0,4	0,5
6	27,9	14,1	19,9	20,1	13,8	0,2	0,5
7	28,9	15,0	20,6	20,1	13,9	0,5	0,5
8	25,7	15,2	19,7	20,1	10,5	0,4	0,5
9	30,5	15,3	20,5	20,1	15,2	0,4	0,5
10	28,4	15,4	20,7	20,1	13,0	0,5	0,5
11	25,7	13,1	18,2	20,1	12,6	2,0	0,5

Fonte: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

Para a análise horária dos dados coletados em campo, visando observar as variações da temperatura, umidade relativa e velocidade dos ventos ao longo do dia, optou-se por confeccionar os gráficos no software Surfer versão 8, onde o eixo X indica a distância, em quilômetros, entre os 11 pontos amostrais, sendo o Restaurante Popular (P1) o primeiro ponto e a Embrapa Milho e Sorgo (P11), o último. O eixo Y, indica os horários de coleta dos dados diários no período de 09h às 21h no mês de agosto e de 10h às 22h em dezembro. No entanto, devido a interpolação dos dados feita pelo programa Surfer, a direção dos ventos e a nebulosidade foram representadas por gráficos do Excel 2003, pois ao interpolar estes dados o programa incorria em erros nas representações. Visando facilitar a

visualização das variações horárias dos elementos climáticos analisados, optou-se por uma disposição têmporo-espacial dos dados coletados em campo. Os gráficos apresentados em forma de pranchas expõem o perfil topográfico, temperatura, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos e nebulosidade, permitindo a análise em conjunto dos parâmetros meteorológicos observados. No entanto, devido a impossibilidade de apresentar no presente trabalho todas as pranchas elaboradas, decidiu-se por demonstrar apenas uma delas.

A partir das medições horárias calcularam-se as médias de temperatura, umidade, velocidade dos ventos e nebulosidade. As médias das variáveis climáticas temperatura e umidade relativa do ar foram obtidas segundo cálculo proposto pelo INMET a partir das fórmulas:

Temperatura = $(T12+2T00+TMAX+TMIN)/5$ sendo T12 e T00 as temperaturas do ar nos horários de 12:00h e 00:00h GMT, TMAX a maior temperatura registrada no dia e TMIN a menor temperatura registrada no dia. O maior peso dado a temperatura registrada às 00:00h GMT se deve ao maior resfriamento ocorrido neste período. Dá-se um peso maior ao resfriamento noturno para compensar o forte aquecimento diurno.

Umidade Relativa = $(U12+U18+2U00)/4$ onde U12, U18 e U00 correspondem às leituras realizadas nos horários de 12:00h, 18:00h e 00:00h GMT. A mesma justificativa para o peso “2” dada à temperatura de 00:00h GMT cabe a umidade relativa do ar às 00:00h GMT. O horário de maior umidade na atmosfera, 00:00h GMT, compensa os horários de menor umidade relativa do ar, observados ao longo do dia.

É importante salientar que no dia 08 de agosto o percentual de umidade relativa do ar entre 16 e 17 horas não pode ser observado nos pontos 1 (Restaurante Popular), 3 (Praça Alexandre Lanza), 4 (Praça Francisco Sales), 6 (25ºBPM), 8 (Casa Máxima), 9 (Escola Técnica) e 10 (SESI) em razão da limitação do sensor dos termo-higrômetros utilizados. Segundo o fabricante (Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda), a escala de medição da umidade relativa do ar do sensor está compreendida entre 20 e 99% aproximadamente. No entanto, os aparelhos colocados nos pontos 2 (Praça Dom Carmelo Mota) e 7 (Cia. Cedro Cachoeira) registraram índices abaixo de 20% às 16 horas e no ponto 5 (Praça da Rodoviária) às 16 e 17 horas. Diante disso, optou-se por constar nos locais onde

não foram efetuados os registros às 16 e 17 horas, o menor valor observado (17%) entre todos os pontos no dia 08 de agosto.

As variáveis temperatura máxima e mínima compreendem respectivamente os maiores e menores registros do dia. Ressalta-se porém, que nos dois primeiros experimentos, onde foram executadas leituras ao longo de 12 horas, a temperatura mínima, que geralmente ocorre durante a madrugada não pôde ser registrada. Diante disso, optou-se por utilizar a temperatura das 21 horas no experimento de agosto e das 22 horas no experimento de novembro, último horário de coleta. Partindo do pressuposto que a geometria do município de Sete Lagoas é relativamente homogênea – com predomínio de construções horizontais - para se aproximar mais da temperatura mínima real que possivelmente ocorreu nos pontos, as leituras das 21 e 22 horas foram corrigidas segundo a leitura da temperatura mínima registrada na Estação Climatológica de Sete Lagoas. Em suma, o fator de correção da temperatura mínima era o resultado da diminuição da temperatura das 21 ou 22 horas e da temperatura mínima, ambas observadas na Estação Climatológica (posto oficial de coleta de dados). Este fator de correção foi subtraído da leitura de 21 ou 22 horas executada em cada ponto, obtendo-se assim a temperatura mínima corrigida. No cálculo tanto das médias ponderadas de temperatura, como da amplitude térmica diária¹⁴ em cada local de coleta, foi utilizada a temperatura mínima corrigida.

A temperatura das 21 horas registrada no ponto 4 (Praça Francisco Sales) em 07 de agosto apresentou uma discrepância, provavelmente decorrente de uma falha de leitura ou no equipamento. Assim como os demais locais, o ponto 4 vinha apresentando um decréscimo natural em seus valores térmicos, chegando a 22,4°C às 20h. No entanto, o valor registrado às 21h (28,4°C) contrariou o padrão de comportamento térmico, no qual, durante o período noturno, com a ausência de radiação solar, as superfícies vão perdendo energia para a atmosfera e conseqüentemente se resfriando. Como o registro das 21h foi maior que o das 20h, optou-se por repetir a leitura das 20h às 21h somente no ponto 4 e no dia 07 de agosto.

Das direções dos ventos estimadas em todos os horários de coleta, foram extraídas as observadas nos três horários padrão (00:00h, 12:00h e 18:00h GMT),

¹⁴ Amplitude térmica diária: diferença entre a temperatura máxima e a mínima diária.

com o intuito de avaliar os elementos sinóticos que atuavam na região influenciando as condições de tempo locais. As direções predominantes foram indicadas por aquela direção que mais se manifestou durante o dia. Caso houvesse empate entre as direções, avaliava-se a velocidade dos ventos, predominando a direção que teve maior velocidade.

O desvio padrão foi utilizado nas variáveis temperaturas média, máxima e mínima, amplitude térmica, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos e nebulosidade, para identificar a variação dos valores observados em torno das médias. Seu cálculo baseou-se nos horários padrão para que fossem comparados os desvios dos pontos localizados na malha urbana com os da Estação Climatológica de Sete Lagoas (Embrapa).

2.3. Caracterização e Localização dos Pontos de Coleta de Dados

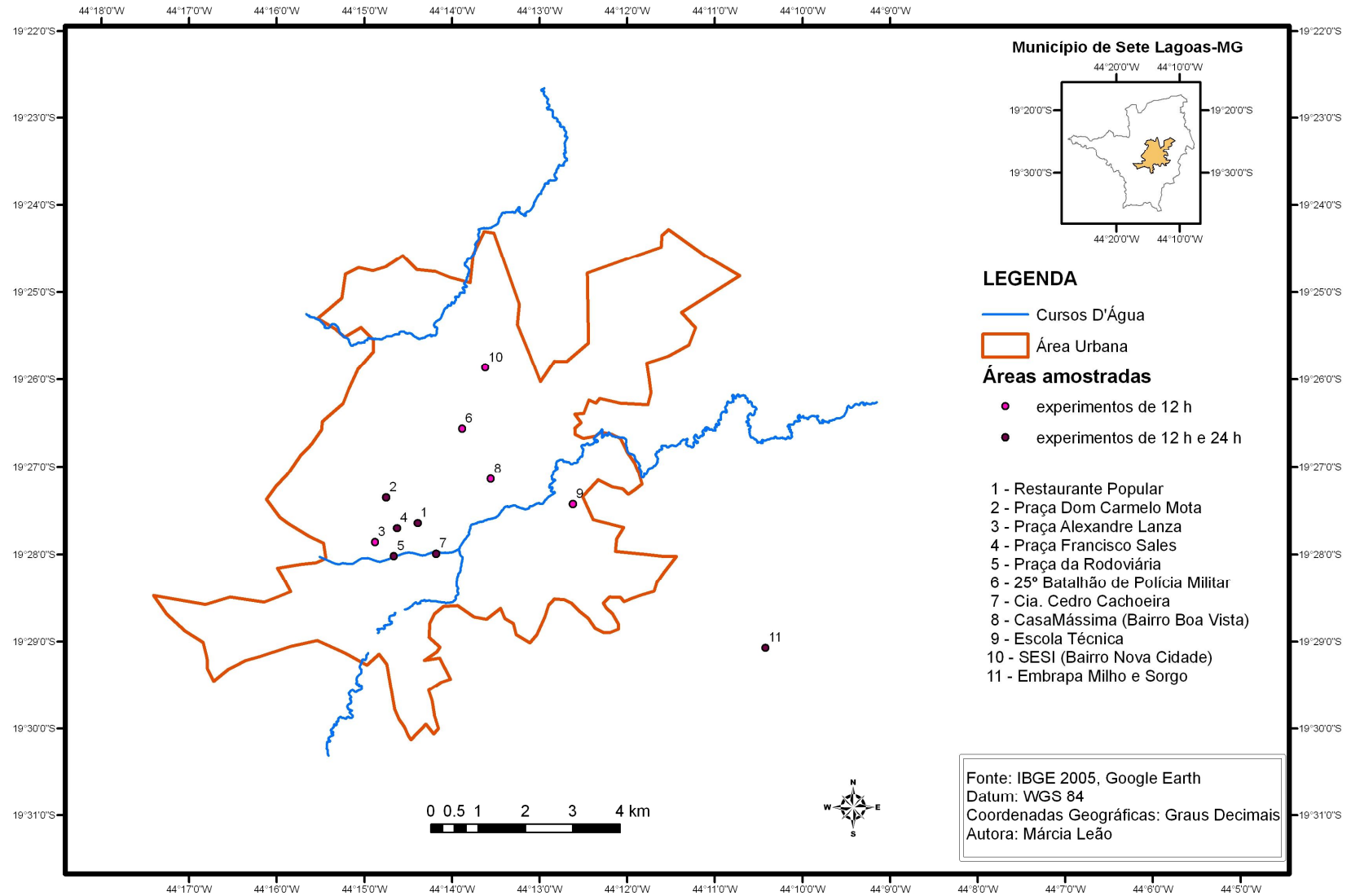
Os 10 pontos de amostragem foram selecionados visando a melhor representatividade possível dos diferentes tipos de uso do solo existentes na malha urbana de Sete Lagoas (MAPA 2). No ponto 11 (Embrapa Milho e Sorgo) encontra-se instalada a Estação Climatológica do município, posto oficial de coleta de dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). No presente estudo, este ponto foi tratado também como referencial de área verde na comparação com os demais 10 pontos localizados na malha urbana (TAB. 3).

TABELA 3
Localização dos Pontos Amostrais no Município de Sete Lagoas, MG

Ponto	Denominação	Localização Geográfica		
		Latitude S	Longitude W	Altitude (m)
1	Restaurante Popular	19°27'38,6"	44°14'23,5"	771
2	Praça Dom Carmelo Mota	19°27'21,1"	44°14'45,0"	711
3	Praça Alexandre Lanza	19°27'51,6"	44°14'52,7"	760
4	Praça Francisco Sales	19°27'42,1"	44°14'37,7"	763
5	Praça da Rodoviária	19°28'01,3"	44°14'39,8"	758
6	25º Batalhão de Polícia Militar	19°26'33,7"	44°13'53,0"	806
7	Cia. Cedro Cachoeira	19°27'59,5"	44°14'10,9"	752
8	Casa Máxima Ind. e Com. Ltda	19°27'08,3"	44°13'33,3"	789
9	Escola Técnica	19°27'25,6"	44°12'37,2"	764
10	SESI Nova Cidade	19°25'51,7"	44°13'37,1"	757
11	Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS)	19°29'04,3"	44°10'25,3"	759

Fonte: Dados coletados em campo

Localização das Áreas Amostradas - Sete Lagoas, MG



Mapa 2: Localização dos Pontos de Amostragem no Município de Sete Lagoas, MG

Fonte: Dados Coletados em Campo

PONTO 1: RESTAURANTE POPULAR



Foto 3: Abrigo meteorológico instalado na Avenida Antônio Olinto

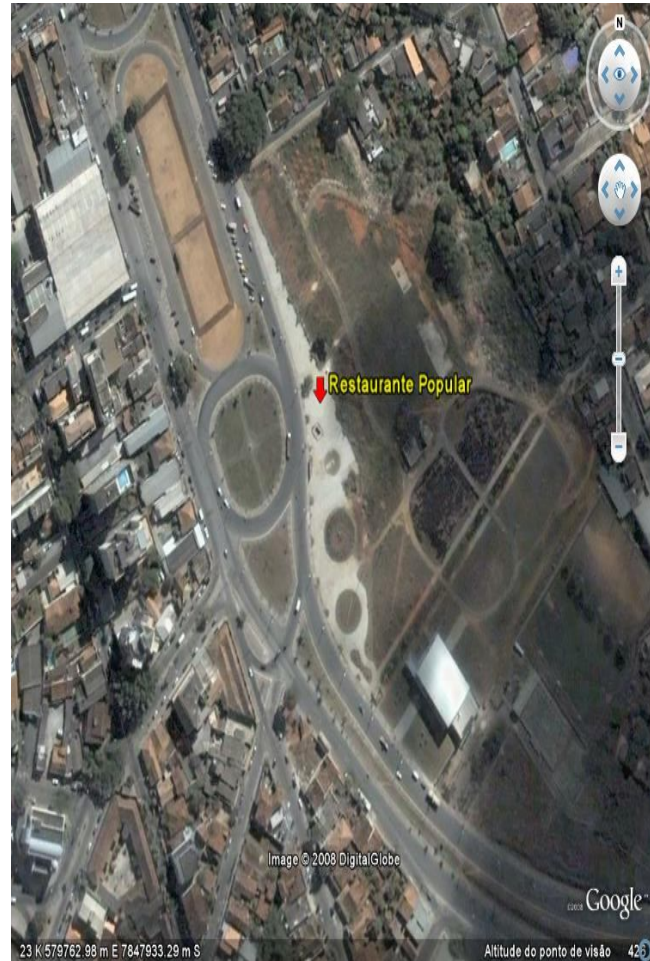


Figura 1 – Imagem do Google Earth – Restaurante Popular

Localizado na Avenida Antônio Olinto, uma das principais vias de circulação do município, este ponto possui uma altitude de 771 metros. Trata-se de uma área tipicamente comercial onde a maioria das construções é horizontal com a ocorrência de alguns prédios esparsos. A impermeabilização é bastante significativa e a arborização é rara, principalmente ao longo da referida avenida, predominando árvores de pequeno e médio porte. O fluxo de veículos no local é alto, por se tratar de uma área que liga o centro do município a vários bairros.

PONTO 2: PRAÇA DOM CARMELO MOTA



Foto 4: Abrigo meteorológico instalado na Praça Dom Carmelo Mota



Figura 2 – Imagem do Google Earth – Praça Dom Carmelo Mota

Localizado na Praça Dom Carmelo Mota este ponto possui a menor altitude dentre os demais locais de coleta – 711 metros. Sua arborização é razoável, sendo sua grande maioria representada por palmeiras. Em suas proximidades observam-se duas lagoas, uma sem denominação e a outra denominada Lagoa Paulino, uma das principais do município. Nesta área predominante residencial, apesar de alguns prédios esparsos, as construções horizontais prevalecem. A impermeabilização é significativa restando alguns espaços cobertos por gramíneas. O fluxo de veículos no local é baixo se intensificando apenas aos finais de semana, quando acontece nesta praça uma feira de culinária e artesanato.

PONTO 3: PRAÇA ALEXANDRE LANZA



Foto 5: Abrigo meteorológico instalado na Praça Alexandre Lanza



Figura 3 – Imagem do Google Earth – Praça Alexandre Lanza

Este ponto localiza-se na Rua Monsenhor Messias, uma das principais concentrações comerciais do centro de Sete Lagoas. Sua altitude é de 760 metros. As construções raramente ultrapassam dois pavimentos e a impermeabilização do solo é bastante significativa. Apenas uma árvore de grande porte pode ser observada nos arredores deste ponto. O trânsito de veículos no local é elevado, pois trata-se de uma área de concentração de estabelecimentos comerciais e também escolas.

PONTO 4: PRAÇA FRANCISCO SALES



Foto 6: Abrigo meteorológico instalado na Praça Francisco Sales



Figura 4 – Imagem do Google Earth – Praça Francisco Sales

Este ponto localiza-se na Avenida Doutor Emílio de Vasconcelos Costa uma das principais avenidas do centro do município. No entorno desta área com altitude de 763 metros predominam estabelecimentos comerciais. A verticalização é pequena caracterizada por construções de no máximo três pavimentos. A impermeabilização é bastante significativa e a arborização, em sua grande maioria representada por palmeiras, concentra-se na orla da Lagoa Paulino que se encontra nas proximidades do ponto de coleta. Por se tratar de uma área central o fluxo de veículos é intenso.

PONTO 5: PRAÇA DA RODOVIÁRIA



Foto 7: Abrigo meteorológico instalado na Praça da Rodoviária



Figura 5 – Imagem do Google Earth – Praça da Rodoviária

Localizado na Avenida Doutor Renato Azeredo este ponto possui uma altitude de 758 metros. Trata-se de uma área onde as atividades comercial e industrial misturam-se a algumas residências. A verticalização é insignificante e a impermeabilização é alta, sendo esta avenida resultado da canalização de parte do Córrego do Diogo. A arborização é rara, principalmente ao longo da referida avenida, que apresenta alguns exemplares de palmeiras ao longo do “boulevard” recentemente construído. O fluxo de veículos no local é alto, por se tratar de uma área que liga o centro do município a vários bairros.

PONTO 6: 25º BATALHÃO DE POLÍCIA MILITAR



Foto 8: Abrigo meteorológico instalado no 25º Batalhão de Polícia Militar



Figura 6 – Imagem do Google Earth – 25º Batalhão de Polícia Militar

O 25º Batalhão de Polícia Militar é o ponto de maior altitude dentre os demais locais de coleta, 806 metros. Localizada no Morro São João, esta área é tipicamente residencial com construções que não ultrapassam dois pavimentos. O local é pouco arborizado e a impermeabilização elevada. O fluxo de veículos é baixo e concentra-se no início da manhã e fim da tarde.

PONTO 7: CIA. CEDRO CACHOEIRA



Foto 9: Abrigo meteorológico instalado na Cia. Cedro Cachoeira



Figura 7 – Imagem do Google Earth – Cia. Cedro Cachoeira

Este ponto localiza-se nas dependências da Cia. Cedro Cachoeira e possui uma altitude de 752 metros. O entorno da região apresenta uma pequena concentração comercial e industrial, mas, também podem ser observadas residências. Todas as construções são predominantemente horizontais. A impermeabilização é alta e a arborização quase nula, representada por árvores de pequeno e médio porte. O fluxo de veículos no local é baixo por se tratar de uma área privada onde o acesso deve ser autorizado.

PONTO 8: CASAMÁSSIMA IND. E COM. LTDA



Foto 10: Abrigo meteorológico instalado na CasaMáxima Ind. e Com. Ltda



Figura 8 – Imagem do Google Earth – CasaMáxima Ind. e Com. Ltda

Com uma altitude de 789 metros este ponto localiza-se nas dependências da Casamáxima Indústria e Comércio Ltda em um bairro predominantemente residencial denominado Boa Vista, porém, com expressiva concentração de indústrias do ramo siderúrgico. Trata-se de uma área onde a verticalização é inexistente e a arborização é considerável, com predomínio de eucaliptos ao longo das fachadas das indústrias siderúrgicas. A impermeabilização é moderada e o fluxo de veículos é médio e, em sua grande maioria de caminhões carregados de carvão.

PONTO 9: ESCOLA TÉCNICA



Foto 11: Abrigo meteorológico instalado na Escola Técnica



Figura 9 – Imagem do Google Earth – Escola Técnica

Com altitude de 764 metros este ponto localiza-se em um bairro predominantemente industrial caracterizado por construções horizontais. Verifica-se grande impermeabilização e intenso trânsito de veículos durante todo o dia, principalmente de veículos pesados. Nas dependências da Escola Técnica, assim como em seus arredores, a arborização é pequena e a impermeabilização elevada.

PONTO 10: SESI – NOVA CIDADE



Foto 12: Abrigo meteorológico instalado no SESI

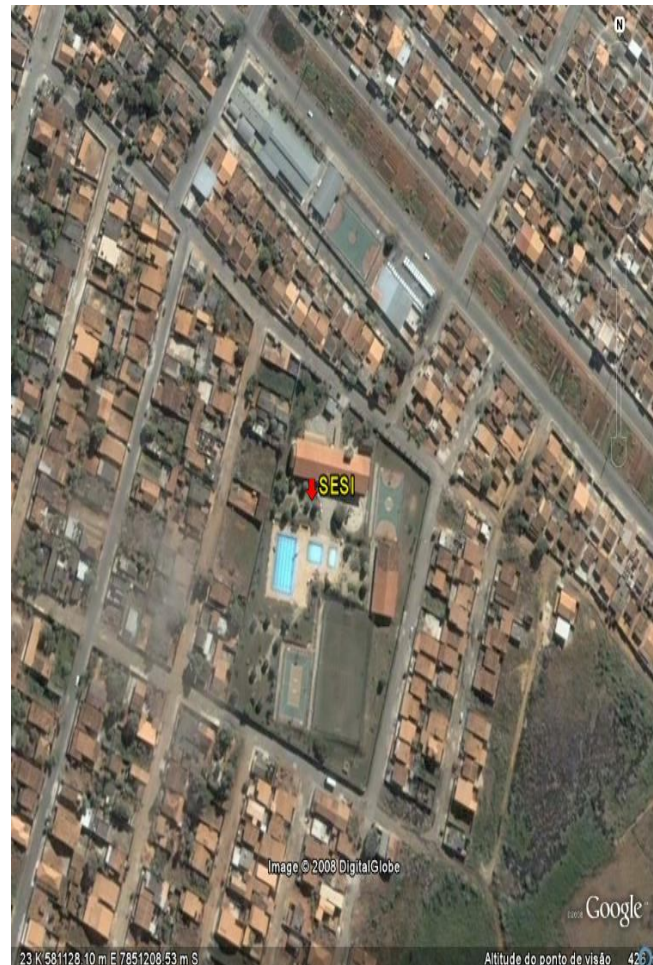


Figura 10 – Imagem do Google Earth – SESI

Localizado no SESI bairro Nova Cidade, este ponto possui uma altitude de 757 metros. Trata-se de uma área residencial onde a maioria das construções não ultrapassa dois pavimentos. A impermeabilização é bastante significativa e a arborização, quando existente, é caracterizada por árvores de pequeno porte. O fluxo de veículos no local é pequeno.

PONTO 11: EMBRAPA MILHO E SORGO – CNPMS



Foto 13: Abrigo meteorológico no CNPMS



Figura 11 – Imagem do Google Earth – CNPMS

A Estação Climatológica de Sete Lagoas, posto oficial de observação do INMET localiza-se a 759 metros de altitude, nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS). Caracteriza-se pela presença significativa de vegetação nativa e corpos d'água em seu entorno. A interferência antrópica neste ponto é representada majoritariamente pelo plantio agrícola, com poucas e espaçadas edificações.

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DE SETE LAGOAS



Foto 14: Vista parcial do município de Sete Lagoas, MG

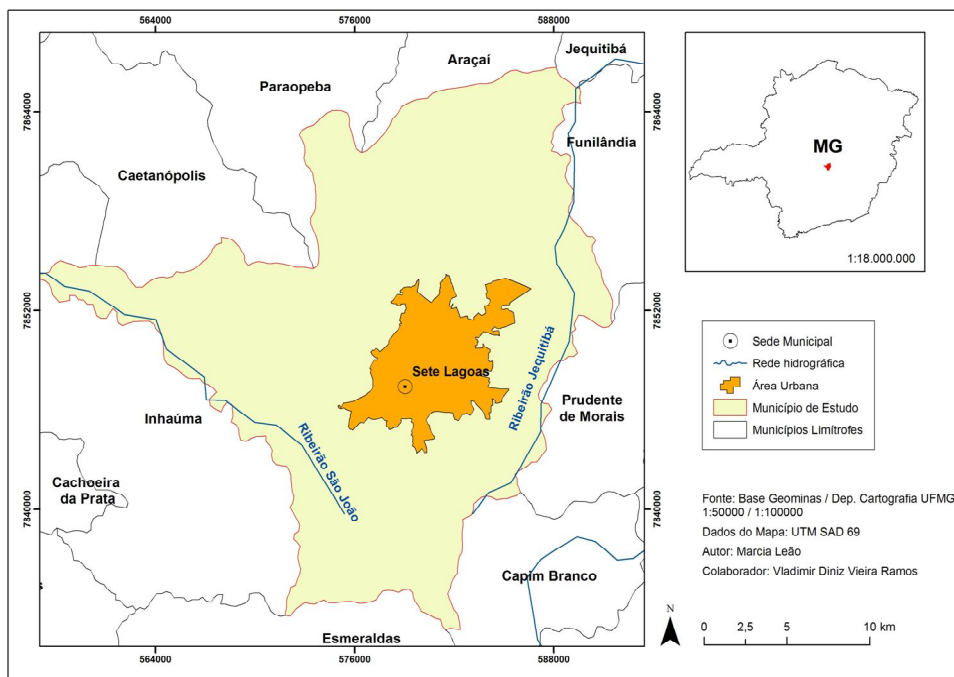
Com os primórdios de sua ocupação no século XVIII, Sete Lagoas teve suas origens ligadas a uma antiga sesmaria que foi posteriormente desmembrada em várias fazendas. Segundo Azevedo (1963) uma destas fazendas, denominada Fazenda Sete Lagoas, deu origem ao povoado que no ano de 1867 se transformou em cidade. Sete Lagoas, assim como os municípios em seu entorno, que possuía uma evolução lenta de sua economia, basicamente estruturada na agricultura e na pecuária, com a chegada da Estrada de Ferro Central do Brasil no final do século XIX, iniciou uma nova fase. Neste novo momento, a atividade industrial assumiu importante papel, e o crescimento populacional, segundo Azevedo (1963), sofreu um sensível aumento. No ano de 2007, segundo a contagem de população do IBGE, o município de Sete Lagoas possuía 217.506 habitantes, caracterizando-se, portanto, como uma cidade média.

Situada à aproximadamente setenta quilômetros da capital mineira, tendo como coordenadas geográficas 17° 13' 01" de latitude Sul e 46° 52' 17" de longitude Oeste (MAPA 3), Sete Lagoas é circundada pela Serra de Santa Helena e por lagoas perenes e temporárias, sendo sete as principais que dão nome ao município: Lagoa Paulino, Lagoa José Felix, Lagoa da Catarina, Lagoa Cercadinho, Lagoa da

Chácara, Lagoa Boa Vista e Lagoa do Matadouro. O município está compreendido entre cotas de 700 m a 1100 m de altitude, sendo que essas maiores localizam-se na Serra de Santa Helena (MAPA 4), que divide a rede hidrográfica do município em duas bacias, a do Rio Paraopeba e a do Rio das Velhas. Seu sítio localiza-se no contato entre o Quadrilátero Ferrífero e a bacia calcária do Bambuí.

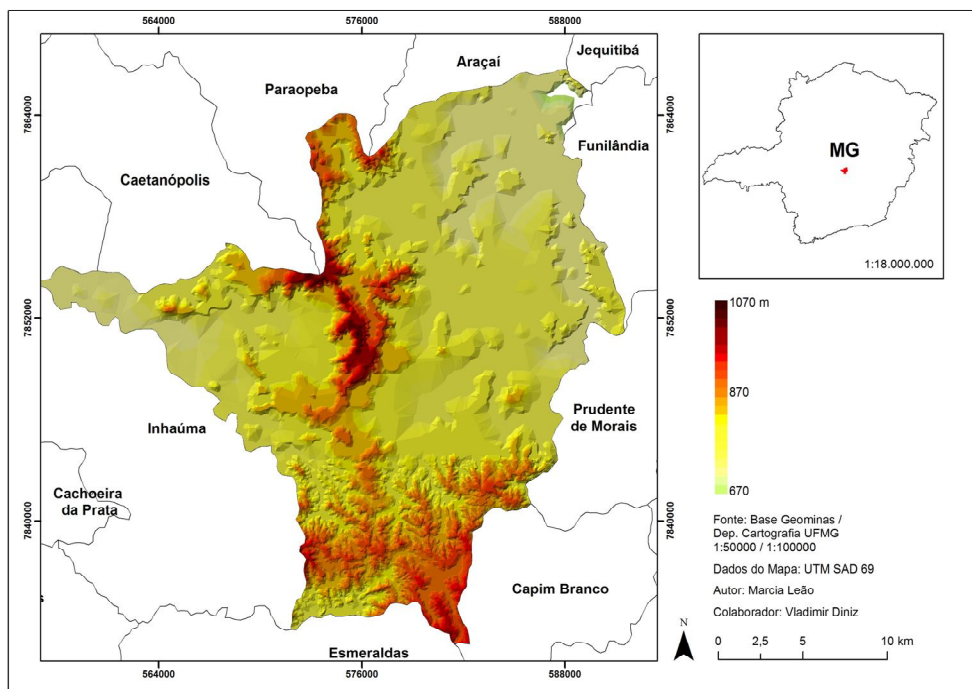
Com as inúmeras intervenções antrópicas, o cerrado, bioma típico da região, caracterizado por formações arbustivas/arbóreas e estrato herbáceo dominado por gramíneas, encontra-se distribuído de forma descontínua, devido a sua substituição por pastagens e/ou culturas. A Floresta Estacional Semidecidual¹⁵ inclui-se no domínio da Mata Atlântica e é encontrada na Área de Proteção Ambiental da Serra de Santa Helena (APA de Santa Helena).

A malha urbana de Sete Lagoas está localizada na porção central do município, em região de relevo pouco ondulado. Apesar de ter se expandido em todas as direções, dadas as características do relevo, predominantemente plano na região (MAPA 4), seu maior crescimento se fez no sentido NE-SW. A Serra de Santa Helena localizada na porção ocidental do município é um obstáculo natural à expansão da cidade na direção Oeste.



Mapa 3: Localização do município de Sete Lagoas, MG

¹⁵ A Floresta Estacional Semidecidual constitui vegetação típica do bioma Mata Atlântica e, está condicionada pela dupla estacionalidade climática, perdendo parte das folhas no período seco.



Mapa 4: Hipsometria do município de Sete Lagoas, MG

A observação das características vegetais e de relevo de uma dada localidade, bem como seu uso do solo, influenciam diretamente nas condições climáticas locais. O conhecimento destes efeitos permite identificar áreas que apresentam problemas de temperatura, umidade relativa do ar e circulação dos ventos. Nestas áreas o adensamento urbano e a verticalização devem ser evitados, primando pela preservação das áreas vegetadas já existentes e pela implantação de novas áreas verdes, que amenizarão os efeitos da urbanização na malha urbana.

3.1. Principais Fatores que Influenciam as Características Climáticas da Região Sudeste e de Sete Lagoas

Para entender os processos climatológicos de um local faz-se necessário conhecer os fatores estáticos e dinâmicos que influenciam estes processos. A posição latitudinal, a topografia e a vegetação atuam como fatores estáticos e os Anticiclones Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e Polar Atlântico (APA), sistemas frontais, linhas de instabilidade¹⁶ e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) como principais fatores dinâmicos.

A posição latitudinal influencia o balanço de energia, pois a “quantidade de radiação solar incidente sobre o topo da atmosfera depende de três fatores, principalmente do período do ano, do período do dia e da latitude.” (AYOADE, 2004). Na faixa intertropical, onde está inserido o município de Sete Lagoas, o sol alcança seu zênite duas vezes ao ano, no inverno e no verão, sendo o inverno o período que apresenta menor disponibilidade de energia. Dependendo da estação do ano, a duração do dia aumenta ou diminuiu com o aumento da latitude, e também influencia a quantidade total de radiação recebida por uma determinada localidade. As áreas próximas ao Equador receberão maior quantidade de energia durante todo o ano. Quanto maior a distância do Equador, a distribuição da radiação solar obedecerá à inclinação que o planeta sofre durante seu movimento de translação dando origem às quatro estações do ano. No verão do hemisfério Sul, este receberá mais energia que o Norte promovendo dias com maior duração e noites mais curtas. No inverno do hemisfério Sul a quantidade de energia recebida será menor que no hemisfério oposto, conseqüentemente os dias também serão menores e as noites mais longas.

Em escalas locais, a topografia elevada funciona como amenizadora da temperatura do ar, pois, em média, a cada 100m a temperatura cai 0,6°C (VIANELLO & ALVES, 1991). Em Sete Lagoas, a influência da altitude pode ser observada apenas em pontos isolados, por tratar-se de uma localidade onde a maioria das cotas altimétricas encontra-se à aproximadamente 700 metros.

¹⁶ As linhas de instabilidade são centros de baixa pressão, semi-estacionários observados durante a primavera e verão no território brasileiro, associado ao intenso aquecimento do continente sul-americano durante o final da primavera e verão (NIMER, 1979).

Para evapotranspirar¹⁷ a vegetação necessita de energia que ela retira da radiação solar incidente na superfície. Esta energia usada para transformar a água no seu estado líquido para o gasoso é chamada de calor latente. Ao contrário do calor sensível, o calor latente não está associado à mudança de temperatura e sim à mudança de estado físico. Assim, nas áreas vegetadas, presentes em poucos locais na malha urbana de Sete Lagoas, mais energia é perdida através da evaporação, proporcionando uma amenização das temperaturas, enquanto nas áreas impermeabilizadas a maior quantidade de energia é calor sensível que promove o aquecimento da atmosfera próxima à superfície.

Dentre os fatores dinâmicos que atuam na região e influenciam diretamente as características climáticas de Sete Lagoas, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) possui temperaturas e umidade elevadas devido à intensa radiação solar das latitudes tropicais e a evaporação marítima. Apesar de seu alto índice de umidade, em razão de uma constante subsidência superior e conseqüente inversão de temperatura, esta umidade restringe-se à camada superficial, proporcionando estabilidade atmosférica. Este sistema exerce influência nas condições de tempo em Sete Lagoas durante todo o ano e mais expressivamente no verão, quando há um maior aquecimento do continente, fato esse que fortalece o ASAS.

A atuação do Anticiclone Polar Atlântico (APA) se dá no inverno, quando o continente se encontra resfriado alimentando o sistema. Originado na banquisa da Antártida, o APA apresenta características de estabilidade devido ao seu ar frio e seco. Porém, em sua trajetória (SW para NE), ele absorve calor e umidade da superfície marítima. Ainda assim ele atinge latitudes médias e subtropicais com características de estabilidade atmosférica, provocando na região Sudeste e em Sete Lagoas queda de temperatura, contribuindo para um inverno ameno e seco.

A atuação de sistemas frontais, não só no Sudeste, mas em todo o Brasil, provoca precipitação e mudanças de temperatura. Esses sistemas, em especial as frentes frias, associados à Zona de Convergência do Atlântico Sul são responsáveis pelas precipitações de verão em Sete Lagoas.

As linhas de instabilidade também são responsáveis pelas chuvas de verão em Sete Lagoas. Estas células de baixa pressão têm sua origem ligada a

¹⁷ Evapotranspiração segundo Ayoade (2004) é a passagem da água de sua forma líquida para a forma gasosa, o vapor d'água, nas superfícies com vegetação. "A evapotranspiração é um processo combinado de evaporação e transpiração." (AYOADE, 2004)

disponibilidade de umidade na Amazônia que, em função do giro anticiclônico dos ventos sobre o Brasil e da Cordilheira dos Andes é transportada para as regiões Leste e Sudeste. Combinadas com a advecção de umidade e frentes frias estacionárias, estas linhas de instabilidade favorecem a formação de intensa convecção na região sudeste, contribuindo para altos totais pluviométricos na região (LUCAS & ABREU, 2004). A associação destes fenômenos origina a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ABREU¹⁸ apud LUCAS & ABREU, 2004). A atuação das linhas de instabilidade promove pela manhã céu claro, com pouca nebulosidade. O forte aquecimento solar aumenta gradativamente a nebulosidade, que no período noturno cobre a maior parte do céu sobre calmaria. Observa-se então, um aumento do calor sensível devido à calmaria, pela "... irradiação de calor liberado no processo de condensação e pelo aumento da umidade relativa." (NIMER, 1979). A precipitação resultante deste processo pode ser intensa ou não e é de curta duração.

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) atua em Sete Lagoas durante o verão, provocando precipitações devido a instabilidade gerada pelo aquecimento do continente neste período. Trata-se de uma intensa faixa de nebulosidade com orientação NW/SE que se estende desde o sul da Amazônia até o centro do Atlântico Sul. Seu deslocamento é acompanhado por sistemas frontais e sua atividade convectiva é de fundamental importância para o regime pluviométrico de verão na região Sudeste (CLIMANÁLISE, 1986). Os mecanismos que originam e mantêm a ZCAS não estão ainda totalmente definidos, porém, estudos observacionais e numéricos indicam que este sistema sofre influências tanto de fatores remotos quanto locais. As influências remotas, tal como a convecção na Zona de Convergência do Pacífico Sul (ZCPS), modulam o início, duração e localização da ZCAS, enquanto os fatores locais são determinantes para a ocorrência deste fenômeno, ou seja, sem eles o sistema provavelmente não existiria.

¹⁸ ABREU, M. L. de. *Climatologia da Estação Chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul*. Revista Geonomos, vol IV, número 2. Dez de 1998.

3.2. Caracterização Climática de Sete Lagoas

Localizada entre a parte meridional e central do Brasil, a região Sudeste, segundo Nimer (1979), apresenta grande diversificação climática com transição entre os climas quentes das latitudes baixas e os mesotérmicos das latitudes médias. Para o mesmo autor a característica mais importante do caráter transitório do clima da região Sudeste é a sua marcha estacional que determina uma estação chuvosa e outra seca.

Tendo por base a série histórica de dados da Estação Climatológica de Sete Lagoas localizada nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS – Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo), optou-se por analisar de forma estatisticamente simplificada as variáveis climáticas de interesse neste estudo, sendo elas temperatura e umidade relativa do ar e precipitação. O comportamento destas variáveis ao longo dos 35 anos observados (1970-2005), foi semelhante ao apresentado pelas Normais Climatológicas¹⁹ (1961-1990).

3.2.1. Temperatura do Ar

A variação da temperatura do ar está diretamente relacionada com a absorção da radiação solar pela superfície. O tipo de superfície, a cor, a latitude, o dia do ano e o horário analisado são alguns dos fatores responsáveis pelas variações térmicas de um determinado local. Por estar localizada na Zona Tropical, a área em estudo apresentou uma pequena variabilidade da temperatura média do ar, sendo os meses de janeiro, fevereiro e março os mais quentes com temperaturas máximas médias de 29,3°C; 29,9°C e 29,6°C respectivamente para os anos de 1970-2005 (GRAF. 1). Com comportamento semelhante, as Normais Climatológicas (1961-1990) têm em fevereiro a maior máxima média, 29,7°C (GRAF. 1). O primeiro trimestre anual é um período em que a incidência dos raios solares se dá em

¹⁹ Publicação do Departamento Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária que reúne as médias mensais e anuais de pressão atmosférica, temperatura do ar, nebulosidade e umidade relativa e, os totais mensais e anuais da precipitação, evaporação e insolação de 209 estações meteorológicas.

maiores ângulos e o tempo de radiação é mais longo (dias maiores que as noites). Os meses de junho, julho e agosto são os que apresentam as mais baixas temperaturas com média das mínimas de 12,2°C; 11,7°C e 13,1°C respectivamente para os anos de 1970-2005 (GRAF. 2). Ambas as séries de dados apresentam as menores mínimas médias em julho 11,1°C entre 1961-1990 e 11,7°C entre 1970-2005. O decréscimo dos valores absolutos tanto das máximas quanto das mínimas em junho deve-se a posição zenital do sol no Trópico de Câncer. Seus raios durante o solstício de inverno no Hemisfério Sul, incidem com o máximo de inclinação, formando, por conseguinte, menores ângulos em relação à superfície deste hemisfério, favorecendo um declínio das temperaturas. Portanto, as mínimas registradas durante o solstício de inverno em Sete Lagoas e na região Sudeste devem-se ao menor ângulo de incidência dos raios solares, redução do tempo de radiação (noites maiores que os dias) e da maior atuação dos sistemas frontais, especialmente as frentes frias.

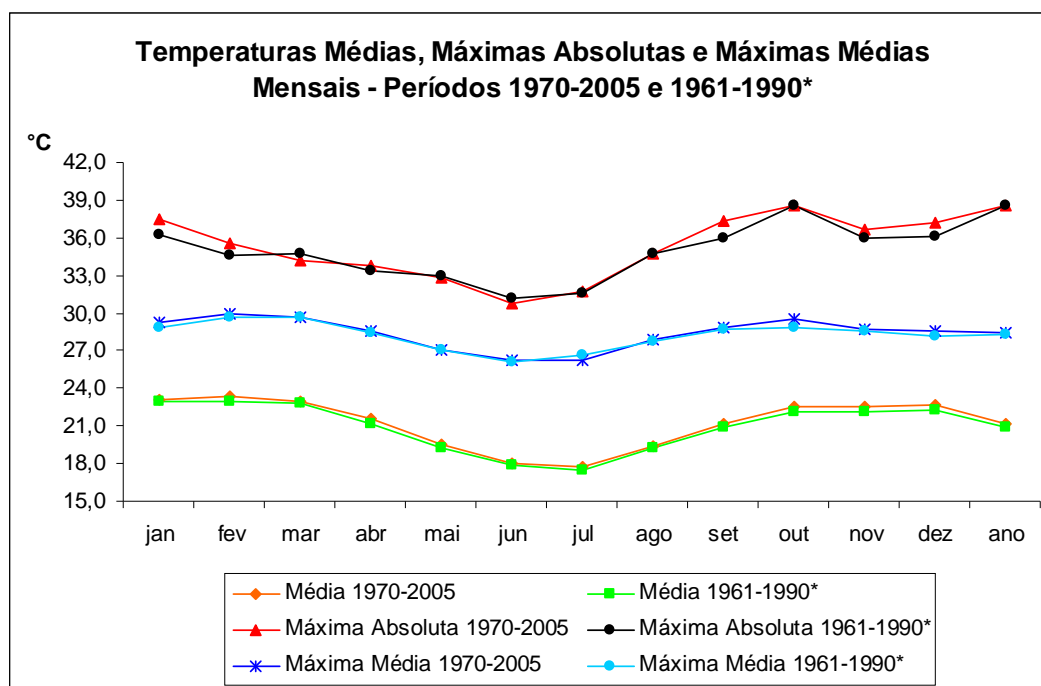


Gráfico 1 – Temperaturas Médias, Máximas Absolutas e Máximas Médias Mensais - Períodos 1970-2005 e 1961-1990*
 Fontes: Estação CNPMS (1970-2005) e Normais Climatológicas (1961-1990)
 * Normais Climatológicas

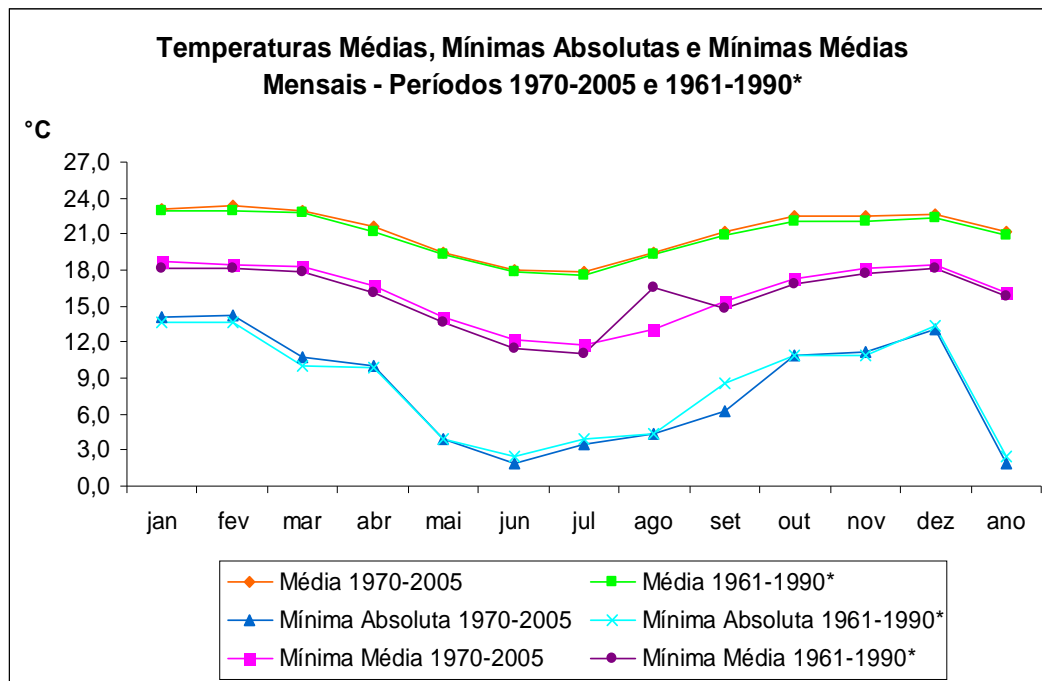


Gráfico 2 – Temperaturas Médias, Mínimas Absolutas e Mínimas Médias Mensais
 Fontes: Estação CNPMS (1970-2005) e Normais Climatológicas (1961-1990)

* Normais Climatológicas

3.2.2. Precipitação

Devido à pequena variabilidade anual da temperatura média do ar, as variações sazonais em climas tropicais, são geralmente classificadas em função da variabilidade anual das precipitações pluviométricas. Por esta razão os dados de chuva foram classificados em duas estações distintas: uma chuvosa, de outubro a março – e uma seca, de abril a setembro. O trimestre mais chuvoso no município ocorre nos meses de novembro, dezembro e janeiro em razão da atuação de linhas de instabilidade e sistemas frontais. Dezembro foi o mês que concentrou maior precipitação pluviométrica no período de 1970-2005, 287,8 mm. Já nos anos de 1961-1990 o mês mais chuvoso foi janeiro, 289 mm (GRAF. 3). O trimestre mais seco é junho, julho e agosto em ambos os períodos, com os respectivos totais acumulados 10,5; 13 e 12 mm para os anos de 1970 à 2005 e 10,3; 14,5 e 10,1 mm para o período entre 1961-1990. Tais valores mínimos de precipitação registrados nos meses citados acima, devem-se a ausência quase completa da atuação de linhas de instabilidade no inverno (GRAF. 4).

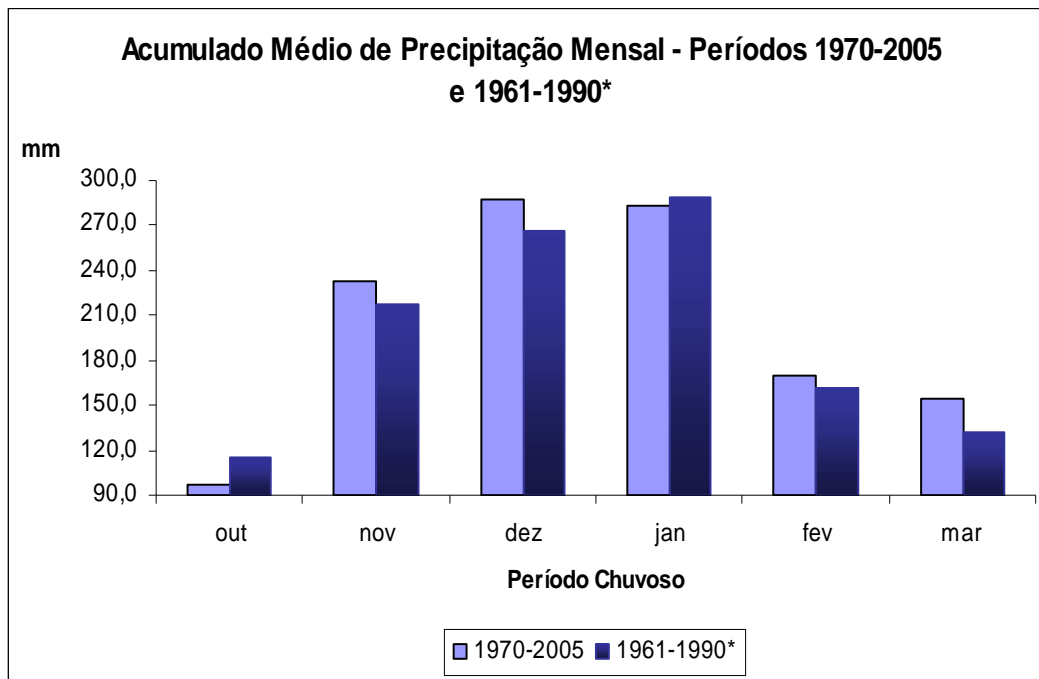


Gráfico 3 – Acumulado Médio de Precipitação Mensal – Período Chuvoso
Fontes: Estação CNPMS (1970-2005) e Normais Climatológicas (1961-1990)
* Normais Climatológicas

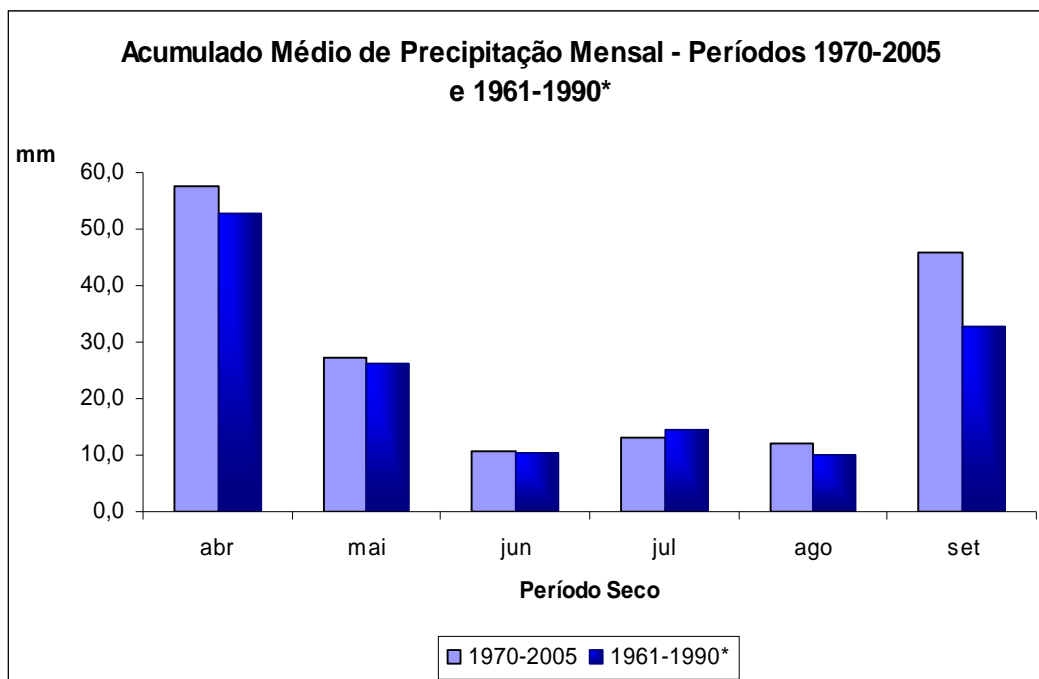


Gráfico 4 – Acumulado Médio de Precipitação Mensal – Período Seco
Fontes: Estação CNPMS (1970-2005) e Normais Climatológicas (1961-1990)
* Normais Climatológicas

3.2.3. Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar é inversamente proporcional à temperatura quando o volume de vapor d'água se mantém constante, pois sua variação se relaciona diretamente com o resfriamento e aquecimento do ar, processos estes que definem a capacidade de um dado volume atmosférico de conservar a umidade. Esta capacidade diminui com o decréscimo da temperatura, aproximando a parcela de ar do ponto de saturação²⁰ e conseqüentemente favorecendo o aumento da umidade relativa do ar²¹. No entanto, nas regiões tropicais onde a variação da temperatura do ar é pequena, as alterações na umidade relativa do ar se dão em razão da disponibilidade de vapor d'água. Sendo assim, nos meses mais frios, onde a disponibilidade de vapor na atmosfera é reduzida, temos menor umidade relativa do ar, com valores oscilando entre 64,2%; 57,9% e 59,1% no período de 1970-2005 e 66,2% 59,7% e 59,9% nos anos compreendidos entre 1961 e 1990, nos meses de julho, agosto e setembro respectivamente. O período entre os meses de dezembro a março, caracterizado pela maior concentração de vapor d'água na atmosfera devido aos maiores ângulos de incidência dos raios solares e do tempo de radiação ser mais longo, apresentou maior percentual de umidade relativa do ar nos dois conjuntos de dados analisados, com os respectivos valores de 76,4%; 75,2%; 72,7% e 74% nos anos de 1970 a 2005 e 76,9%, 76,8%, 74,8% e 75,2% nos anos entre 1961 – 1990 (GRAF. 5).

²⁰ O ar atmosférico é uma mistura de ar seco e vapor de água. Para uma dada condição de temperatura e pressão esta mistura tem capacidade de conter uma quantidade máxima de vapor d'água (ar saturado).

²¹ “É a razão entre o conteúdo real de umidade de uma amostra de ar e a quantidade de umidade que o mesmo volume de ar pode conservar na mesma temperatura e pressão quando saturado” (AYOADE, 2004).

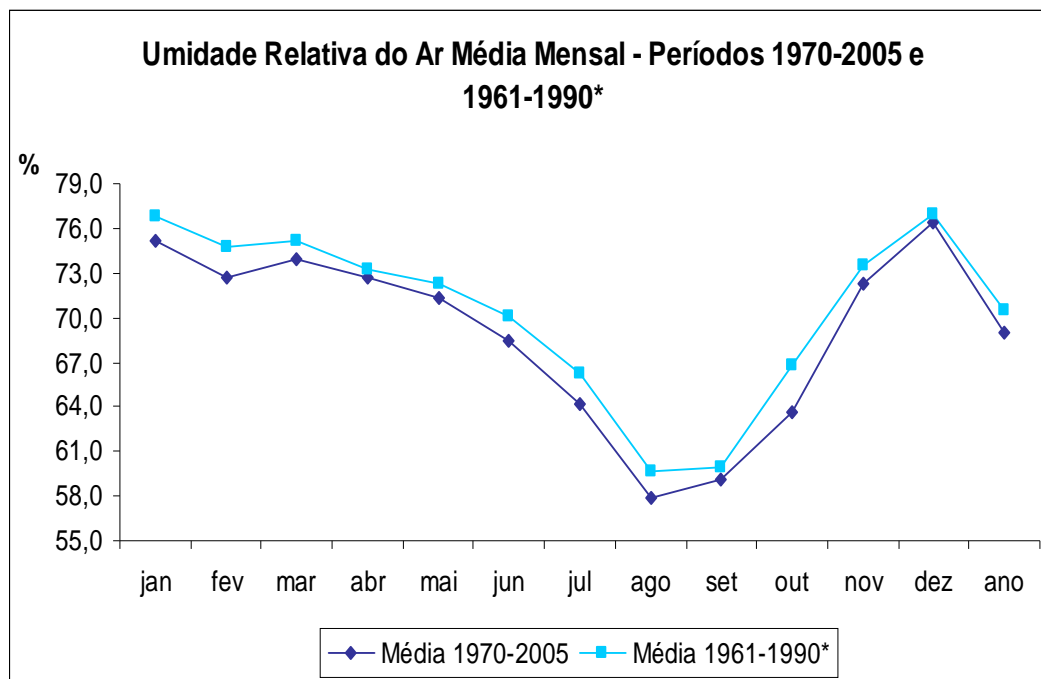


Gráfico 5 – Umidade Relativa do Ar Média

Fontes: Estação CNPMS (1970-2005) e Normais Climatológicas (1961-1990)

* Normais Climatológicas

3.3. Análise Estatística por Períodos da Série Histórica de Dados Climáticos (1970-2005)

3.3.1. Temperatura do Ar

Pequenos aumentos nas temperaturas médias mensais foram observados, quando comparados o primeiro e o último período em análise, 1970-1979 e 2000-2005 respectivamente. Tais acréscimos variaram de 0,2°C em fevereiro até 0,9°C em abril. Em outubro este acréscimo foi de 1,5°C. Nos meses de agosto a janeiro, excetuando-se setembro, houve um aumento da temperatura média do ar quando observado o último período de análise (2000-2005) em relação aos demais períodos. Entre os meses de fevereiro a julho não existe uma tendência de elevação da temperatura média, ocorrendo uma alternância dos maiores valores registrados entre os períodos analisados (GRAF. 6).

De setembro a janeiro houve uma queda nas temperaturas máximas absolutas quando comparados os períodos de 1990-1999 e 2000-2005. As diferenças variaram de 0,7°C em outubro a 2,5°C em novembro. As oscilações das máximas absolutas entre os períodos analisados indicaram a ausência de uma tendência entre os meses de fevereiro a agosto (GRAF. 7). As temperaturas mínimas absolutas apresentaram acréscimos variando entre 1,3° em outubro e 4,7°C em junho quando comparados o primeiro e o último período, 1970-1979 e 2000-2005 respectivamente. Esta variação pode estar relacionada tanto às alterações globais na temperatura, como também ao adensamento da malha urbana que altera as características do sítio natural e conseqüentemente o balanço de energia local. Nos meses de abril, julho e setembro, as temperaturas mínimas absolutas foram maiores entre os anos de 1970-1979 quando comparadas aos anos de 2000-2005. Ao confrontar todos os períodos não constatou-se uma tendência de aumento da temperatura mínima absoluta (GRAF. 8).

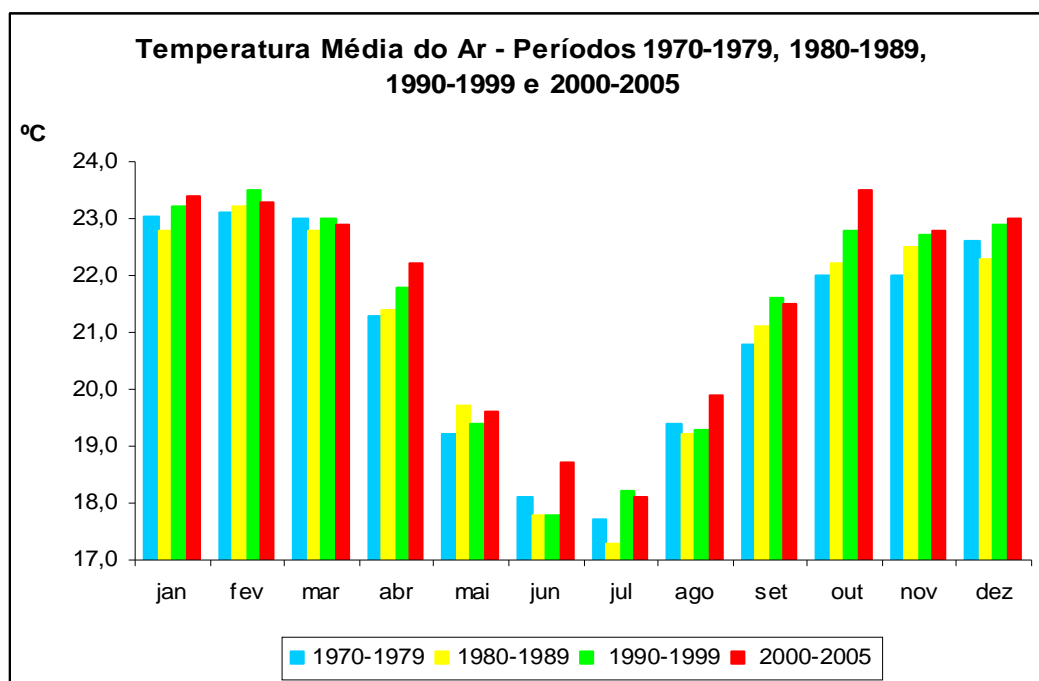


Gráfico 6 – Temperatura Média do Ar do Município de Sete Lagoas
Fonte: Estação CNPMS (1970-2005)

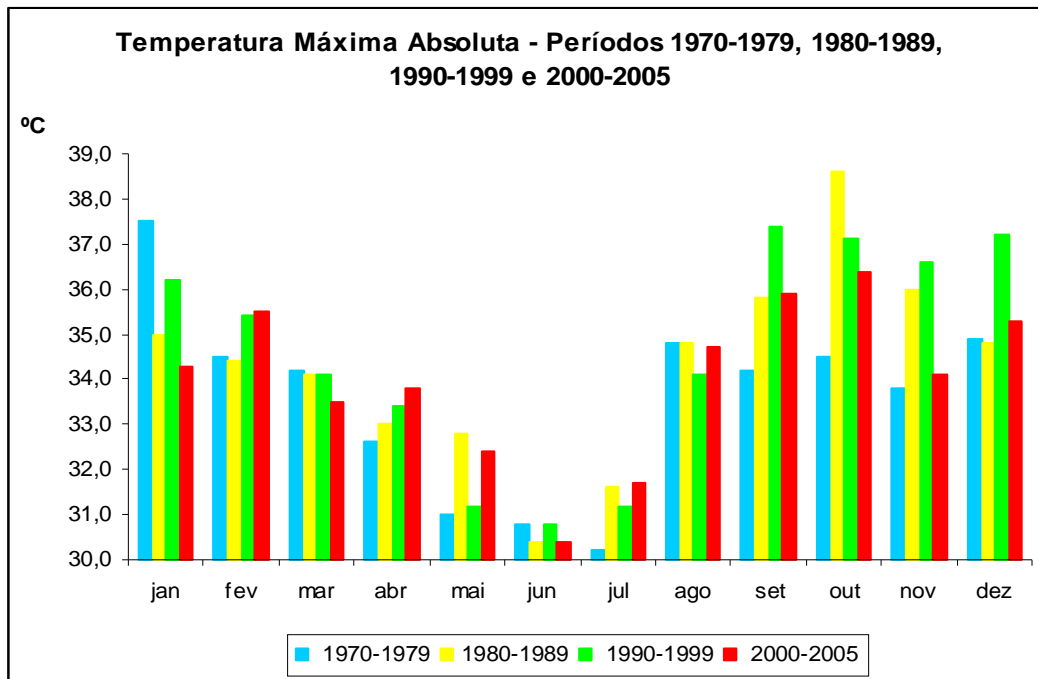


Gráfico 7 – Temperatura Máxima Absoluta do Município de Sete Lagoas
Fonte: Estação CNPMS (1970-2005)

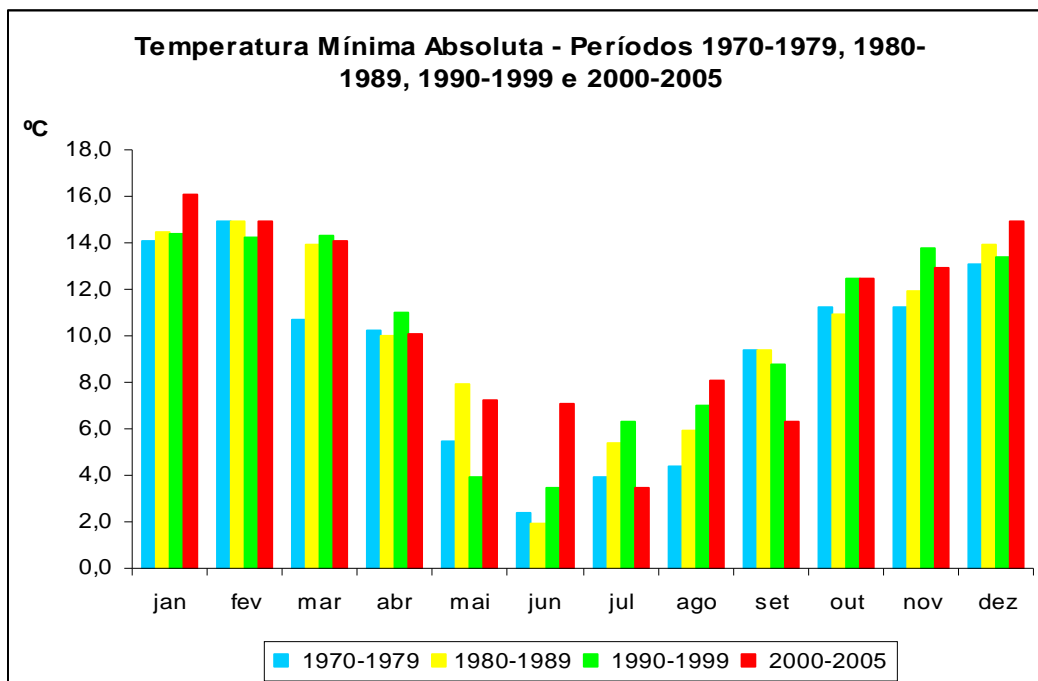


Gráfico 8 – Temperatura Mínima Absoluta do Município de Sete Lagoas
Fonte: Estação CNPMS (1970-2005)

3.3.2. Precipitação

O período chuvoso, compreendido entre os meses de outubro a março, devido à alternância de aumentos e diminuições observada entre os períodos, não apresentou tendência de aumento ou decréscimo dos valores dos acumulados. Quando comparados todos os períodos, os meses de outubro e dezembro destacaram-se. Outubro apresentou uma diferença positiva significativa no período de 1970-1979 em relação aos demais períodos analisados. Já em dezembro esta diferença positiva significativa apresentou-se no período de 2000-2005 (GRAF. 9). Nos meses de abril a setembro, período seco, os aumentos e decréscimos dos acumulados de precipitação se deram alternadamente entre os períodos, não sendo, portanto, verificada uma tendência de aumento ou diminuição dos acumulados. Ao contrário do período chuvoso houve uma proximidade dos acumulados mensais de precipitação, não evidenciando diferença significativa entre os períodos (GRAF. 10).

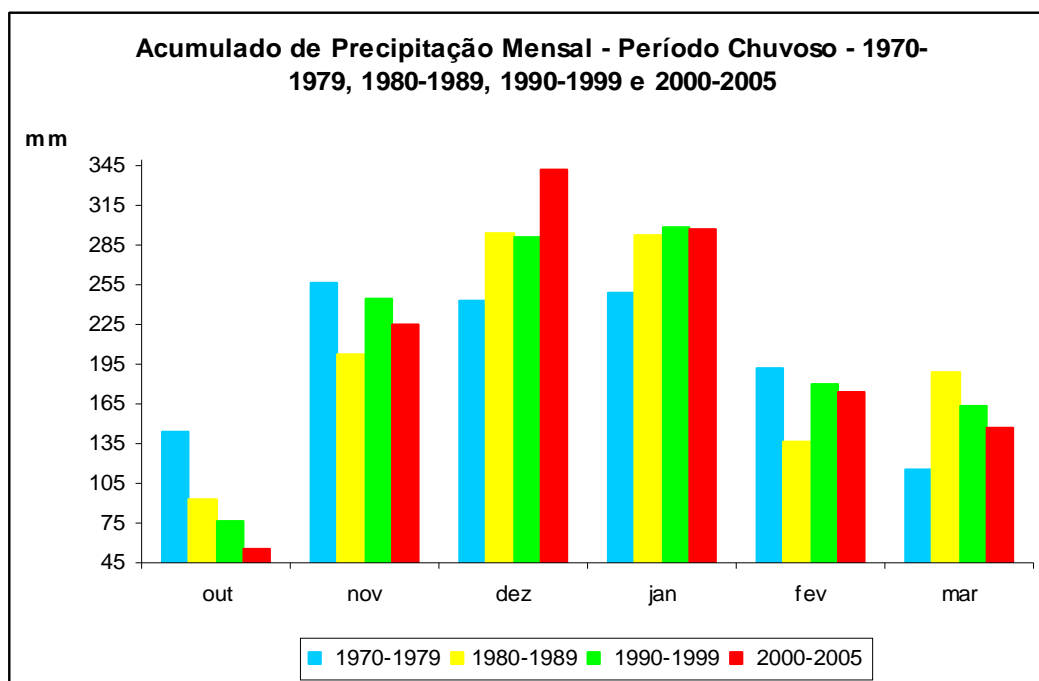


Gráfico 9 – Acumulado de Precipitação Mensal – Período Chuvoso – do Município de Sete Lagoas

Fonte: Estação CNPMS (1970-2005)

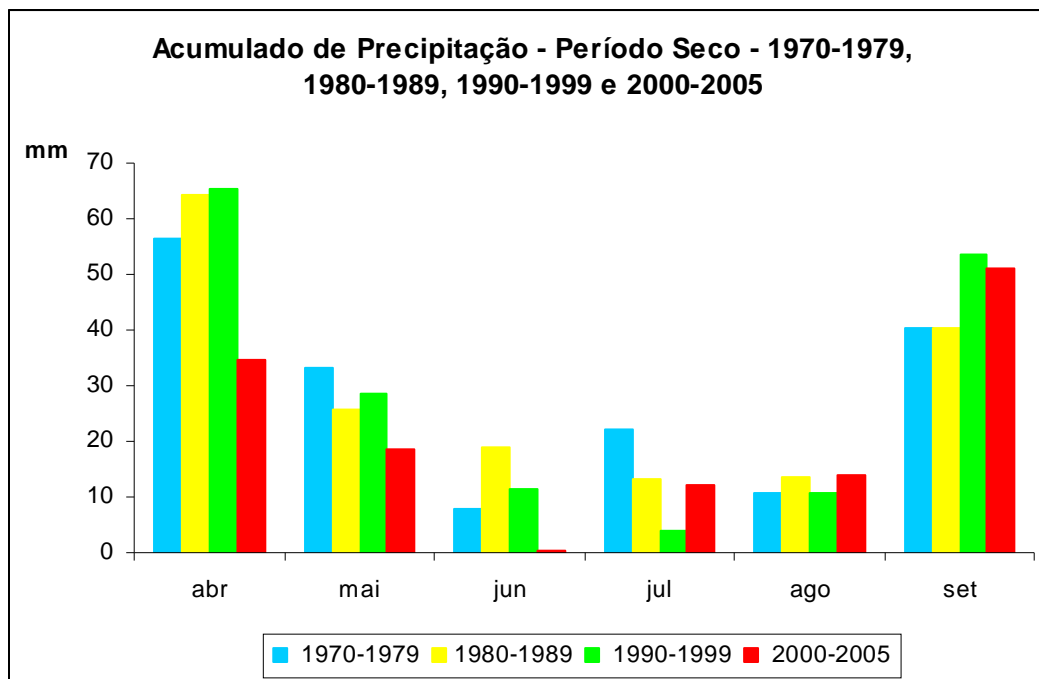


Gráfico 10 – Acumulado de Precipitação Mensal – Período Seco – do Município de Sete Lagoas

Fonte: Estação CNPMS (1970-2005)

3.3.3. Umidade Relativa do Ar

Ao longo dos quatro intervalos analisados, constatou-se que os índices vêm decrescendo continuamente a partir de 1980 exceto nos meses de janeiro e setembro. Em janeiro tal decréscimo pôde ser observado quando confrontados os períodos de 1980-1989 e 1990-1999. Entre os anos de 1990-1999 e 2000-2005 os valores foram idênticos. No mês de setembro houve redução nos três primeiros períodos. A comparação entre os períodos sugere que a partir da década de 80 a umidade relativa diminui para todos os meses do ano (GRAF. 11). Como nas áreas tropicais a variação da umidade relativa se dá em razão da disponibilidade de vapor d'água na atmosfera, o decréscimo desses índices pode estar relacionado a intensificação da urbanização. Nos processos indiscriminados de impermeabilização do solo e retirada da cobertura vegetal, característicos de uma urbanização sem planejamento adequado, reduz-se as taxas de evaporação e conseqüentemente os índices de umidade relativa.

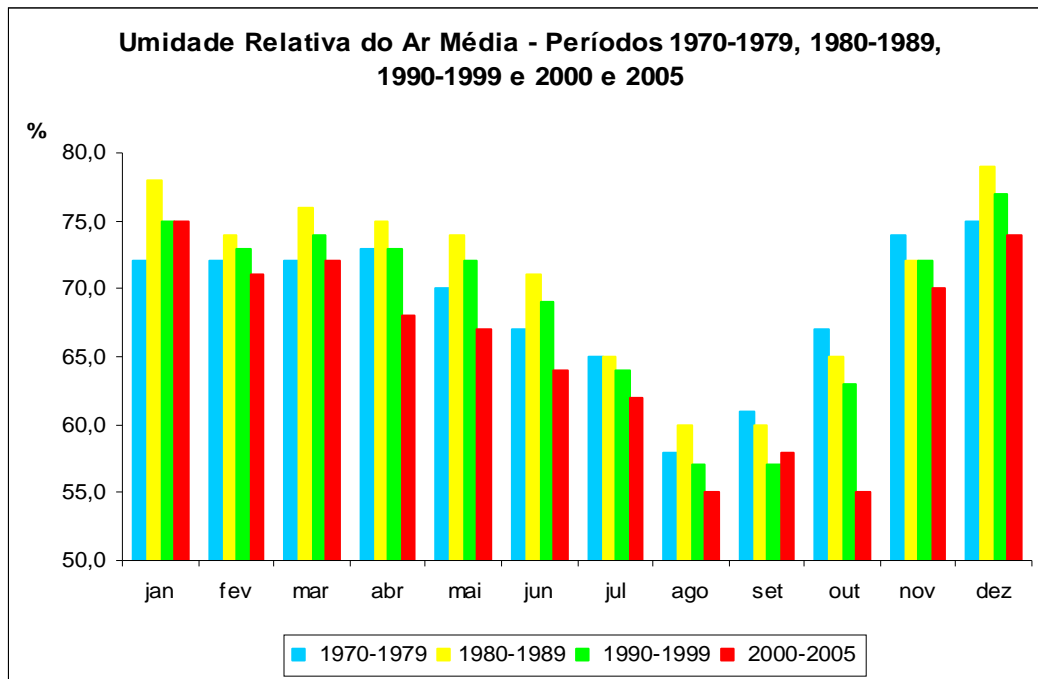


Gráfico 11 – Umidade Relativa do Ar Média do Município de Sete Lagoas
 Fonte: Estação CNPMS (1970-2005)

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Primeiro Experimento de Campo – 06 a 12 de Agosto de 2007

4.1.1. Análise Rítmica do Período entre 06 e 12 de Agosto

Toda a análise realizada baseou-se na observação da dinâmica das variáveis climáticas temperaturas média, máxima e mínima, umidade relativa do ar, ventos e nebulosidade. Através da seqüência contínua buscou-se avaliar a interação destas variáveis climáticas com os demais elementos do meio geográfico.

4.1.1.1. Temperatura do Ar

No período analisado, as maiores temperaturas médias ocorreram na Cia. Cedro Cachoeira (P7) e na Praça da Rodoviária (P5) – 24,1°C e 23,4°C respectivamente – ambos no dia 08. Quando comparados à Embrapa (P11), referencial de área verde, as maiores diferenças entre as temperaturas médias foram de 3,8°C no ponto 7 e 3,1°C no ponto 5, ambas ocorridas no dia 08 (GRAF. 12a).

Tais pontos são caracterizados por impermeabilização elevada e escassez de vegetação, características que favorecem o acúmulo de energia solar, elevando assim as temperaturas e conseqüentemente o valor das médias.

Os menores registros no dia 08 se deram nos pontos 6 (25º Batalhão de Polícia Militar – 25º BPM), 8 (Casa Máxima) e 11 (Embrapa), 21,2°C, 20,8°C e 20,3°C respectivamente (GRAF. 12a). No ponto 11, referencial de área verde do experimento, encontra-se instalada a Estação Climatológica de Sete Lagoas, onde a interferência antrópica é quase nula, favorecendo o registro de temperaturas menores quando comparadas aos pontos localizados dentro da malha urbana. A presença expressiva de vegetação e de corpos d'água contribuem para a

amenização das temperaturas locais, justificando a observação dos menores valores térmicos neste ponto durante todo o experimento. Apesar de figurar entre os pontos de frescor dentro da malha urbana, o ponto 6, quando comparado ao ponto 8, apresenta uma diferença positiva de $0,4^{\circ}\text{C}$ em sua temperatura média. A topografia neste ponto condiciona o local a uma maior intensidade de radiação solar, uma vez que as camadas atmosféricas a serem transpostas pela radiação de ondas curtas são menores, acelerando a chegada desta radiação à superfície, gerando maior aquecimento. Por outro lado, devido a existência de vegetação e de um curso d'água, o ponto 8 insere-se entre aqueles que registram menores médias térmicas, firmando-se como um dos locais de frescor dentro da malha urbana.

Quando comparados ao ponto 11 (Embrapa), os pontos 6 (25º BPM) e 8 (CasaMáxima) destacaram-se entre os demais com menores registros das temperaturas médias. No ponto 6 tal fato atribui-se à topografia, pois a cada 100m de elevação na troposfera ocorre uma queda teórica de $0,6^{\circ}\text{C}$ na temperatura e no ponto 8, à presença significativa de vegetação e à existência de um curso d'água. Tais características diminuem os ganhos térmicos. As menores médias registradas ao longo do experimento nos pontos 6 e 8, foram $19,3^{\circ}\text{C}$ e $19,6^{\circ}\text{C}$ respectivamente, no dia 10 de agosto. É importante ressaltar que somente nos dias 07 e 10 o ponto 6 (25º BPM) apresentou temperaturas médias menores que o ponto 8 (CasaMáxima). Estas médias maiores no ponto 6, devem-se ao maior aquecimento do referido ponto no período vespertino quando comparado ao ponto 8, justificadas pela maior intensidade da radiação solar no ponto 6 devido a sua topografia elevada.

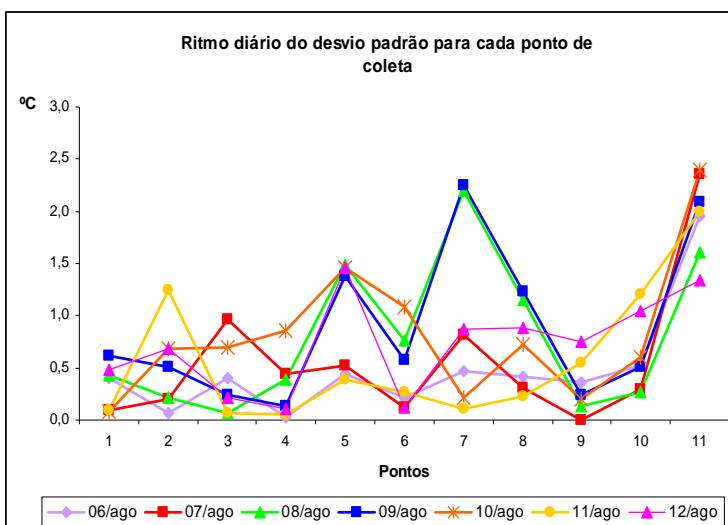
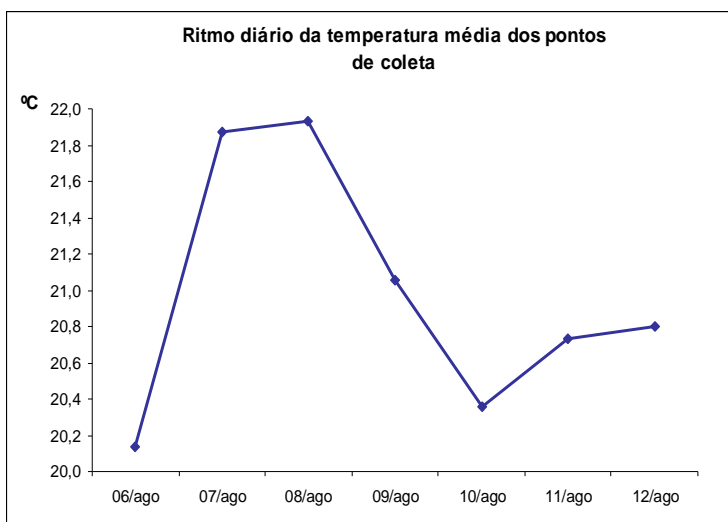
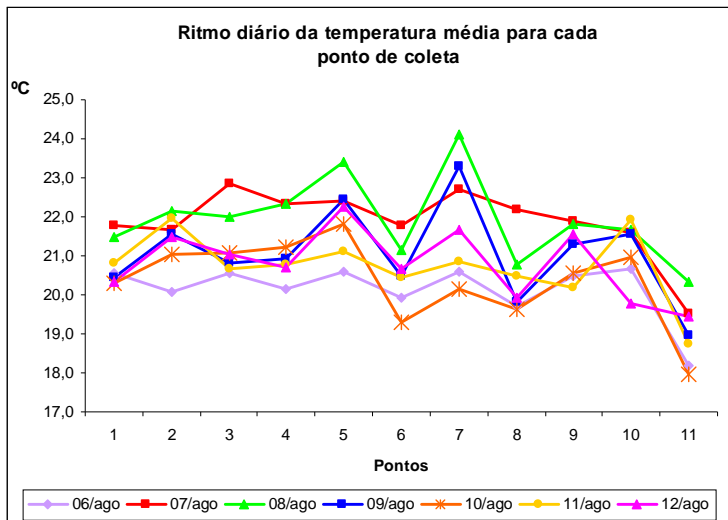
A partir do dia 09 observou-se uma queda nas temperaturas médias (GRAF. 12b). Com exceção do SESI (P10), os demais pontos, quando comparados aos dados do dia 08, apresentaram esta queda das médias de temperatura a partir do dia 09 (GRAF. 12a).

No dia 11 as temperaturas médias tornaram a aumentar relativamente em relação ao dia 10 nos pontos 1 (Restaurante Popular), 2 (Praça Dom Carmelo Mota), 6 (25º BPM), 7 (Cedro Cachoeira), 8 (CasaMáxima), 10 (SESI) e 11 (Embrapa). Os maiores registros de temperatura média do ar ocorreram nos pontos 2 e 10 (22°C) e ($21,9^{\circ}\text{C}$) respectivamente (GRAF. 12a). A localização do ponto 10 em uma área onde a densidade urbana é elevada e a presença de vegetação é quase inexistente, promove um aquecimento da atmosfera local. Apesar de possuir um corpo d'água

em suas proximidades, no ponto 2, tal fator não atuou significativamente na amenização das temperaturas do ar.

O menor registro de temperatura média no dia 11 ocorreu no ponto 11 (Embrapa). Com exceção dos pontos 2 (Praça Dom Carmelo Mota), 5 (Praça da Rodoviária) e 10 (SESI), todos os demais locais dentro da malha urbana apresentaram uma pequena variação (variação máxima de 0,6°C entre os pontos 1 – Restaurante Popular e 9 – Escola Técnica) de temperatura média entre eles. No entanto, a diferença entre as médias observadas nos pontos 6 e 8 em relação ao ponto 11, foi maior no dia 11 (1,8°C) quando comparada a diferença das médias nestes mesmos pontos no dia 08. Em uma situação atípica, o ponto 9 apresentou no dia 11, temperatura média 0,3°C mais baixa que os pontos 6 e 8. Tal situação configura uma anomalia, uma vez que o ponto 9 figurou entre os locais de conforto térmico somente nesta data (GRAF. 12a).

A análise do desvio padrão das temperaturas médias, indica que as maiores variações entre os pontos ocorreram nos dias 08 e 09 na Praça da Rodoviária (P5), na Cia. Cedro Cachoeira (P7) e na Embrapa (P11). Os pontos 5 e 7, apresentam um maior ganho de energia durante o dia, favorecido pela urbanização, e um resfriamento noturno mais acelerado, observado na queda da temperatura às 21 horas. Sendo assim, a variação térmica ao longo do dia nestes pontos é maior e, conseqüentemente os desvios padrões também. A Embrapa (P11), por estar sempre menos aquecida que os pontos localizados na malha urbana, apresentou desvios padrões elevados ao longo de todo experimento (GRAF. 12c). Estas variações foram causadas pelo aumento no dia 08 e pela queda no dia 09 das temperaturas médias.



Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 8: CasaMáxima Ind. e Com. Ltda
 Ponto 9: Escola Técnica
 Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

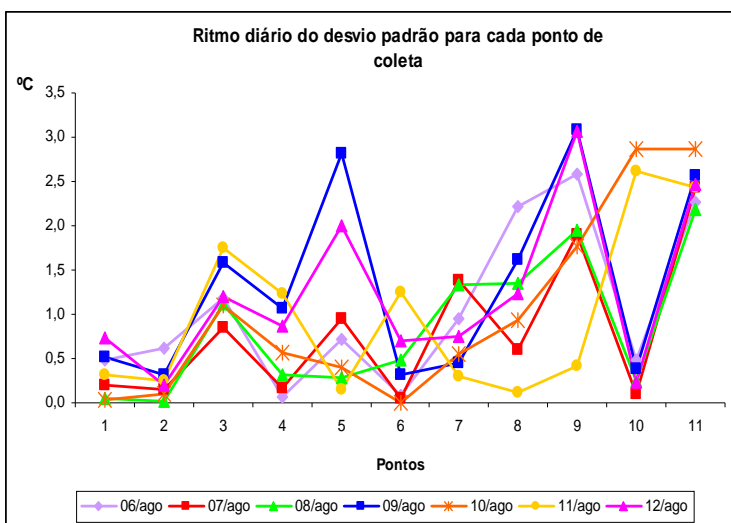
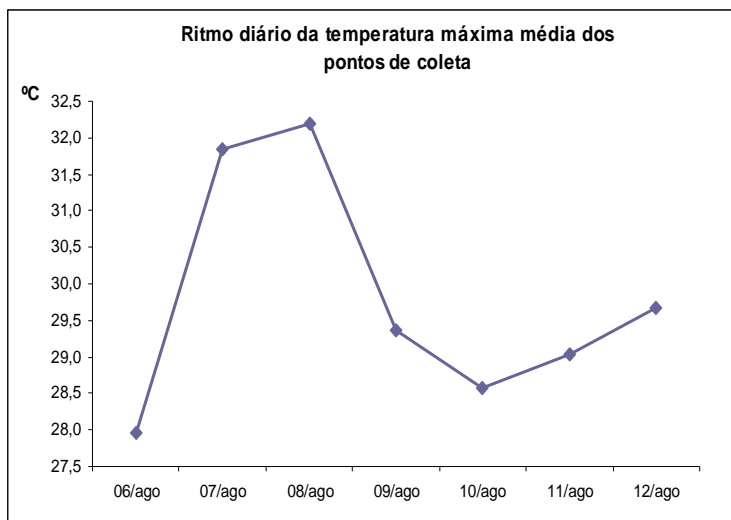
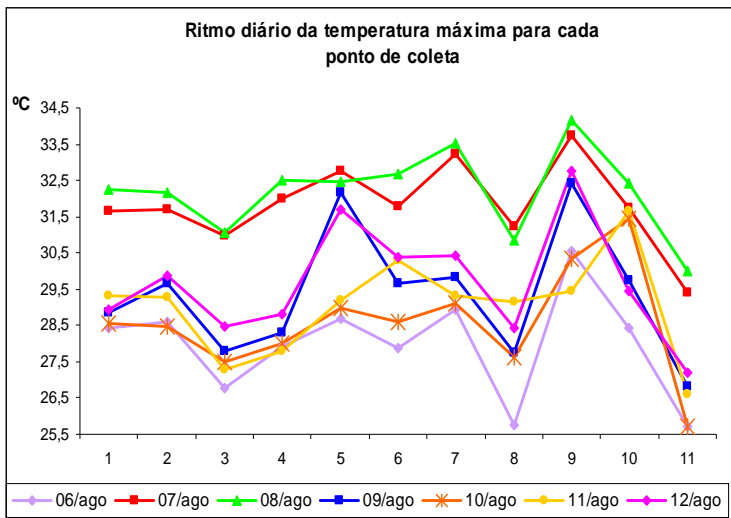
GRÁFICO 12: Ritmo Diário da Temperatura Média – 06 a 12 de Agosto de 2007: a) Temperatura Média para cada Ponto de Coleta, b) Temperatura Média dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta

Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

A análise das temperaturas máximas (GRAF. 13a) mostrou que os maiores registros foram observados nos pontos 5 (Praça da Rodoviária), 7 (CIA. Cedro Cachoeira) e 9 (Escola Técnica), valores diretamente relacionados com o uso e ocupação local. Os valores mais expressivos destas máximas foram observados nos dias 07 e 08. As diferenças entre as máximas registradas nos dias 06 e 08 foi de 3,8°C no ponto 5, de 4,6°C no ponto 7 e de 3,6°C no ponto 9. Já os pontos com menores máximas são a Praça Alexandre Lanza (P3), a CasaMáxima (P8) e a Embrapa (P11). Apesar de se localizar no centro do município de Sete Lagoas, no ponto 3 o abrigo meteorológico sofreu o sombreamento de uma árvore, fato este que certamente favoreceu uma queda no registro das temperaturas. Na CasaMáxima e na Embrapa, o frescor térmico deve-se às condições de uso e ocupação local.

Nos dias 09 e 10 as temperaturas máximas médias apresentaram uma queda de 3,6°C, quando comparadas a máxima média do dia 08 e a do dia 10. Um novo aumento destas máximas médias ocorreu nos dias 11 e 12 de agosto (GRAF. 13b).

Quanto ao desvio padrão da temperatura máxima, os maiores valores ocorreram nos pontos 3 (Praça Alexandre Lanza), 9 (Escola Técnica) e 11 (Embrapa). O sombreamento do abrigo meteorológico no ponto 3 favoreceu um menor aquecimento do ponto e conseqüentemente um maior distanciamento dos valores registrados nos demais pontos observados. Justificativa contrária cabe ao ponto 9, pois nele, os maiores valores de desvio padrão, devem-se às temperaturas máximas elevadas registradas durante todo o experimento. No ponto 11, máximas mais baixas ao longo de todo o experimento justificam o desvio padrão elevado. Nos dias 9 e 12 foi registrado o maior desvio padrão da temperatura máxima do experimento (3,1°C), ambos no ponto 9 (GRAF. 13c). As máximas médias menores no dia 09 e o aumento das mesmas no dia 12 justificam o desvio padrão elevado (GRAF. 13b).



Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 8: Casa Máxima Ind. e Com. Ltda
 Ponto 9: Escola Técnica
 Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

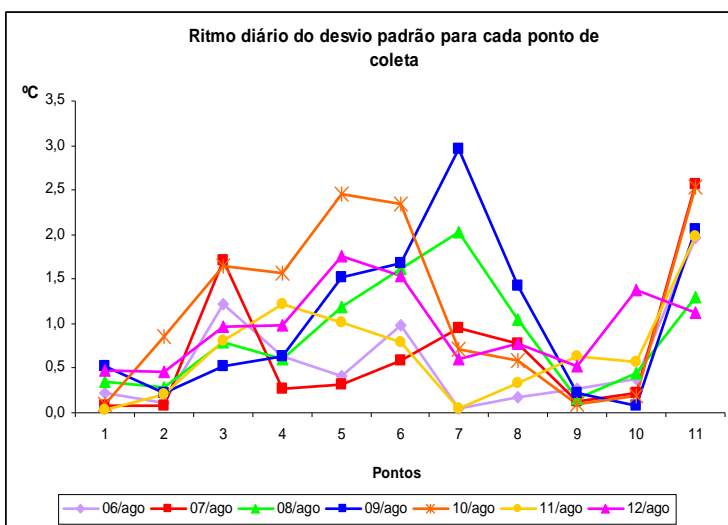
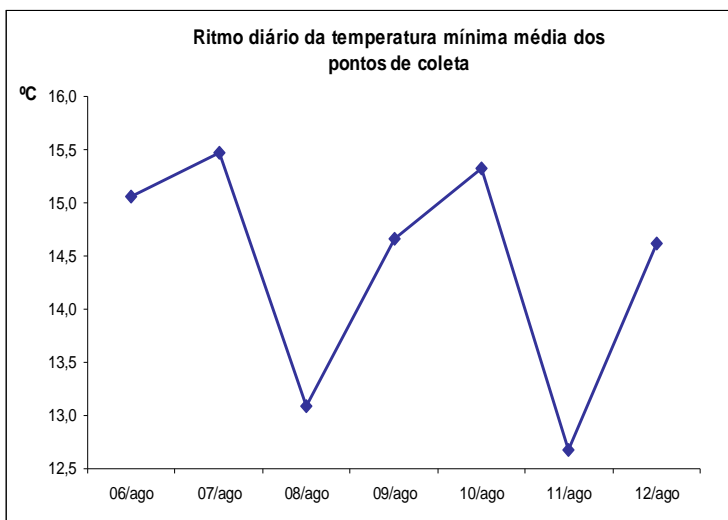
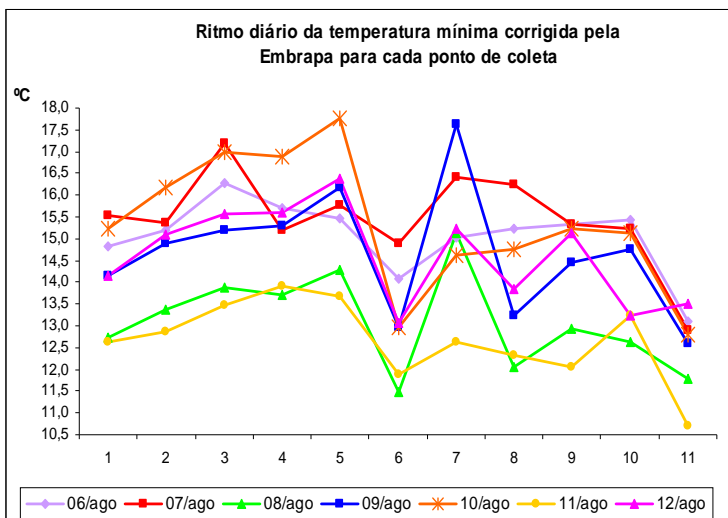
GRÁFICO 13: Ritmo Diário da Temperatura Máxima – 06 a 12 de Agosto de 2007: a) Temperatura Máxima Média para cada Ponto de Coleta, b) Temperatura Máxima dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

Na análise das temperaturas mínimas observou-se que os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza) e 5 (Praça da Rodoviária) apresentaram ao longo do experimento temperaturas mínimas elevadas (GRAF. 14a). Na Praça Alexandre Lanza, a árvore que sombreou o abrigo durante o dia amenizando as temperaturas, à noite funcionou como uma barreira para a energia liberada pela superfície. As altas mínimas constatadas no ponto 5, têm relação direta com a densidade da urbanização (edificações muito próximas umas das outras) que dificultam a saída de energia durante o período noturno e, também, com o trânsito constante de veículos automotores em suas proximidades que, ao liberarem calor para a atmosfera, promovem um maior aquecimento local. A maior temperatura mínima ($17,8^{\circ}\text{C}$) ocorreu no ponto 5 no dia 10, seguida pelo registro do dia 09 no ponto 7 ($17,6^{\circ}\text{C}$).

Os pontos 6 (25° BPM) e 11 (Embrapa) apresentaram as menores temperaturas mínimas ao longo de todo o experimento, caracterizando-se como áreas de elevado resfriamento noturno. A menor mínima ($10,7^{\circ}\text{C}$) foi observada no dia 11 no ponto 11 (GRAF. 14a).

As temperaturas mínimas médias apresentaram queda de $2,4^{\circ}\text{C}$ no dia 08 quando comparadas ao dia 7 e de $2,6^{\circ}\text{C}$ no dia 11 quando comparadas ao dia 10 (GRAF. 14b).

Quanto aos desvios padrões das temperaturas mínimas, o ponto 11 (Embrapa) apresentou valores elevados durante todo o experimento em virtude da maior perda de energia no período noturno. O ponto 7 (Cia. Cedro Cachoeira) se destacou no dia 09 com o maior valor de desvio padrão da temperatura mínima ($3,0^{\circ}\text{C}$), fato este justificado pela maior mínima registrada por este ponto no dia 9 (GRAF. 14c).



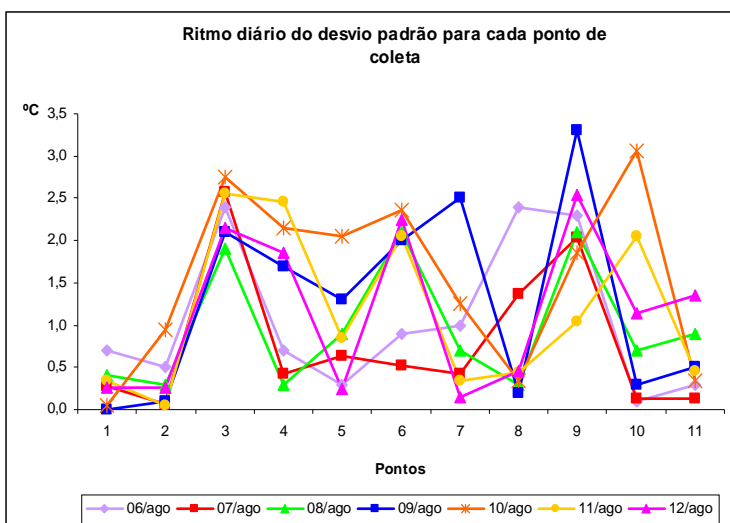
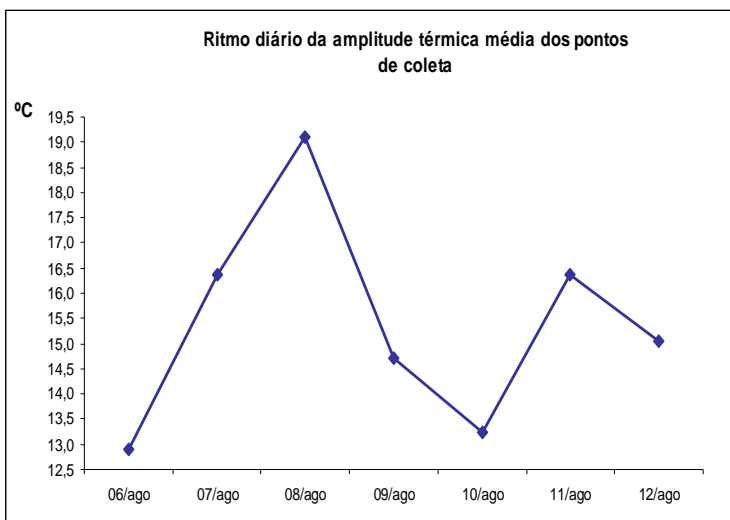
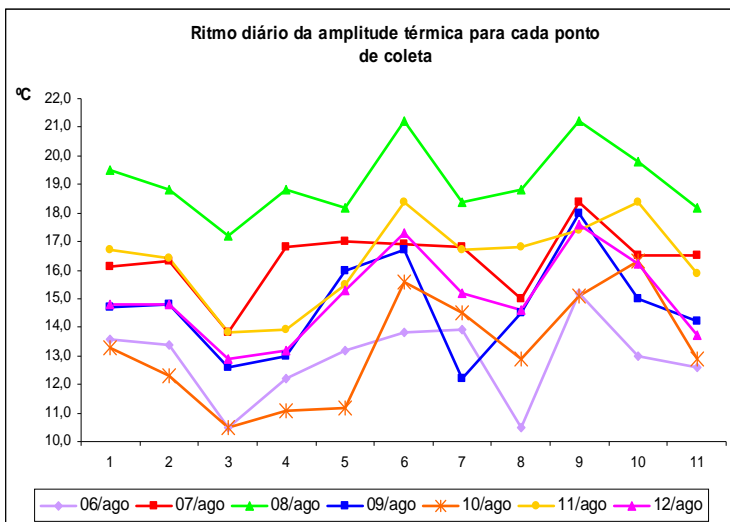
Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 8: CasaMáxima Ind. e Com. Ltda
 Ponto 9: Escola Técnica
 Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 14: Ritmo Diário da Temperatura Mínima – 06 a 12 de Agosto de 2007: a) Temperatura Mínima para cada Ponto de Coleta, b) Temperatura Mínima Média dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

Na análise da amplitude térmica (GRAF. 15a) a Escola Técnica (P9) se destacou entre os demais pontos com valores elevados durante todo o experimento. Temperaturas máximas elevadas, indicando um maior aquecimento durante o período vespertino, e mínimas baixas, evidenciando um maior resfriamento noturno, justificam este comportamento. No ponto 3 (Praça Alexandre Lanza), a presença da árvore que sombreou o abrigo meteorológico, amenizando o aquecimento diurno e acarretando mínimas altas em razão da retenção da energia pela copa desta árvore, resultou em menores amplitudes térmicas quando comparadas aos demais pontos localizados na malha urbana.

A queda das temperaturas mínimas nos dias 08 e 11 de agosto provocou um aumento das amplitudes térmicas médias nestes dias (GRAF. 15b). Destacaram-se os pontos 6 (25º BPM) e 9 (Escola Técnica), ambos com uma amplitude térmica de 21,2°C no dia 08 de agosto (GRAF. 15a).

Os desvios padrões da amplitude térmica nos pontos 3 (Praça Alexandre Lanza) e 9 (Escola Técnica) foram mais elevados. No ponto 3, este maior desvio padrão se deve a menor diferença entre as temperaturas mínimas e as máximas registradas quando comparadas aos demais locais de coleta de dados. No ponto 9, a urbanização promove um maior aquecimento diurno e um rápido resfriamento noturno e, em consequência, uma amplitude térmica elevada que se distancia mais das médias de amplitude térmica dos demais pontos (GRAF. 15c).



Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 8: CasaMássima Ind. e Com. Ltda
 Ponto 9: Escola Técnica
 Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 15: Ritmo Diário da Amplitude Térmica – 06 a 12 de Agosto de 2007: a) Amplitude Térmica para cada Ponto de Coleta, b) Amplitude Térmica Média dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

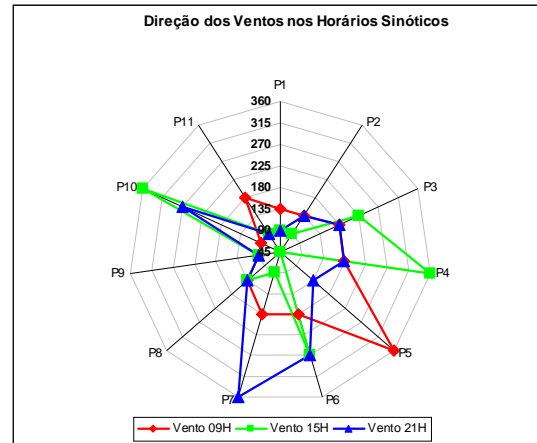
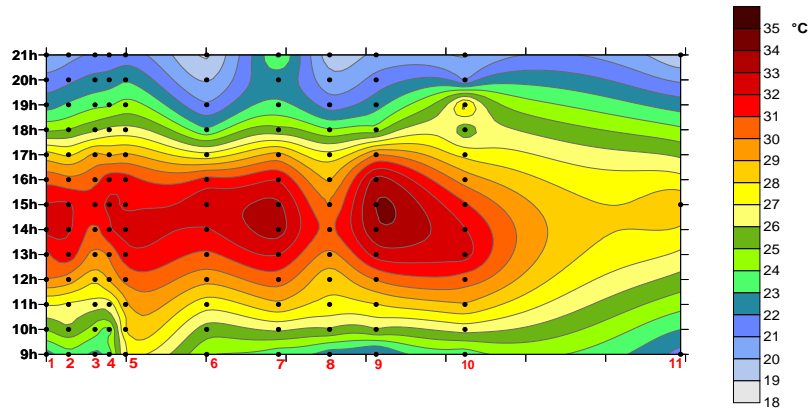
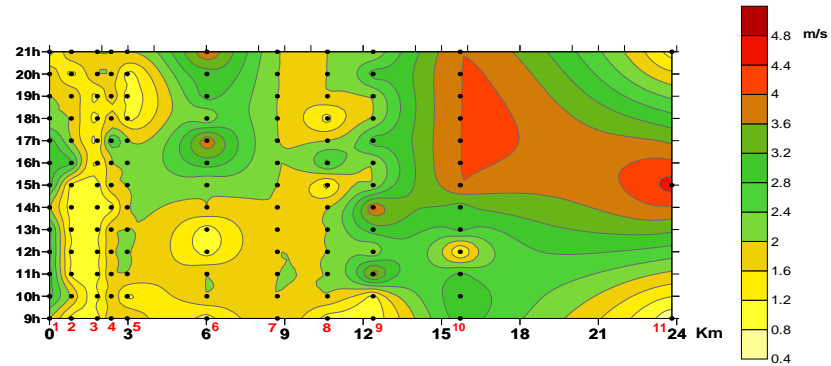
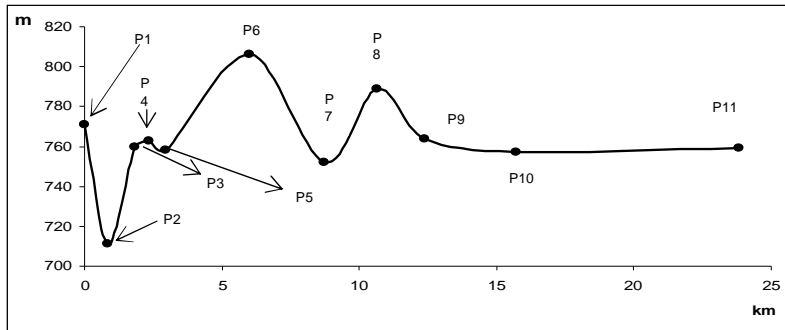
A análise horária das temperaturas mostrou que no período de 09h às 12h os pontos 5 (Praça da Rodoviária), 7 (Cia. Cedro Cachoeira) e 10 (SESI), apresentaram os maiores registros de temperatura durante todo o experimento em razão da ausência de arborização e do índice de impermeabilização elevado. Sugeriu-se que a limitação da circulação de ar devido as edificações existentes no P7, contribuíram para um maior aquecimento da atmosfera local. Dos dias 6 a 12 de agosto, a maior temperatura registrada (30,4°C) ocorreu nos pontos 5 e 10, ambas no dia 8 (PRANCHA 3). No ponto 7, o maior registro (31,0°C) se deu no dia 7.

Os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza) e 4 (Praça Francisco Sales) apresentaram no período matutino as menores temperaturas em virtude do sombreamento do abrigo meteorológico. No ponto 3 uma árvore promove este sombreamento e no ponto 4, as poucas construções verticalizadas existentes, não permitiram a incidência de radiação solar no abrigo durante a parte da manhã. No ponto 4 destaca-se também a presença de um corpo d'água em seu entorno favorecendo um maior frescor térmico. Os menores registros 19,6°C (P4) e 21,2°C (P3) ocorreram nos dias 7 e 9 de agosto respectivamente.

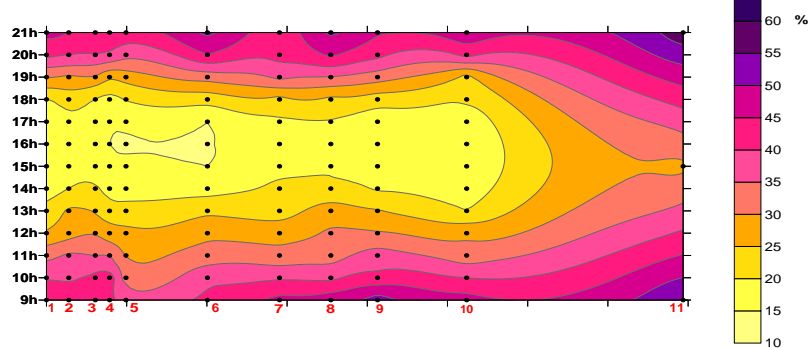
Nos horários entre 13 e 17 horas os pontos 5 (Praça da Rodoviária), 7 (Cia. Cedro Cachoeira) e 9 (Escola Técnica) destacaram-se por possuir as maiores temperaturas. Os três pontos acima apresentaram maiores ganhos térmicos no período vespertino em razão da intensa impermeabilização do solo e cobertura vegetal reduzida. Excetuando-se o dia 11, as maiores temperaturas observadas durante todo o experimento ocorreram no ponto 9, sendo a mais elevada (34,1°C) no dia 8.

Os menores registros de temperatura no período vespertino foram observados nos pontos 3 (Praça Alexandre Lanza) e 8 (CasaMáxima). Este frescor térmico justifica-se pelo sombreamento do abrigo meteorológico no ponto 3 e no ponto 8, pela pequena impermeabilização do solo, presença de vegetação e a existência de um curso d'água em suas proximidades. Sugere-se também que o ponto 8, devido ao maior espaçamento entre suas edificações, tenha uma melhor circulação do ar promovendo um "resfriamento" da atmosfera local. Nos dias 8 e 11 foi observado o menor registro de temperatura, 23,8°C, no ponto 8. No ponto 3 tal registro ocorreu no dia 11 (25,8°C).

08 de Agosto



Gráus	Direção
0° ou 360°	N
45°	NE
90°	E
135°	SE
180°	S
225°	SW
270°	W
315°	NW



PRANCHA 3: Variação Temporal dos Parâmetros Meteorológicos – 08 de Agosto de 2007

Dados: Estação Climatológica de Sete Lagoas – Embrapa Milho e Sorgo e Experimentos de Campo

Obs: No dia 08 de agosto a nebulosidade média em todos os pontos foi igual a zero, por isso não foi aqui representada.

- Ponto 1: Restaurante Popular
- Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
- Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
- Ponto 4: Praça Francisco Sales
- Ponto 5: Praça da Rodoviária
- Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
- Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
- Ponto 8: CasaMáxima Ind. e Com. Ltda
- Ponto 9: Escola Técnica
- Ponto 10: SESI Nova Cidade
- Ponto 11: Estação Climatológica – Embrapa

A partir das 18h, quando começam os processos de resfriamento noturno devido a ausência de radiação solar, evidenciam-se as trocas térmicas entre as edificações, ocasionando a redução da perda de energia revelando a configuração da ilha de calor sobre a malha urbana. Os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza), 4 (Praça Francisco Sales), 5 (Praça da Rodoviária) e 7 (Cia. Cedro Cachoeira) destacaram-se com os maiores registros de temperatura durante a noite. Os valores máximos em cada ponto foram 27,2°C (dia 7) no ponto 3, 26,3°C (dia 8) no ponto 4, 26,4°C (dia 8) no ponto 5 e 26,2°C (dia 7) no ponto 7. Tais locais apresentam intensa urbanização e reduzida cobertura vegetal, fatores estes que retardam a perda de energia à noite. A limitação da circulação de ar no P7, sugerida anteriormente, possivelmente contribui para a retenção de energia no período noturno. No ponto 3, esta retenção é intensificada pela árvore que funciona como uma barreira à liberação de energia para a atmosfera.

Os pontos 6 (25º BPM) e 8 (Casa Máxima) apresentaram ao longo de todo o experimento maior resfriamento noturno. No ponto 6 tal constatação vem comprovar o efeito da topografia na amenização das temperaturas do ar. A geometria das construções, predominantemente horizontais e mais espaçadas entre si, favoreceram o frescor térmico no ponto 8.

Embora tenha havido a ocorrência de estabilidade atmosférica e baixa cobertura de nuvens (excetuando-se o período vespertino no dia 11), condições estas favoráveis a configuração da ilha de calor, não observaram-se diferenças de grande magnitude quando comparados a Embrapa (referencial de área verde) e os outros dez pontos monitorados, localizados na malha urbana. No entanto, as variações térmicas entre a Embrapa (P11) e os demais pontos, apresentaram valores elevados iguais ou superiores a 5°C. Destacaram-se os valores observados às 15 horas na Escola Técnica (P9), 5,5°C no dia 6, 5,0°C no dia 7, 5,3°C no dia 8, 6,3°C no dia 9 e 6,1°C no dia 12, e no SESI (P10), 6,6°C no dia 10. A maior variação térmica registrada ao longo do experimento (7,0°C), ocorreu no ponto 2 (Praça Dom Carmelo Mota), dia 11 às 9 horas.

A configuração da ilha de calor urbano e sua intensidade é evidenciada, notadamente, no período noturno, devido a liberação da energia solar armazenada durante o dia se dar após o por do sol. Desta forma às 21h, quando comparados à Embrapa (P11), referencial de área verde entre os pontos, as maiores variações térmicas foram observadas nos pontos 3, 4, 5 e 7 (TAB. 4).

TABELA 4

Maiores Variações Térmicas Comparadas com o Ponto 11 (Embrapa) - Sete Lagoas
– 06 a 12 de Agosto de 2007

Dias	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 7
6	3,2°C	2,6°C	2,4°C	1,9°C
7	4,3°C	11,1°C*	2,9°C	3,5°C
8	2,1°C	1,9°C	2,5°C	5,2°C
9	2,6°C	2,7°C	3,6°C	5,6°C
10	4,2°C	4,1°C	5,0°C	1,8°C
11	2,8°C	3,2°C	3,0°C	1,9°C
12	2,1°C	2,1°C	2,9°C	1,7°C

Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

*Falha de leitura ou no equipamento

Confrontando os dados de temperatura coletados nos pontos dentro da malha urbana observou-se que os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza) e 8 (CasaMáxima), apresentaram as menores temperaturas máximas urbanas. No ponto 8, tal fato pode ser atribuído à presença de cobertura vegetal, um curso d'água em suas proximidades e possivelmente ao maior espaçamento entre as construções e, no ponto 3, ao sombreamento do abrigo meteorológico. Quando comparados os onze pontos observados, a Embrapa (P11) registrou as menores máximas, em razão de suas características de uso do solo. Os pontos 5 (Praça da Rodoviária), 7 (Cia. Cedro Cachoeira) e 9 (Escola Técnica) apresentaram ao longo de todo o experimento máximas elevadas devido a intensa impermeabilização do solo e ausência de cobertura vegetal (TAB. 5).

Os pontos 3 e 5 apresentaram temperaturas mínimas elevadas no decorrer de todo o experimento, indicando retenção de energia à noite (TAB. 6). No ponto 5 sugere-se que o tráfego ininterrupto de automóveis possa estar contribuindo na adição de calor na atmosfera local, pois trata-se de um ponto intensamente urbanizado horizontalmente que, em tese, não deveria reter energia no período noturno. No ponto 3, também intensamente urbanizado, a energia liberada para a superfície durante a noite, é retida pela copa de árvore, favorecendo um resfriamento mais lento deste local. Temperaturas mínimas baixas foram observadas nos pontos 6 (25º BPM) e 11 (Embrapa). Em ambos os pontos, a pequena fração de superfície construída favorece a rápida liberação de energia no período noturno.

TABELA 5

Temperaturas Máximas – Sete Lagoas - 06 a 12 de Agosto de 2007

PONTO	06/ago	07/ago	08/ago	09/ago	10/ago	11/ago	12/ago
1	28,4	31,6	32,2	28,8	28,5	29,3	28,9
2	28,6	31,7	32,2	29,7	28,5	29,3	29,9
3	26,8	31,0	31,1	27,8	27,5	27,3	28,5
4	27,9	32,0	32,5	28,3	28,0	27,8	28,8
5	28,7	32,8	32,5	32,2	29,0	29,2	31,7
6	27,9	31,8	32,7	29,7	28,6	30,3	30,4
7	28,9	33,2	33,5	29,8	29,1	29,3	30,4
8	25,7	31,2	30,8	27,7	27,6	29,1	28,4
9	30,5	33,7	34,1	32,4	30,3	29,4	32,7
10	28,4	31,7	32,4	29,7	31,4	31,6	29,4
11	25,7	29,4	30,0	26,8	25,7	26,6	27,2

Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

TABELA 6

Temperaturas Mínimas – Sete Lagoas – 06 a 12 de Agosto de 2007

PONTO	06/ago	07/ago	08/ago	09/ago	10/ago	11/ago	12/ago
1	14,8	15,5	12,7	14,1	15,2	12,6	14,1
2	15,2	15,4	13,4	14,9	16,2	12,9	15,1
3	16,3	17,2	13,9	15,2	17,0	13,5	15,6
4	15,7	15,2	13,7	15,3	16,9	13,9	15,6
5	15,5	15,8	14,3	16,2	17,8	13,7	16,4
6	14,1	14,9	11,5	13,0	13,0	11,9	13,1
7	15,0	16,4	15,1	17,6	14,6	12,6	15,2
8	15,2	16,2	12,0	13,2	14,7	12,3	13,8
9	15,3	15,3	12,9	14,4	15,2	12,0	15,1
10	15,4	15,2	12,6	14,7	15,1	13,2	13,2
11	13,1	12,9	11,8	12,6	12,8	10,7	13,5

Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

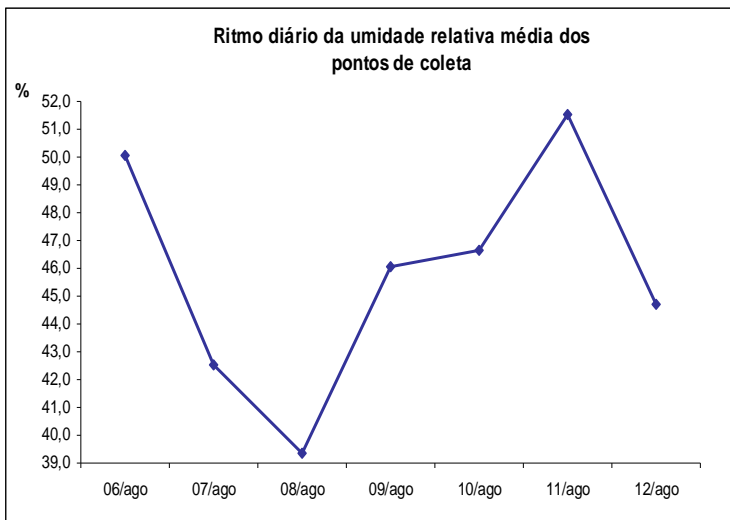
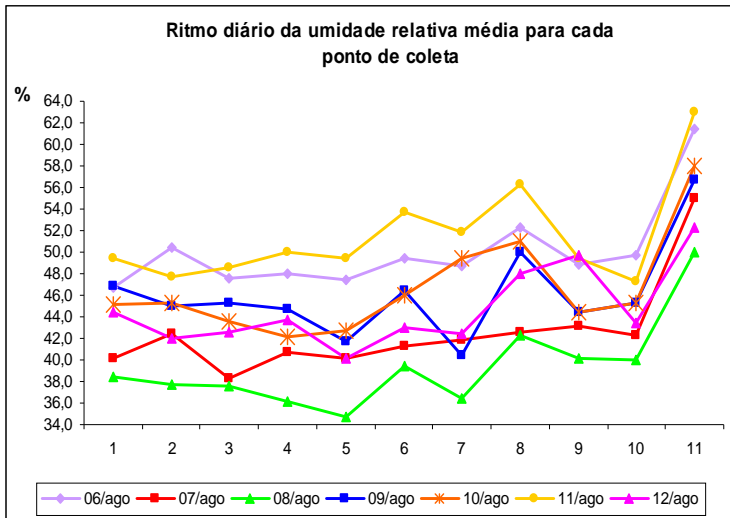
4.1.1.2. Umidade Relativa do Ar

Os pontos 8 (CasaMáxima) e 11 (Embrapa) destacaram-se entre os demais com médias elevadas de umidade relativa do ar durante todo o experimento (GRAF. 16a). Apesar de estar localizado dentro de uma área onde se concentram indústrias siderúrgicas, sugere-se que no ponto 8, a proximidade de um curso d'água favoreceu este índice considerável de umidade relativa média do ar. O expressivo grau de concentração vegetal e também a presença de corpos d'água em seu entorno, dão à Embrapa, referencial de área verde do experimento, os maiores índices de umidade relativa média observados.

O ponto 5 (Praça da Rodoviária), ao longo de todo experimento, apresentou índices baixos de umidade relativa média do ar, em razão da pouca área verde e de ruas impermeabilizadas. O curso d'água (Córrego do Diogo) que corre em frente à Rodoviária não disponibiliza potencialmente vapor d'água para a atmosfera local, pois parte dele encontra-se canalizado.

Nos dias 07, 08 e 12, a umidade relativa média do ar sofreu decréscimos (GRAF. 16b). Por ser diretamente influenciada pela temperatura e também pelas características locais, o aumento da temperatura média observado nestes dias (GRAF. 12b) contribuiu para o decréscimo na umidade relativa média. A capacidade do ar de reter a umidade em forma de vapor aumenta com o aumento da temperatura, ou seja, o ar demora mais a se saturar de vapor d'água caso sejam mantidas constantes a quantidade de vapor e a pressão do ar. Nos dias 09 e 10, a diminuição dos valores de temperatura média do ar registrados (GRAF. 12b), contribuiu para o aumento da umidade relativa média (GRAF. 16b). Mesmo com o aumento de temperatura média do ar no dia 11, fato este que deveria favorecer uma queda nos índices de umidade relativa do ar, um aumento nos registros médios foi verificado neste dia (GRAF. 16b).

Por se tratar de uma área muito vegetada e com vários corpos d'água em seu entorno, o ponto 11 (Embrapa) distanciou-se de maneira significativa dos valores médios de umidade relativa do ar, apresentando portanto, os maiores desvios padrões durante todo o experimento. Os pontos 5 (Praça da Rodoviária) e 8 (Casa Máxima) destacaram-se em 06 dos 07 dias de experimento com altos valores de desvios padrões (GRAF. 16c). O primeiro, em virtude da pouca vegetação e alto grau de impermeabilização e o segundo, pela presença de vegetação em seu entorno, e também de um curso d'água em suas proximidades, fatores estes que favoreceram um maior distanciamento da média observada entre os pontos analisados.



- Ponto 1: Restaurante Popular
- Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
- Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
- Ponto 4: Praça Francisco Sales
- Ponto 5: Praça da Rodoviária
- Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
- Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
- Ponto 8: CasaMássima Ind. e Com. Ltda
- Ponto 9: Escola Técnica
- Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
- Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

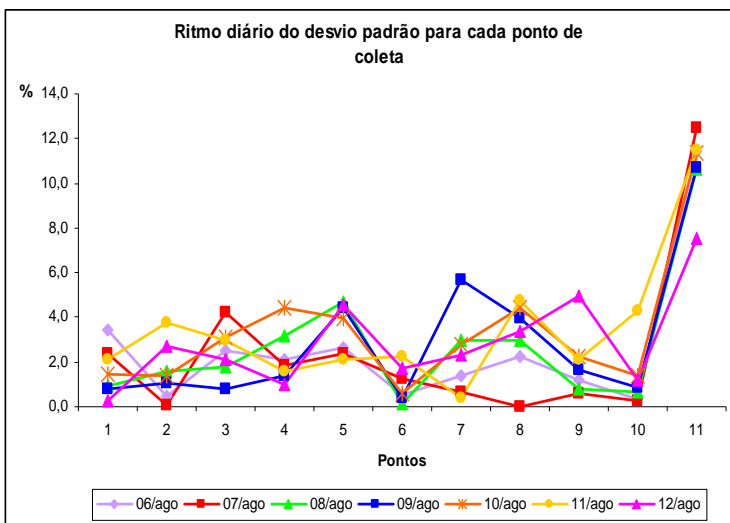


GRÁFICO 16: Ritmo Diário da Umidade Relativa do Ar – 06 a 12 de Agosto de 2007: a) Umidade Relativa Média para cada Ponto de Coleta, b) Umidade Relativa Média dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

A análise horária da umidade relativa do ar mostrou que os maiores índices foram registrados no período noturno, entre 18h e 21h, em 5 dos 7 dias de experimento. Nos dois dias restantes, 07 e 08, a maior umidade relativa se deu no período matutino. Os pontos 6 (25º BPM), 8 (CasaMáxima) e 11 (Embrapa) apresentaram os maiores percentuais, destacando-se os registros do dia 11 nos pontos 6 e 8 (66%) e no ponto 11 (76%). Além da presença expressiva de vegetação, os pontos 8 e 11 possuem corpos d'água em seu entorno, o que favorece uma maior disponibilização de vapor d'água na atmosfera local. Destacou-se com o menor índice de umidade relativa do ar (14%) o ponto 5 (Praça da Rodoviária), seguido pelos pontos 1 (Restaurante Popular), 4 (Praça Francisco Sales) e 6 (25º BPM) que por sua vez, apresentaram registros de 15% de umidade relativa do ar, entre 15h e 17h do dia 08. É importante ressaltar que tais índices são considerados prejudiciais a saúde humana²². Quando comparados à Embrapa (P11), no dia 08, a diferença positiva às 15h é de 14% em relação aos pontos 1, 4 e 6.

4.1.1.3. Ventos

Os efeitos da urbanização foram claramente identificados pelas mudanças bruscas nas direções dos ventos durante a execução das leituras. Durante seis dos sete dias de experimento houve uma predominância dos ventos do quadrante Leste nos horários padrão. No dia 07, os ventos de Oeste predominaram (GRAF. 17).

A velocidade média dos ventos oscilou entre 1m/s e 4,1m/s durante os sete dias de experimento. A maior variação da velocidade dos ventos em relação aos demais elementos climáticos observados, se deve à influência da rugosidade do tecido urbano. No ponto 10 (SESI), foram constatados ao longo de todo o experimento, valores elevados de velocidade dos ventos. Os demais pontos apresentaram pouca variação dos valores observados entre eles (GRAF. 18a). Os dias 7, 10 e 11 apresentaram queda na velocidade média dos ventos (GRAF. 18b)

Os pontos 2 e 10 apresentaram os maiores desvios padrões da velocidade média dos ventos, evidenciando um maior distanciamento dos valores médios

²² Segundo OLGAY 1963 apud FREITAS 2005 os patamares de conforto compreendem umidade relativa entre 20% e 70%.

observados, justificado no ponto 2 pelas baixas velocidades médias registradas e no ponto 10 pelas altas velocidades médias (GRAF. 18c). Os maiores desvios padrões ocorreram nos dias 08 (1,7m/s) no ponto 10 e no dia 12 (1,8 m/s) no ponto 11.

Na análise horária da velocidade dos ventos observou-se a influência da topografia e da urbanização. Excetuando-se o dia 10, as maiores velocidades médias foram registradas no ponto 10 (SESI) devido a sua localização geográfica se dar em uma área próxima a um fundo de vale. Os pontos 1 (Restaurante Popular), 6 (25º BPM) e 9 (Escola Técnica) também apresentaram valores médios mais elevados. No Restaurante Popular e no 25º BPM, a reduzida concentração de obstáculos à circulação de ar contribui para uma maior velocidade dos ventos. Na Escola Técnica não foi possível justificar tal ocorrência. Como a velocidade dos ventos foi inferida através da Escala Beaufort, utilizando-se da observação do movimento realizado por elementos da paisagem, sugere-se que tenham ocorrido erros de interpretação da referida escala por parte dos observadores responsáveis pelo ponto 9.

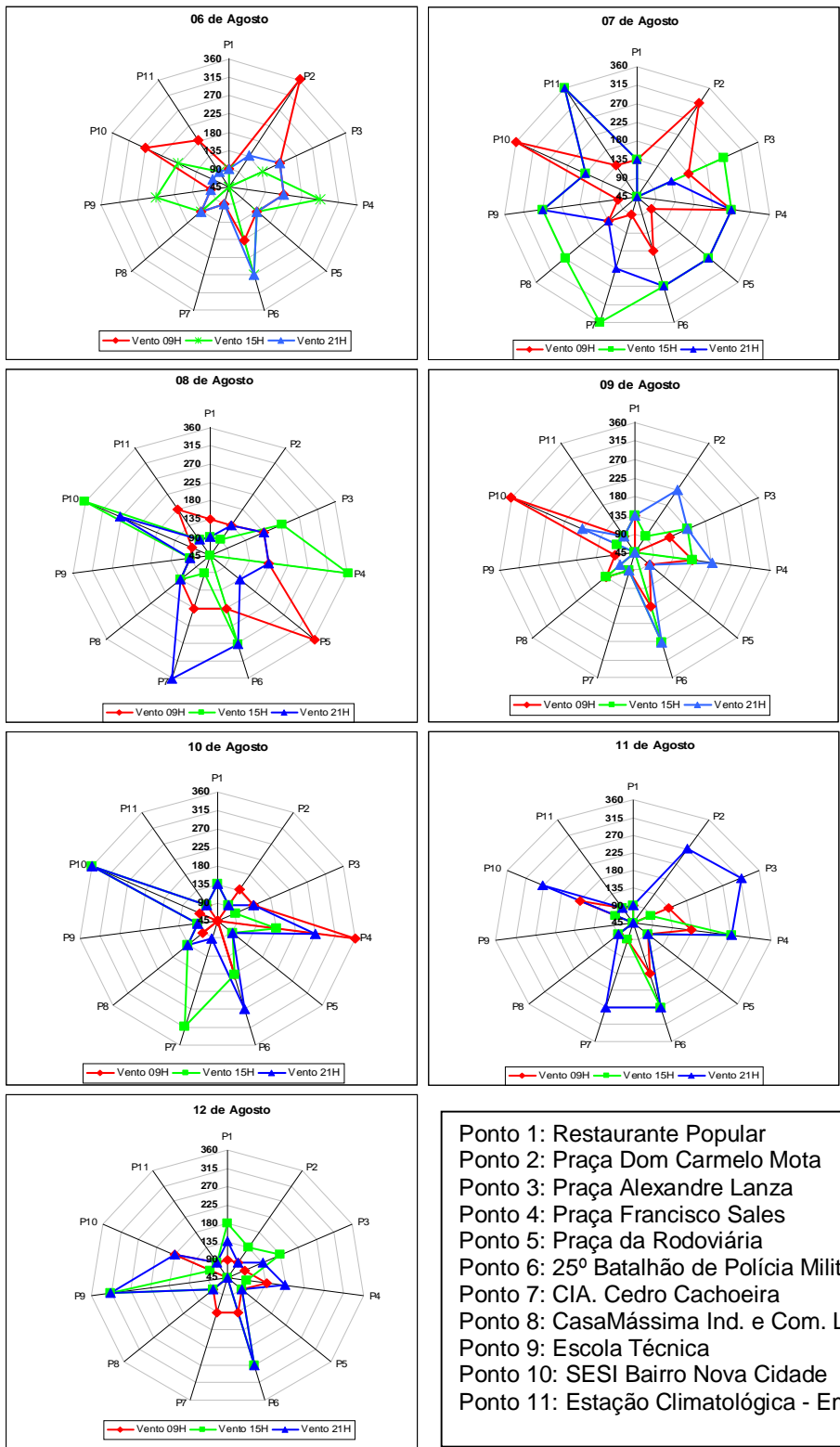
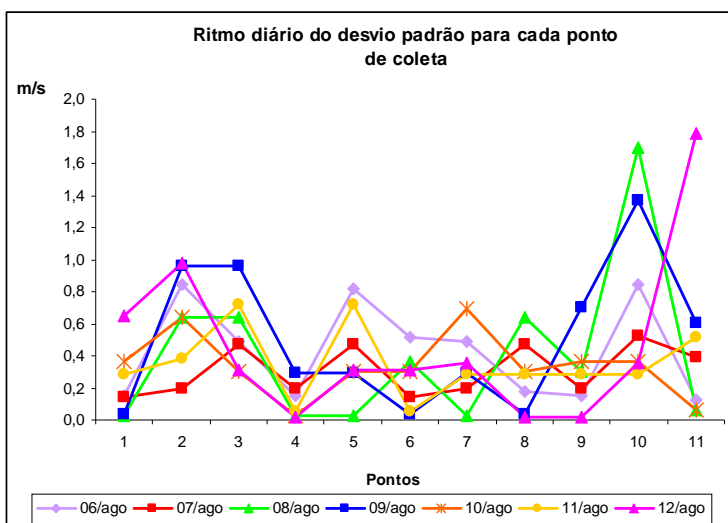
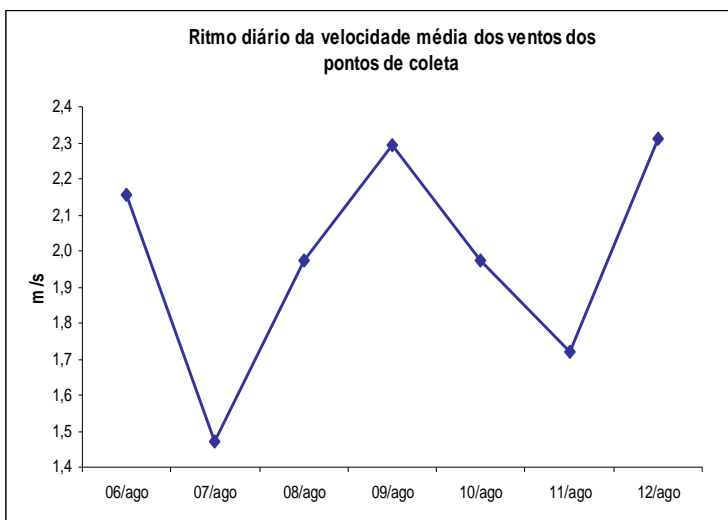
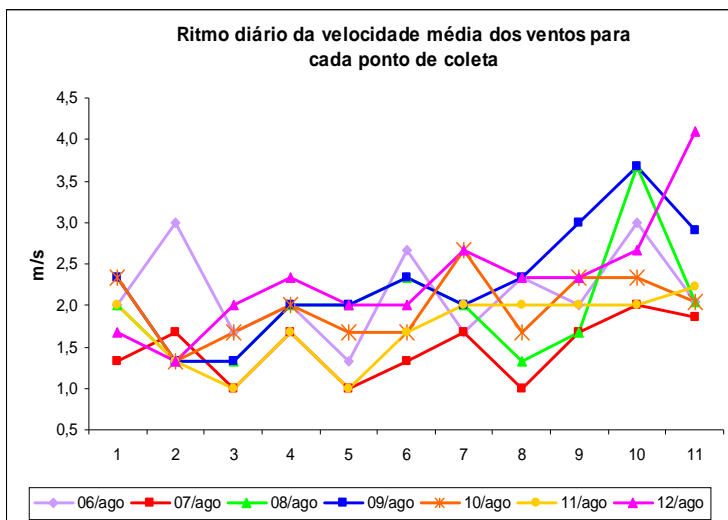


GRÁFICO 17: Ritmo Diário da Direção dos Ventos nos Horários Sinóticos – 06 a 12 de Agosto de 2007
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS



Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 8: CasaMássima Ind. e Com. Ltda
 Ponto 9: Escola Técnica
 Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

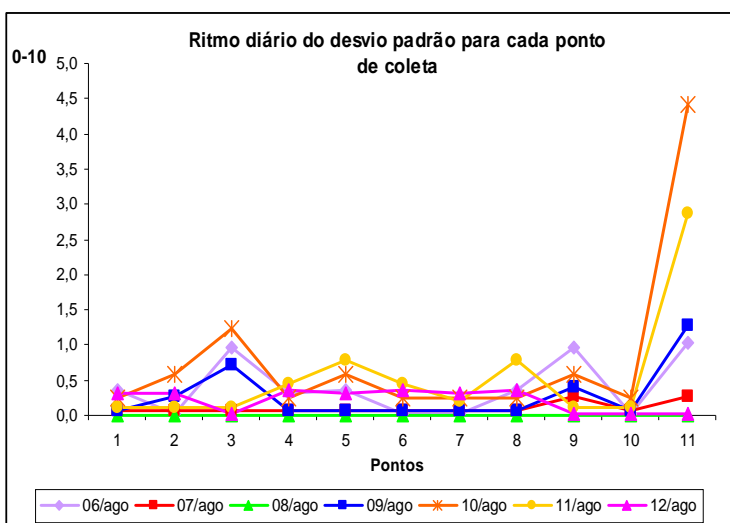
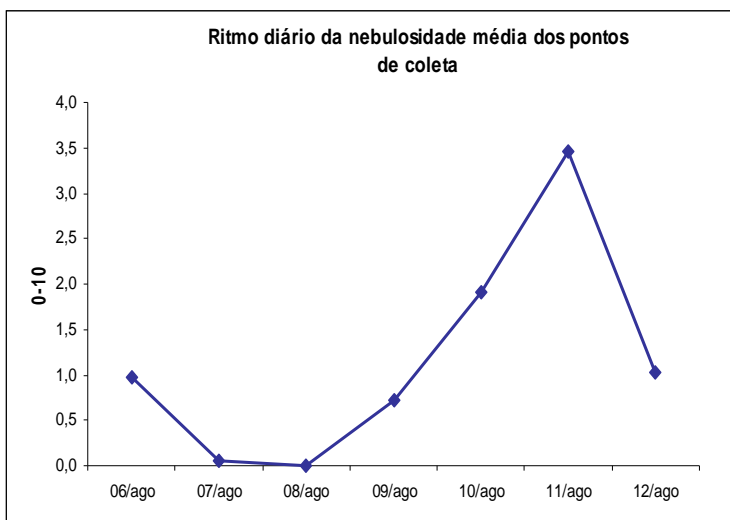
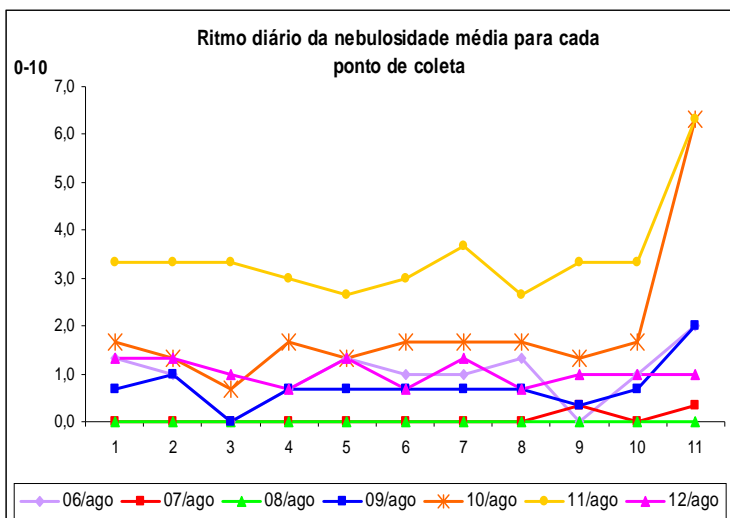
GRÁFICO 18: Ritmo Diário da Velocidade dos Ventos – 06 a 12 de Agosto de 2007: a) Velocidade Média dos Ventos para cada Ponto de Coleta, b) Velocidade Média dos Ventos dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

4.1.1.4. Nebulosidade

As condições de estabilidade atmosférica foram predominantes durante a realização do experimento, evidenciando-se nas baixas médias de nebulosidade que oscilaram entre zero e seis décimos (GRAF.19a). No dia 07 somente os pontos 9 (Escola Técnica) e 11 (Embrapa) registraram valores médias de cobertura de nuvens (0,3 décimos) em ambos os pontos. Nos demais pontos o registro médio de nebulosidade neste dia foi igual a zero. No dia 08, todos os pontos apresentaram média zero de nebulosidade.

Nos dias 09, 10 e 11, ocorreu um aumento da nebulosidade. Este aumento foi maior no dia 11 quando observou-se um acréscimo de 1,6 décimos na nebulosidade média em comparação ao dia 10. O maior decréscimo da nebulosidade média (2,5 décimos) foi observado no dia 12 em comparação com o dia anterior (GRAF. 19b).

Devido aos maiores registros de nebulosidade em seis dos sete dias de experimento, a Embrapa (P11) destacou-se com desvios padrões elevados ao longo de toda a coleta de dados (GRAF. 19c). Os demais locais situados na malha urbana, por possuírem uma visão semelhante do céu, obtiveram desvios padrões próximos. O ponto 11 apresentou desvios padrões maiores que os demais pontos em cinco dos sete dias de experimento. Por estar afastada da área urbana, a Embrapa possui uma visibilidade melhor da abóbada celeste facilitando assim, a observação do céu e a quantificação das áreas cobertas por nuvens. No ponto 3 (Praça Alexandre Lanza) os desvios padrões elevados devem-se à existência de uma árvore frondosa e também de construções que ocultam parte da abóbada celeste. Neste ponto, os registros de nebulosidade foram baixos, levando a um maior distanciamento da média e conseqüentemente a um maior desvio padrão.



Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 8: CasaMáxima Ind. e Com. Ltda
 Ponto 9: Escola Técnica
 Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 19: Ritmo Diário da Nebulosidade – 06 a 12 de Agosto de 2007: a) Nebulosidade Média para cada Ponto de Coleta, b) Nebulosidade Média dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

4.1.2. Análise Sinótica do Período entre 03 e 12 de Agosto

A análise do clima urbano requer a observação dos fenômenos de larga escala que influenciam diretamente as características climáticas de um determinado local. A escala local reflete o comportamento da circulação atmosférica regional em que se insere. Por isso as medidas realizadas devem ser referenciadas ao posto meteorológico local, que fornecerá dados para apreciação das condições de tempo atuantes na região.

A Estação Climatológica de Sete Lagoas, instalada nas dependências da Embrapa (CNPMS), referencial de área verde do experimento, forneceu os dados para a interpretação dos fenômenos climáticos que atuaram na região Sudeste durante a realização do experimento de campo. Para acompanhar a estruturação e desestruturação destes fenômenos, a análise sinótica se estendeu para três dias antes do experimento.

Os tipos de tempo observados durante o período de 03 a 12 de agosto foram resultantes da atuação do sistema atmosférico denominado Anticiclone que promove uma atmosfera estável, céu sem nuvens ou com pouca nebulosidade. A ausência ou baixa cobertura de nuvens favorece uma melhor observação do comportamento dos parâmetros climáticos dentro da urbe, pois potencializa o maior aquecimento diurno, assim como o rápido resfriamento da superfície à noite.

A cobertura de nuvens, que oscilou entre 1 e 5 décimos nos dias 6 e 9, foi resultado do transporte de umidade do oceano para o continente pelo Anticiclone Polar “continentalizado” – modificado pela superfície (FIG. 12). Apesar da aproximação de um sistema frontal entre os dias 07 e 08 (FIG. 13), que se deslocou rapidamente para o oceano (FIG.14), a atuação do Anticiclone Polar foi mais intensa, garantindo os menores registros de cobertura de nuvens observados em todos os pontos de coleta de dados. Na Embrapa (P11), os maiores registros de nebulosidade ocorreram nos dias 6, 9, 10 e 11, destacando-se os dias 10 e 11 (FIG. 16 e 17 respectivamente) que apresentaram, em uma escala de 0 a 10, índices entre 9 e 10 de cobertura de nuvens (GRAF. 20f). Nesses dias o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), devido ao seu sentido rotacional anti-horário, transportou umidade do oceano em direção ao interior de Minas Gerais, favorecendo o aumento da nebulosidade.

A pouca nebulosidade registrada nos pontos da malha urbana nos dias 06, 09, 10 e 12, provinha da circulação anticiclônica que favoreceu o transporte de umidade do oceano para o continente. Na Embrapa (P11), no dia 10, os registros de nebulosidade constatados foram elevados às 09h e 15h (horário de Brasília), 9 e 10 décimos respectivamente. Nos pontos localizados na malha urbana também observou-se um aumento da nebulosidade neste dia, porém em menor intensidade que o P11. A maior nebulosidade, constatada no dia 11, ocorreu devido à presença do Jato Subtropical²³, e do transporte de umidade do oceano para o interior de Minas Gerais pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (FIG. 17).

Na malha urbana, em consequência da atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) nos dias 07, 08 e 12, a umidade relativa do ar sofreu decréscimos. Dentro deste período observou-se uma maior umidade relativa durante a manhã e o aumento das temperaturas médias. O transporte de umidade do oceano pelo Anticiclone Polar “continentalizado” durante o período matutino, provocou o aumento de vapor d’água na atmosfera e consequentemente um acréscimo nos índices de umidade relativa observados.

Apesar de seu processo de “continentalização”, a atuação do Anticiclone Polar nos dias 09 e 10, provocou a diminuição dos valores de temperatura média, contribuindo para o aumento da umidade relativa - temperaturas mais baixas fazem com que o ar se sature mais rápido de vapor d’água. Mesmo com o aumento de temperatura do ar provocado pela atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul associado a um novo sistema frontal no dia 11 (FIG. 17), fato este que deveria favorecer uma queda nos índices de umidade relativa do ar, um aumento nos registros foi verificado neste dia em virtude do transporte de umidade do oceano pela presença do Jato Subtropical sobre a região Sudeste. Os maiores registros do experimento ocorreram no dia 11, 66% nos pontos 6 (25º BPM) e 8 (CasaMáxima) e 76% no ponto 11 (Embrapa).

A presença de uma frente fria nos estados do Paraná e São Paulo e a advecção de ar quente do ASAS entre os dias 7 e 8 (FIG. 13), provocou o aumento das temperaturas. A passagem desta frente fria pelo oceano a partir do dia 08 (FIG. 14), favoreceu a queda das temperaturas no dia 9 em razão da atuação do

²³ Jato Subtropical: escoamento em altos níveis da atmosfera, caracterizado por valores máximos de ventos de Oeste, que separam o ar subtropical e o ar tropical

Anticiclone Polar “continentalizado”. Com a passagem desta frente pela região Sudeste ocorreu a substituição do ar quente ali existente por ar frio, pois a massa de ar que antecede a frente fria (pré-frontal) é quente e a massa de ar que sucede a frente fria (pós-frontal) é fria.

No dia 11, observou-se um novo aumento das temperaturas médias em relação ao início do período nos pontos da malha urbana. A ação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, apesar da presença Jato Subtropical sobre o continente, favoreceu este aumento (FIG. 17).

Na Embrapa, excetuando-se os dias 5 e 7, a direção dos ventos observada durante o período em análise foi predominantemente de Leste (GRAF. 20e), evidenciando a influência dos Anticiclones Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e Polar Atlântico (APA). Nos dias dados como exceção, tal mudança no comportamento da direção dos ventos, Sul no dia 05 e Norte no dia 07, está relacionada a aproximação de sistemas frontais da região Sudeste. As velocidades médias dos ventos na Embrapa (P11) variaram entre 0,8 m/s no dia 5 e 3,9 m/s no dia 12 (GRAF. 20d). Na malha urbana os ventos foram predominantemente do quadrante Leste em seis dos sete dias de experimento, evidenciando a atuação da atividade anticiclônica. A exceção ocorreu no dia 07 no qual predominaram ventos de Oeste devido a atuação de um sistema frontal.

Os valores médios de pressão atmosférica observados na Embrapa, devido a atuação dos Anticiclone Polar Atlântico e Subtropical do Atlântico Sul, foram elevados com oscilação de 3,3 mb entre o maior e o menor valor observado (GRAF. 20a). A redução na pressão atmosférica nos dias 05 e 08 se deu em virtude da aproximação de frentes frias.

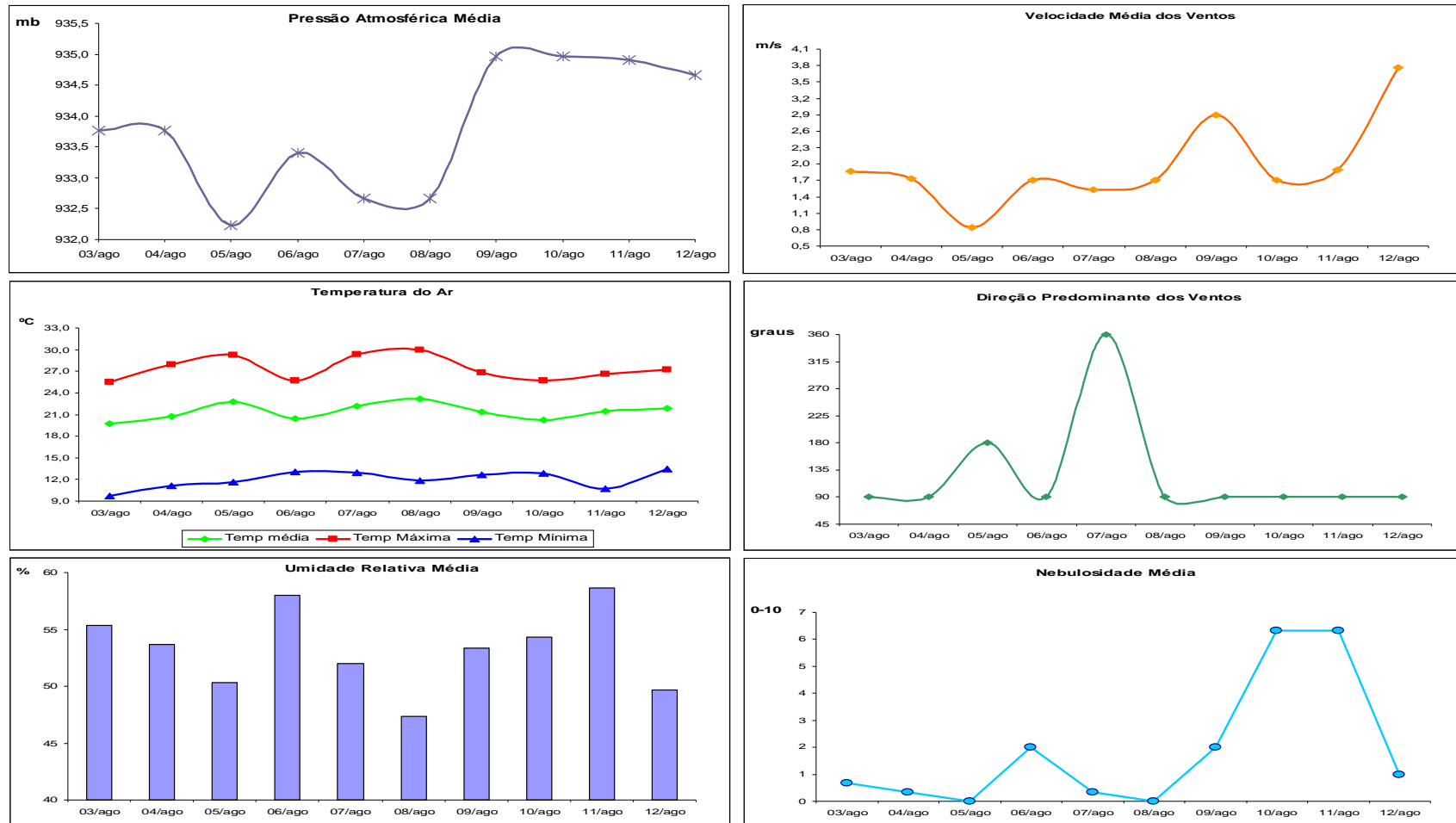


GRÁFICO 20: Análise Sinótica – 03 a 12 de Agosto de 2007: a) Pressão Atmosférica Média, b) Temperatura do Ar, c) Umidade Relativa Média, d) Velocidade Média dos Ventos, e) Direção Predominante dos Ventos, f) Nebulosidade Média
 Dados: Estação CNPMS

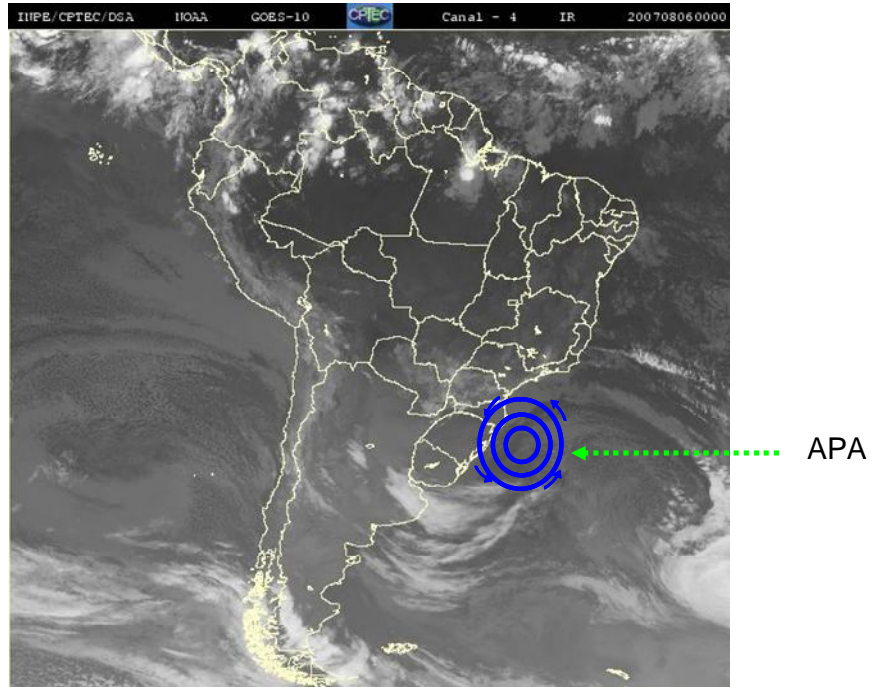


FIGURA 12: Transporte de umidade pelo APA “continentalizado”
CPTEC/INPE 06/08/2007 – 00:00h GMT

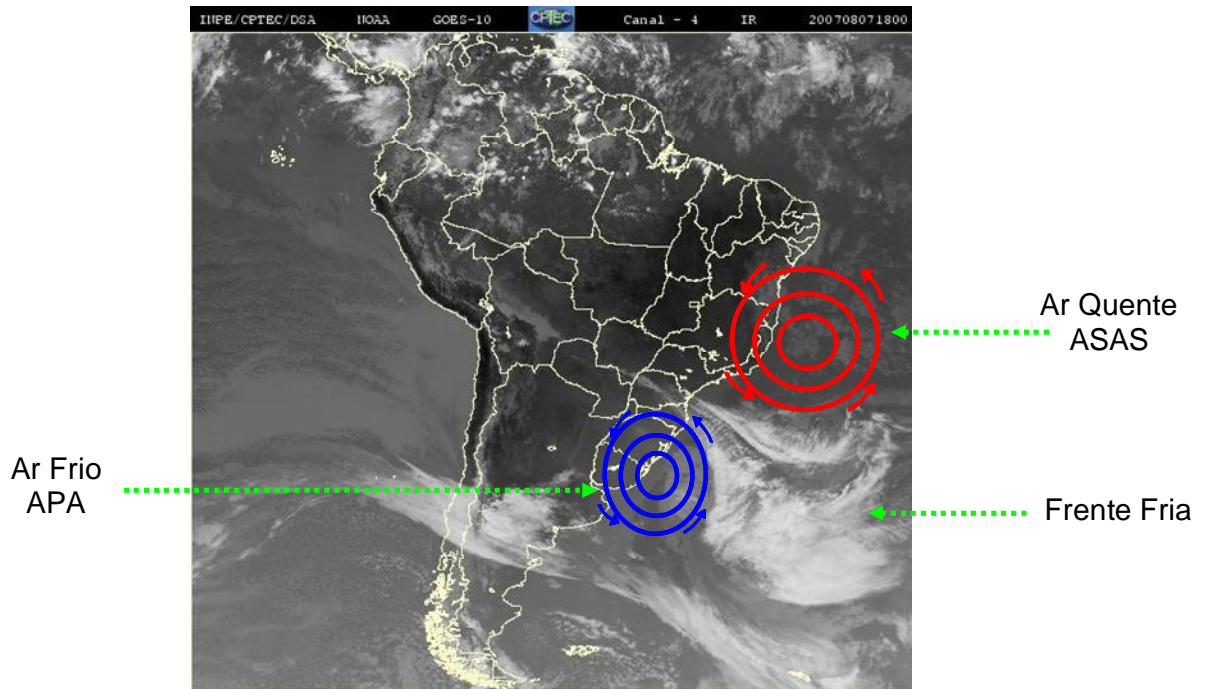


FIGURA 13: Aproximação de um sistema frontal da região
Sudeste
CPTEC/INPE 07/08/2007 – 18:00h GMT

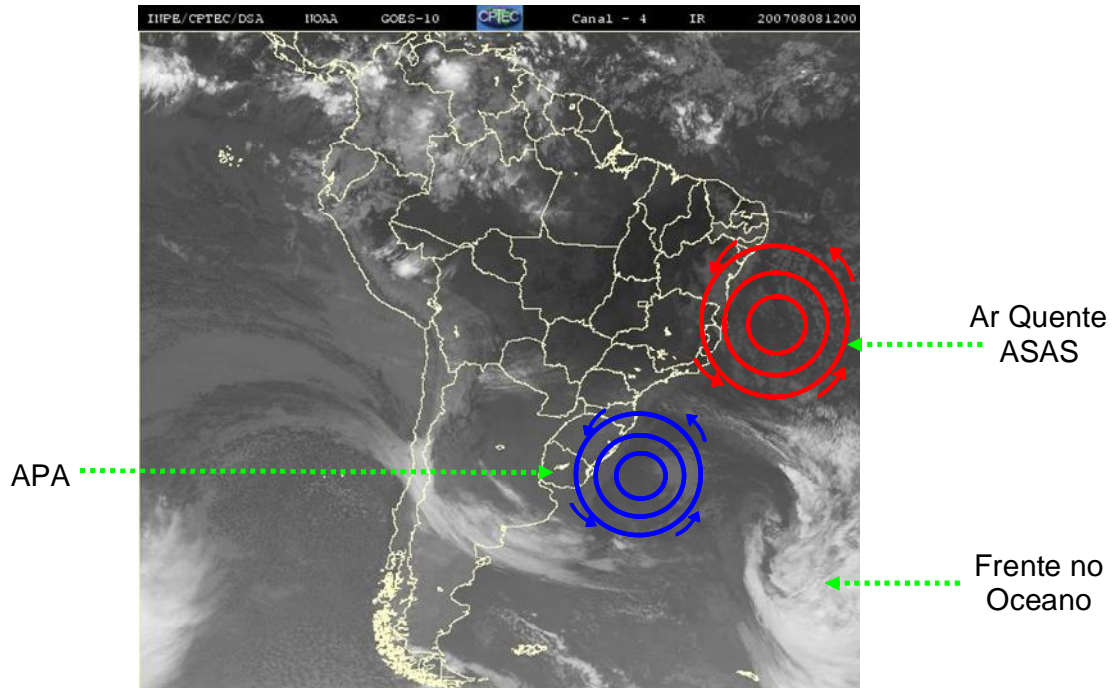


FIGURA 14: Deslocamento do sistema frontal para o oceano
CPTEC/INPE 08/08/2007 – 12:00h GMT

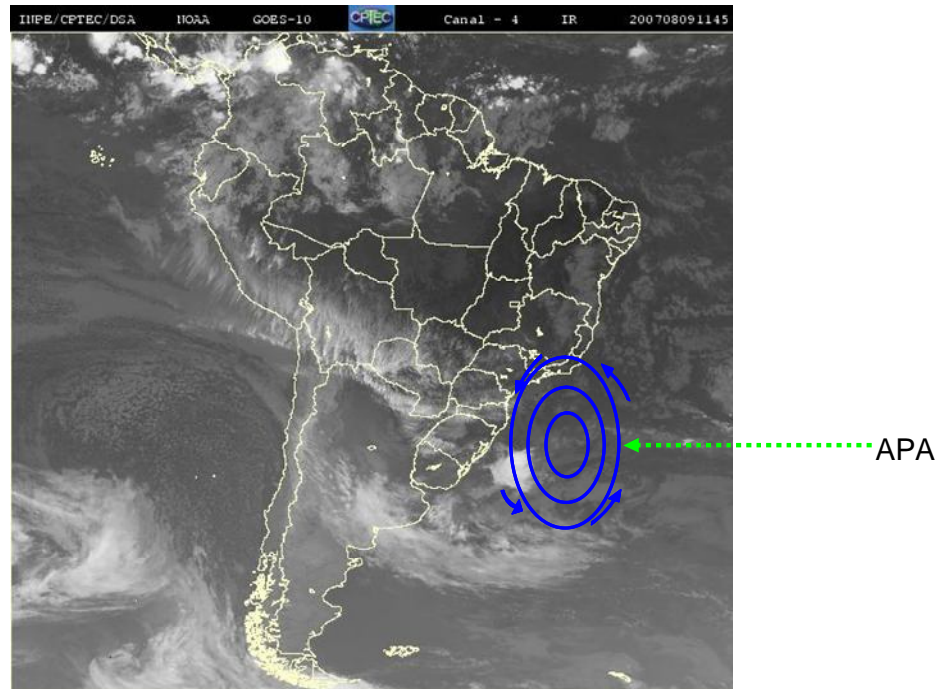


FIGURA 15: Transporte de Umidade pelo APA "continentalizado"
CPTEC/INPE 09/08/2007 – 11:45h GMT

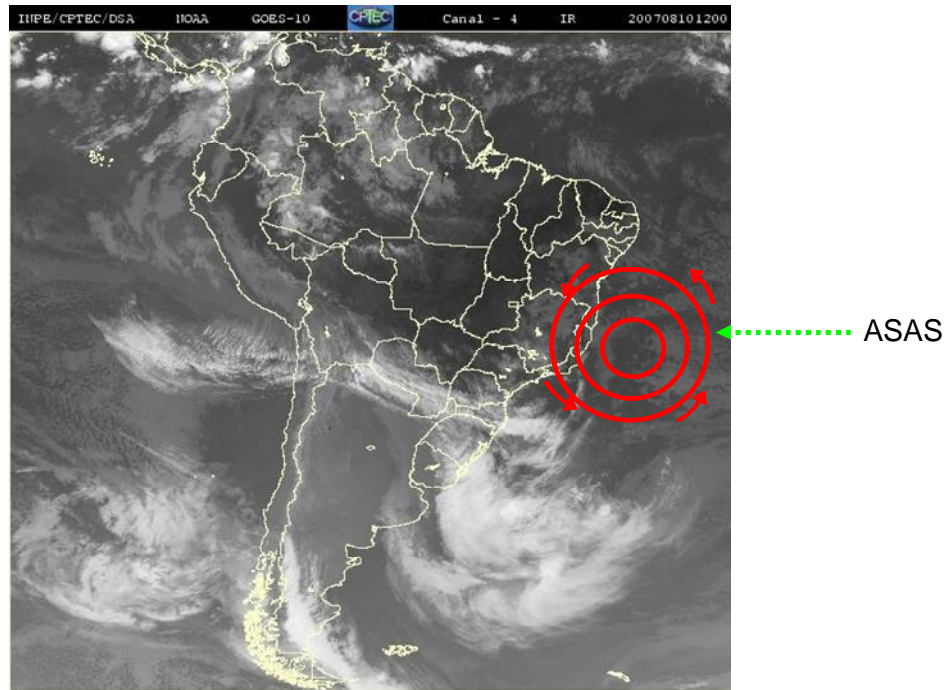


FIGURA 16: Transporte de Umidade pelo ASAS
CPTEC/INPE 10/08/2007 – 12:00h GMT

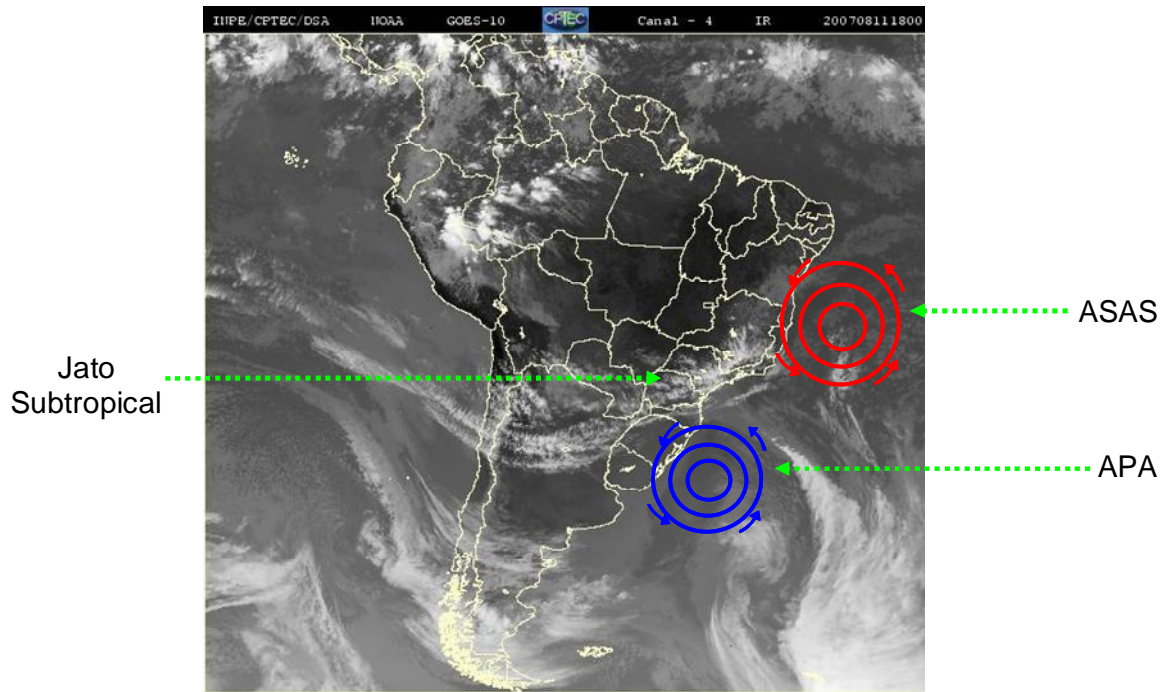


FIGURA 17: Transporte de Umidade pelo Jato Subtropical e pelo ASAS
CPTEC/INPE 11/08/2007 – 18:00h GMT

4.2. SEGUNDO EXPERIMENTO DE CAMPO – 23 A 29 DE NOVEMBRO DE 2007

4.2.1. Análise Rítmica do Período entre 23 e 29 de Novembro

Assim como no mês de Agosto, foram analisadas as variáveis climáticas temperaturas média, máxima e mínima, umidade relativa do ar, ventos e nebulosidade e sua interação com os elementos que compõem o ambiente citadino, nos mesmos pontos de coleta do experimento anterior.

4.2.1.1. Temperatura do Ar

Observou-se no dia 24 uma queda nas temperaturas médias (GRAF. 21a) em nove dos dez pontos localizados na malha urbana, sendo a exceção a Praça da Rodoviária (P5).

No dia 25 de novembro, as temperaturas médias tornaram a aumentar nos pontos mais periféricos da malha urbana. Os pontos 2 (Praça Dom Carmelo Mota), 3 (Praça Alexandre Lanza), 4 (Praça Francisco Sales) e 5 (Praça da Rodoviária), localizados na parte mais central, apresentaram comportamento contrário, queda nas temperaturas médias nesta data. Devido às características de cada ponto, as respostas a este aumento ou queda das temperaturas médias no dia 25 se deram em intensidades diferenciadas (GRAF. 21a). A maior temperatura média neste dia (27,6°C) foi observada no ponto 1 (Restaurante Popular) que apresentou um aumento de 2,8°C em relação a temperatura média do dia 24. Trata-se de um local extremamente impermeabilizado, com tráfego intenso de veículos e ausência de vegetação, elementos estes que proporcionam um maior armazenamento de energia solar e consequentemente um aumento das temperaturas. Os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza) e 11 (Embrapa) apresentaram as menores temperaturas médias do dia 25. No ponto 3, tal fato justifica-se pelo sombreamento do abrigo meteorológico e no ponto 11 pela presença significativa de vegetação. Na parte mais central da cidade, onde estão compreendidos os pontos 2, 3, 4 e 5, o ponto 3

apresentou as menores temperaturas médias durante cinco dos sete dias de experimento.

Uma nova queda das temperaturas médias ocorreu no dia 26 (GRAF. 21b). Porém, assim como no dia 25, os pontos 2, 3 e 4 se comportaram de forma contrária, com aumento das temperaturas médias (GRAF. 21a). As maiores médias ocorreram nos pontos 1 (Restaurante Popular) e 5 (Praça da Rodoviária) com os respectivos valores de 24,9°C e 25,2°C. Nos pontos 8 (CasaMáxima) e 11 (Embrapa) foram observadas as menores médias de temperatura do dia 26. Novamente os pontos mais urbanizados e com pouca cobertura vegetal apresentaram maiores médias quando comparados aos locais mais vegetados e menos impermeabilizados.

O aumento das temperaturas médias entre os dias 27 e 28 de novembro foi o mais expressivo durante todo o experimento. Os registros saltaram de 24,2°C no dia 26 para 26,8°C no dia 28 (GRAF. 21b). Com exceção do ponto 8 (CasaMáxima), as maiores temperaturas médias ocorreram no dia 28, destacando-se os pontos 1 (Restaurante Popular) e 5 (Praça da Rodoviária) como os mais aquecidos do referido dia. Os pontos 8 e 11, mais uma vez registraram as menores médias, destacando-se como pontos de frescor. A diferença constatada entre o ponto mais aquecido (P1) e o menos aquecido (P8) dentro da malha urbana, foi de 2,6°C no dia 28.

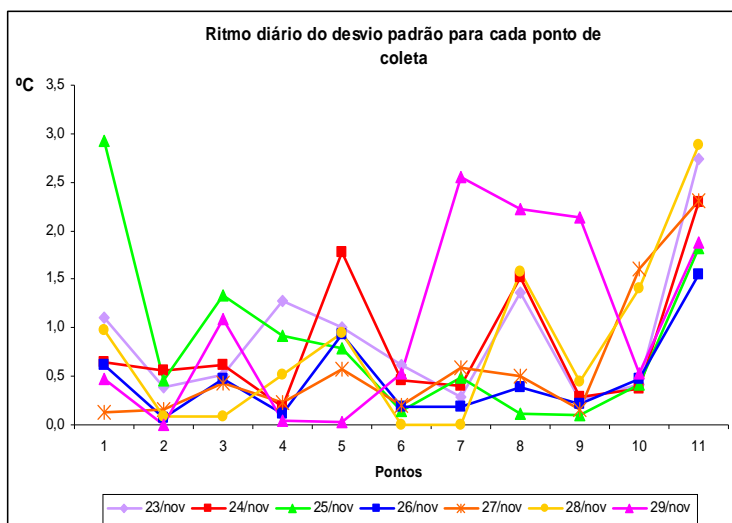
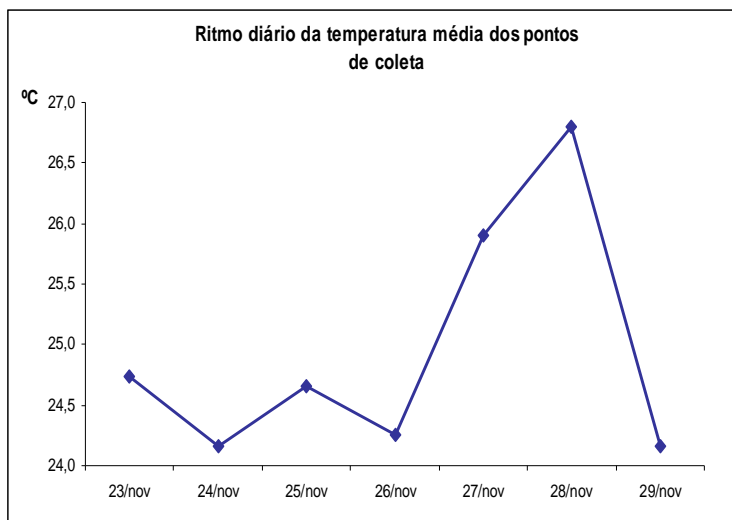
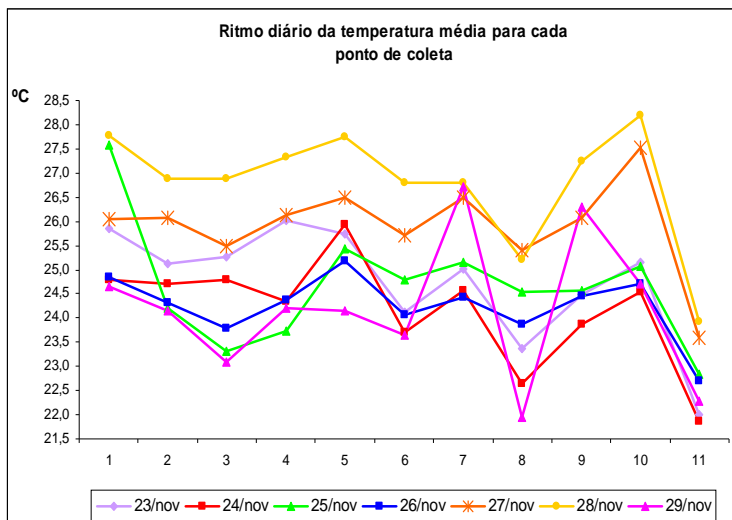
No dia 29 observou-se nova queda nas temperaturas médias (GRAF. 21b), comportamento identificado em todos os onze pontos. A Cia. Cedro Cachoeira (P7) e a Escola Técnica (P9) foram os locais mais aquecidos, ambos muito impermeabilizados e com ausência de cobertura vegetal. A CasaMáxima (P8) e a Embrapa (P11), novamente foram os locais menos aquecidos no dia 29. É importante ressaltar, que durante o período em estudo, 23 a 29 de novembro, apesar das menores médias terem sido observadas no referencial de área verde do experimento (P11), o ponto 8 merece destaque. Durante cinco dos sete dias de experimento, este ponto apresentou as menores médias de temperatura quando comparado aos demais pontos localizados na malha urbana de Sete Lagoas, caracterizando –se como um local de frescor dentro da cidade (GRAF. 21a).

Os pontos 1 (Restaurante Popular) e 5 (Praça da Rodoviária), quando comparados à Embrapa (P11), evidenciam-se com as maiores médias de temperatura em 71% e 85% dos casos respectivamente. A maior diferença

observada ocorreu no ponto 1 (4,7°C) no dia 25, seguido pelas diferenças de 4,1°C e 4,4°C observadas nos respectivos dias 24 e 29 na Praça da Rodoviária (P5).

O 25º BPM (P6), assim como o ponto 8 (CasaMáxima), destacou-se entre os pontos localizados dentro da malha urbana, por apresentar baixos registros de temperatura média. Atribui-se à topografia esta constatação, pois a cada 100m de elevação na troposfera ocorre uma queda teórica de 0,6°C na temperatura (VIANELLO, 1999).

O ponto 11, referencial de área verde do presente estudo, por manter-se constantemente menos aquecido que os demais locais apresentou desvios padrões elevados durante todo o experimento (GRAF. 21c). Dentro da malha urbana, o Restaurante Popular (P1), a Praça da Rodoviária (P5) e a CasaMáxima (P8) também obtiveram desvios padrões elevados. No primeiro e no segundo locais, devido as médias de temperatura elevadas e, no terceiro (P8), assim como na Embrapa (P11), devido as baixas médias de temperatura (GRAF. 21a).



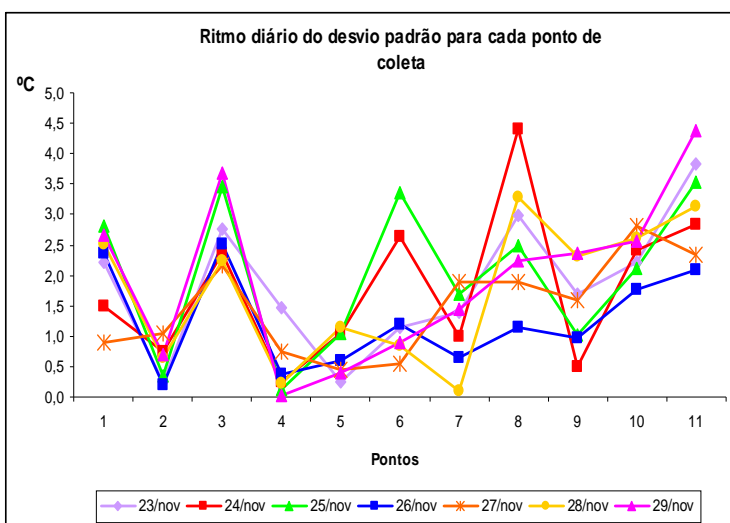
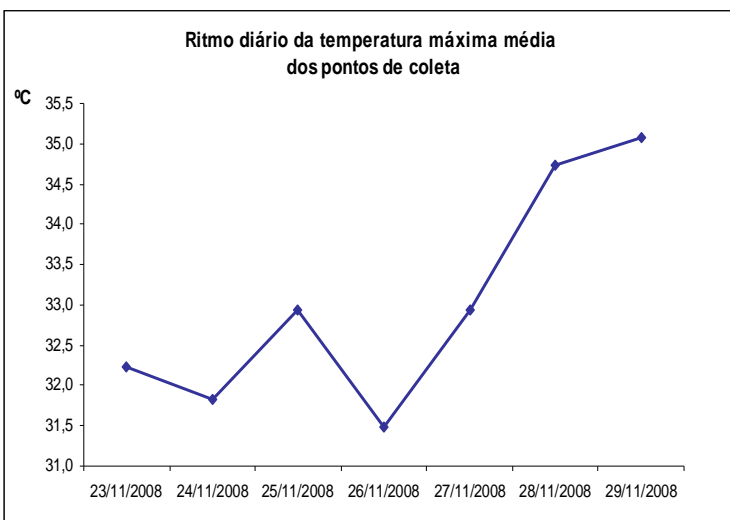
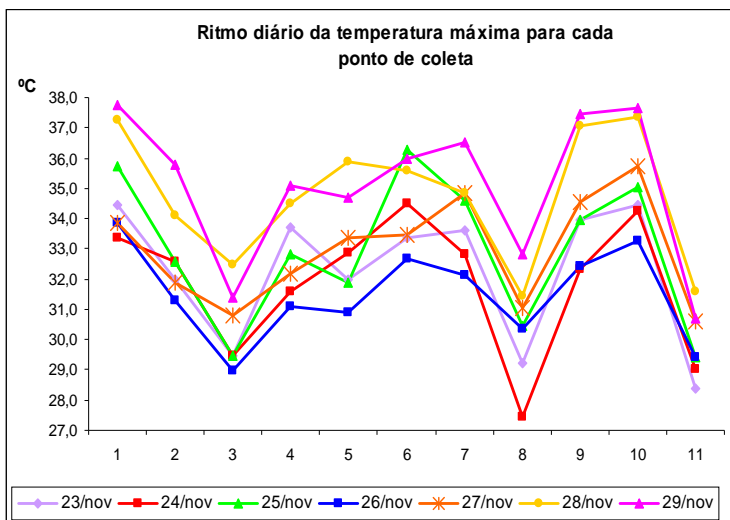
Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 8: CasaMáxima Ind. e Com. Ltda
 Ponto 9: Escola Técnica
 Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 21: Ritmo Diário da Temperatura Média – 23 a 29 de Novembro de 2007: a) Temperatura Média para cada Ponto de Coleta, b) Temperatura Média dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

O Restaurante Popular (P1) e o SESI (P10) destacaram-se com valores elevados de temperatura máxima. Como estes pontos apresentam alto grau de impermeabilização do solo, a energia solar é mais rapidamente absorvida durante o dia proporcionando um aquecimento acentuado. As maiores máximas nestes pontos ocorreram nos dias 28 e 29. A diferença entre as máximas registradas nos dias 27 e 29 foi de 3,9°C no ponto 1 e de 1,9°C no ponto 10 (GRAF. 22a). Assim como no mês de agosto, a Praça Alexandre Lanza (P3) e a CasaMáxima (P8) apresentaram as menores máximas dentre os pontos localizados na malha urbana. O sombreamento do abrigo meteorológico comprometeu o resultado dos registros no ponto 3, pois o mesmo se localiza no parte mais central de Sete Lagoas e seguindo uma razão lógica, deveria apresentar comportamento parecido com os outros pontos situados próximos a ele. As características de uso e ocupação do solo na CasaMáxima contribuíram para o frescor térmico observado, pois apesar de encontrar-se circundado por siderúrgicas que liberam calor na atmosfera, a cobertura vegetal no interior do ponto 8 favorece este comportamento.

Ao contrário da queda das temperaturas máximas médias observada no dia 24, a do dia 26 foi constatada em todos os pontos amostrais (GRAF. 22b). Os pontos 2 (Praça Dom Carmelo Mota), 5 (Praça da Rodoviária), 6 (25º BPM) e 11 (Embrapa), apresentaram no dia 24 aumento das máximas. Entre os dias 27 e 29 as temperaturas máximas médias voltaram a subir.

Dentro da malha urbana, os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza) e 8 (CasaMáxima) apresentaram desvios padrões elevados (GRAF. 22c). O menor aquecimento de ambos os pontos, causou um maior distanciamento das máximas observadas nos demais pontos. No ponto 3, tal fato ocorreu em razão do sombreamento do abrigo meteorológico pela árvore e no ponto 8, devido à presença de cobertura vegetal.



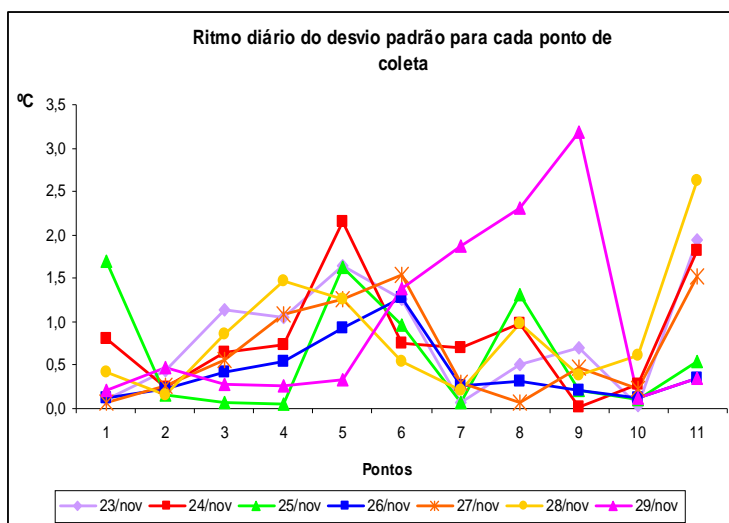
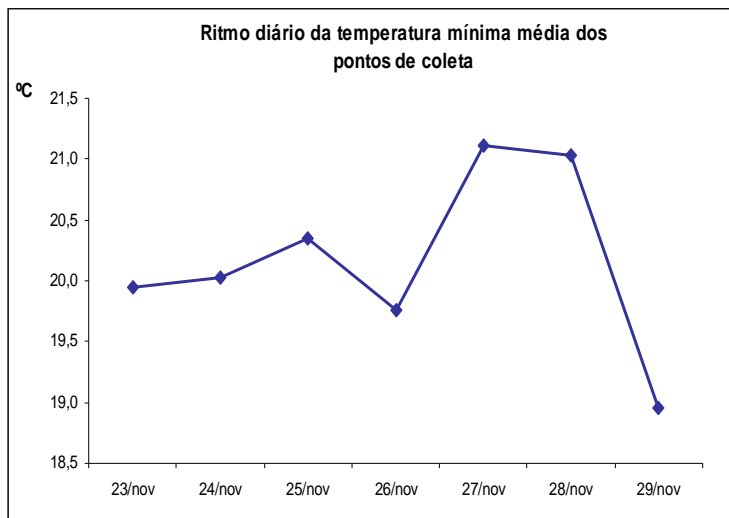
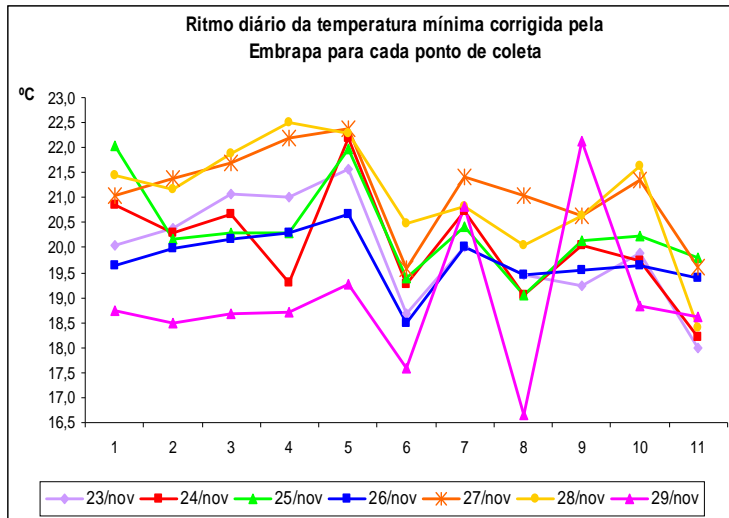
Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 8: CasaMássima Ind. e Com. Ltda
 Ponto 9: Escola Técnica
 Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 22: Ritmo Diário da Temperatura Máxima – 23 a 29 de Novembro de 2007: a) Temperatura Máxima para cada Ponto de Coleta, b) Temperatura Máxima Média dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

A Praça da Rodoviária (P5) apresentou as maiores temperaturas mínimas em cinco dos sete dias de experimento (GRAF. 23a). Por se tratar de um ponto com elevado nível de urbanização, que em tese, deveria liberar mais rapidamente, no período noturno, a energia solar acumulada, sugere-se que estas mínimas elevadas estejam relacionadas com o trânsito constante de veículos automotores que liberam calor na atmosfera local. Repetindo o comportamento do mês de agosto, observou-se nos pontos 6 (25º BPM) e 11 (Embrapa) temperaturas mínimas baixas, evidenciando um maior resfriamento noturno (GRAF. 23a).

Nos dias 26 e 29 foram observadas quedas nas temperaturas mínimas médias, porém esta queda foi mais expressiva no dia 29 (2,0°C) quando comparada ao dia 28 (GRAF. 23b). Entre os pontos, a maior diferença entre os dias 28 e 29 foi de 3,8°C e ocorreu no ponto 4 - Praça Francisco Sales (GRAF. 23a).

Na análise dos desvios padrões das temperaturas mínimas (GRAF. 23c), os pontos 5 (Praça da Rodoviária), 6 (25º BPM) e 11 (Embrapa) apresentaram valores elevados, porém com justificativas contrárias. O maior acúmulo de energia a noite no ponto 5 e a maior perda de energia durante o período noturno nos pontos 6 e 11, garantiram aos referidos locais, desvios padrões elevados das temperaturas mínimas. O ponto 5 devido à mínimas mais elevadas e os pontos 6 e 11 em razão de mínimas mais baixas.



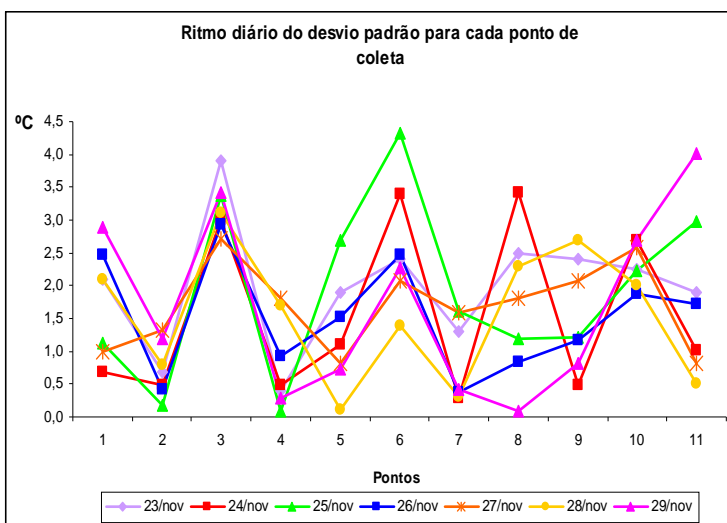
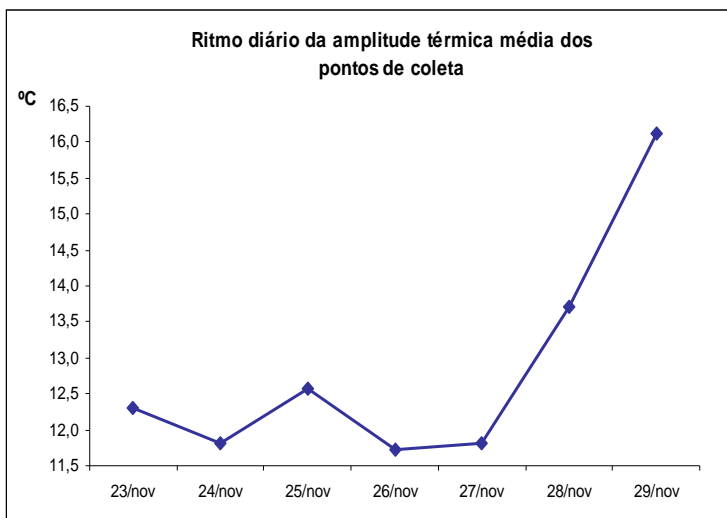
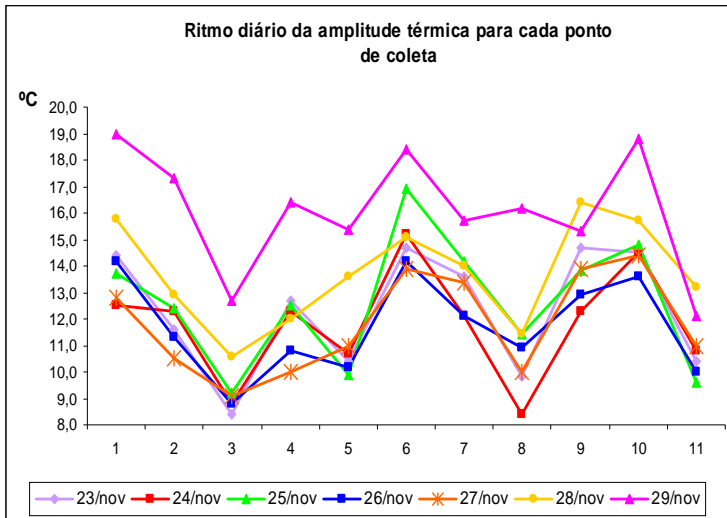
Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 8: CasaMáxima Ind. e Com. Ltda
 Ponto 9: Escola Técnica
 Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 23: Ritmo Diário da Temperatura Mínima – 23 a 29 de Novembro de 2007: a) Temperatura Mínima para cada Ponto de Coleta, b) Temperatura Mínima Média dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

Os pontos 6 (25º BPM) e 10 (SESI) apresentaram os maiores valores de amplitude térmica durante todo o experimento (GRAF. 24a). Um maior aquecimento durante o dia (máximas elevadas) e uma maior perda de energia à noite (mínimas baixas) justificam os elevados valores de amplitude térmica em ambos os pontos. Apesar das máximas baixas, justificadas pelo sombreamento do abrigo meteorológico e das mínimas altas devido à retenção pela copa de uma árvore, da energia solar pela superfície no período noturno, no ponto 3 (Praça Alexandre Lanza), com exceção do dia 24, observou-se os mais baixos registros de amplitude térmica.

A queda das temperaturas mínimas médias observada no dia 29 (GRAF. 23b) provocou um aumento mais significativo da amplitude térmica média nesta data (GRAF. 24b). Este aumento só não foi observado nos pontos 9 (Escola Técnica) e 11 (Embrapa). No ponto 9, este comportamento se deu porque o mesmo não apresentou decréscimo da temperatura mínima, como os demais pontos no dia 29. No ponto 11, uma queda na temperatura máxima, enquanto oito pontos dentre os dez da malha, apresentavam aumento desta variável, fez com que este ponto apresentasse diminuição da amplitude térmica no referido dia. A maior amplitude térmica de todo o experimento foi constatada no dia 29 (19,0°C) no Restaurante Popular (P1), confirmando a influência das características de uso e ocupação do solo neste ponto (GRAF. 24a). Por se tratar de uma área pouco vegetada e muito impermeabilizada, se aquece mais e de maneira mais rápida durante o dia assim como se resfria também mais rapidamente à noite.

Nos pontos 3 (Praça Alexandre Lanza) e 6 (25º BPM) foram observados valores elevados dos desvios padrões das amplitudes térmicas (GRAF. 24c) Tal constatação confirma um maior aquecimento diurno e um rápido resfriamento noturno no ponto 6, por se tratar do local de maior elevação topográfica. No ponto 3, este desvio elevado pode ser explicado pela baixa amplitude térmica observada, pois o ponto apresenta um menor aquecimento diurno em virtude do sombreamento do abrigo meteorológico, e um resfriamento noturno lento devido à barreira imposta pela árvore à saída da energia acumulada durante o dia (GRAF. 24c).



Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 8: CasaMáxima Ind. e Com. Ltda
 Ponto 9: Escola Técnica
 Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 24: Ritmo Diário da Amplitude Térmica – 23 a 29 de Novembro de 2007: a) Amplitude Térmica para cada Ponto de Coleta, b) Amplitude Térmica Média dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

A análise horária das temperaturas mostrou que no período matutino (10h às 13h), os pontos 1 (Restaurante Popular), 6 (25º BPM), 7 (Cia. Cedro Cachoeira) e 10 (SESI), apresentaram os maiores registros de temperatura durante todo o experimento. Nos pontos 1, 7 e 10 a ausência de arborização e o índice de impermeabilização elevado, contribuíram para um maior ganho térmico. Sugere-se que no ponto 7, a limitação da circulação de ar devido as edificações existentes, também favorece um maior aquecimento da atmosfera local. No ponto 6, a topografia elevada, promove um aquecimento mais rápido, pois a radiação solar percorre menos camadas atmosféricas até chegar à superfície.

Dos dias 23 a 29 de novembro, as maiores temperaturas registradas nos pontos 1, 10 e 7 foram 35,7°C, 35,9°C e 34,1°C respectivamente, nos pontos 1 e 10 no dia 28 e no dia 29 no ponto 7.

Os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza) e 8 (CasaMáxima), apresentaram no período matutino as menores temperaturas. No ponto 3, tal fato justifica-se pelo sombreamento do abrigo meteorológico. No ponto 8, este frescor térmico se deu em razão da pequena impermeabilização do solo, presença considerável de vegetação e a existência de um curso d'água em suas proximidades. Sugere-se que no ponto 8, o favorecimento da circulação do ar, por se tratar de um local onde as poucas edificações existentes são espaçadas, possa estar contribuindo para a amenização das temperaturas. Os menores registros, 22,8°C e 23,2°C, ocorreram no dia 24, nos pontos 3 e 8 respectivamente.

Nos horários entre 14 e 18 horas, os pontos 1 (Restaurante Popular), 7 (Cia. Cedro Cachoeira) e 10 (SESI), destacaram-se por possuir as maiores temperaturas. As maiores temperaturas observadas nestes pontos ocorreram no dia 29, 37,7°C no ponto 1, 37,6°C no ponto 10 e 36,5°C no ponto 7.

Os menores registros de temperatura no período vespertino foram observados nos pontos 3 (Praça Alexandre Lanza) e 8 (CasaMáxima). No dia 25 foi observado o menor registro de temperatura, 19,6°C, no ponto 8. No ponto 3, tal registro ocorreu no dia 26, 23,9°C.

A ausência de radiação solar a partir das 18 horas, promove o resfriamento noturno porém, na malha urbana, têm início os processos de trocas térmicas entre as edificações. Estas trocas de energia retardam o resfriamento noturno, observado no registro de temperatura das 22 horas, e evidenciam as ilhas de calor sobre as áreas urbanizadas.

Os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza), 4 (Praça Francisco Sales) e 5 (Praça da Rodoviária), destacaram-se com os maiores registros de temperatura durante a noite, sendo o dia 28 aquele que apresentou os valores máximos em cada ponto, 30,6°C no ponto 3, 34,5°C no ponto 4 e 31,9°C no ponto 5. Tais locais apresentam intensa urbanização e reduzida cobertura vegetal, fatores estes que favorecem a retenção de energia no período noturno.

Os pontos 6 (25º BPM), 8 (Casa Máxima) e 9 (Escola Técnica) apresentaram ao longo de todo o experimento maior resfriamento noturno. No ponto 6, tal constatação vem comprovar o efeito da topografia na amenização das temperaturas do ar. Sugere-se que a geometria das construções e o maior espaçamento entre elas favoreceram esta rápida liberação da energia solar à noite no ponto 8. No ponto 9, o maior resfriamento noturno ocorreu devido a intensa urbanização, que armazena mais energia solar durante o dia, mas também a libera rapidamente à noite.

Com exceção do dia 27, no qual o ponto 10 (SESI) apresentou às 10h uma variação térmica de 9,2°C, não foram observadas diferenças de grande magnitude nas temperaturas registradas, quando comparados a Embrapa (referencial de área verde) e os outros dez pontos monitorados, localizados na malha urbana. No entanto, as variações térmicas entre a Embrapa (P11) e os demais pontos, apresentaram valores elevados superiores a 4,5°C. Estes valores foram maiores elevados às 10h no ponto 1 (Restaurante Popular), 7,0°C no dia 23 e 5,2°C no dia 25. Nos dias 24 e 26, as maiores variações ocorreram no ponto 5 (Praça da Rodoviária) com os valores respectivos de 4,7°C (22h) e 7,1°C (10h). No dia 28, o ponto 10 destacou-se às 16h com 6,5°C. Às 22h do dia 29, o ponto 7 (CIA. Cedro Cachoeira) teve como maior variação térmica 5,2°C.

A observação da configuração e da intensidade da ilha de calor urbana se fez às 22 horas, horário de realização da última leitura. Quando comparados à Embrapa (P11), referencial de área verde entre os pontos, as maiores variações térmicas foram observadas nos pontos 3 (Praça Alexandre Lanza), 4 (Praça Francisco Sales) e 5 (Praça da Rodoviária) (TAB. 7).

TABELA 7

Maiores Variações Térmicas Comparadas com o Ponto 11 (Embrapa) - Sete Lagoas
– 23 a 29 de Novembro de 2007

<i>Dias</i>	<i>Ponto 3</i>	<i>Ponto 4</i>	<i>Ponto 5</i>
23	3,1°C	3,0°C	3,6°C
24	4,2°C	4,4°C	4,7°C
25	0,5°C	0,5°C	3,2°C
26	0,8°C	0,9°C	1,3°C
27	2,1°C	2,6°C	2,8°C
28	3,5°C	4,1°C	3,9°C
29	0,1°C	0,1°C	0,7°C

Dados: Experimentos de Campo e Estação
CNPMS

Devido a intensa impermeabilização de solo e ausência de cobertura vegetal, os pontos 1 (Restaurante Popular) e 10 (SESI) apresentaram temperaturas máximas elevadas durante todo o experimento. Assim como em agosto, os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza), 8 (CasaMáxima) e 11 (Embrapa) apresentaram máximas baixas quando comparados aos demais pontos observados. No ponto 3, o sombreamento do abrigo meteorológico pela árvore favoreceu este frescor térmico. Nos pontos 8 e 11 a cobertura vegetal, os corpos d'água e, possivelmente, a menor concentração de construções no ponto 8, justificam estas máximas baixas (TAB. 8).

Sugere-se que as temperaturas mínimas elevadas observadas no ponto 5 possam ser justificadas pela liberação de calor causada pelo trânsito constante de veículos nos seus arredores. Repetindo o comportamento do mês de agosto, os pontos 6 (25º BPM) e 11 (Embrapa) apresentaram mínimas baixas, evidenciando um maior resfriamento noturno favorecido pelo reduzido número de edificações em ambos os pontos (TAB. 9)

TABELA 8

Temperaturas Máximas – Sete Lagoas - 23 a 29 de Novembro de 2007

PONTO	23/nov	24/nov	25/nov	26/nov	27/nov	28/nov	29/nov
1	34,4	33,3	35,7	33,8	33,8	37,2	37,7
2	32,0	32,6	32,6	31,3	31,9	34,1	35,8
3	29,5	29,5	29,5	29,0	30,8	32,5	31,4
4	33,7	31,6	32,8	31,1	32,2	34,5	35,1
5	32,0	32,9	31,9	30,9	33,4	35,9	34,7
6	33,4	34,5	36,3	32,7	33,5	35,6	36,0
7	33,6	32,8	34,6	32,1	34,8	34,8	36,5
8	29,2	27,4	30,4	30,3	31,0	31,4	32,8
9	33,9	32,3	33,9	32,4	34,5	37,0	37,4
10	34,4	34,2	35,0	33,2	35,7	37,3	37,6
11	28,4	29,0	29,4	29,4	30,6	31,6	30,7

Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

TABELA 9

Temperaturas Mínimas – Sete Lagoas – 23 a 29 de Novembro de 2007

PONTO	23/nov	24/nov	25/nov	26/nov	27/nov	28/nov	29/nov
1	20,0	20,8	22,0	19,6	21,0	21,4	18,7
2	20,4	20,3	20,2	20,0	21,4	21,2	18,5
3	21,1	20,7	20,3	20,2	21,7	21,9	18,7
4	21,0	19,3	20,3	20,3	22,2	22,5	18,7
5	21,6	22,2	22,0	20,7	22,4	22,3	19,3
6	18,7	19,3	19,4	18,5	19,6	20,5	17,6
7	20,0	20,7	20,4	20,0	21,4	20,8	20,8
8	19,4	19,0	19,0	19,4	21,0	20,0	16,6
9	19,2	20,0	20,1	19,5	20,6	20,6	22,1
10	19,9	19,7	20,2	19,6	21,3	21,6	18,8
11	18,0	18,2	19,8	19,4	19,6	18,4	18,6

Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

4.2.1.2. Umidade Relativa do Ar

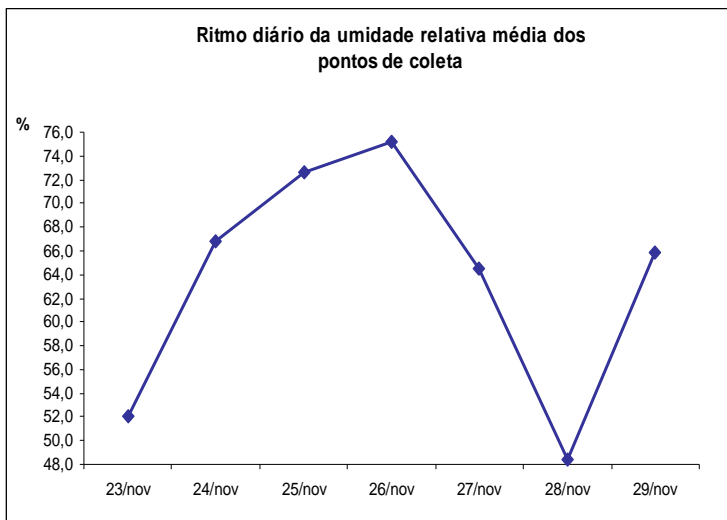
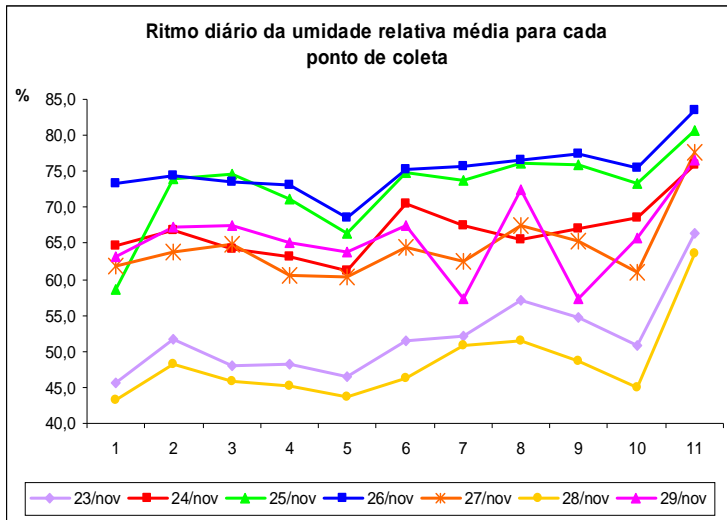
Assim como no mês de agosto, os pontos 8 (CasaMáxima) e 11 (Embrapa), destacaram-se entre os demais com índices elevados de umidade relativa do ar durante todo o experimento (GRAF. 25a). Sugere-se que o curso d'água nas proximidades da CasaMáxima proporcione uma maior disponibilização de vapor d'água na atmosfera local. A vegetação que circunda o referido ponto de coleta, também contribuiu no percentual de umidade relativa do ar. A vegetação, ao amenizar as temperaturas, conseqüentemente aumenta a umidade relativa do ar, pois a atmosfera local se aproxima mais rapidamente da saturação de vapor d'água. O ponto 11, referencial de área verde do experimento, também é favorecido por expressiva cobertura vegetal e presença de corpos d'água nas suas proximidades, fatores estes que, conforme descrito anteriormente, favorecem maiores índices de umidade relativa do ar.

Os pontos 1 (Restaurante Popular) e 5 (Praça da Rodoviária), devido ao alto índice de impermeabilização do solo e a ausência de cobertura vegetal, apresentaram baixos índices de umidade relativa do ar (GRAF. 25a). Apesar de existir um curso d'água em frente ao local onde foi instalado o abrigo meteorológico do ponto 5, por ter grande parte de seu trecho canalizado, não disponibiliza potencialmente vapor d'água na atmosfera local.

Nos dias 24 a 26 e 29, ocorreram acréscimos nos índices médios de umidade relativa do ar (GRAF. 25b), justificado pela queda das temperaturas médias nos dias 24, 26 e 29 (GRAF. 21b). No dia 25 o aumento das médias de umidade relativa esteve relacionado com fatores de larga escala, pois o aumento das temperaturas médias no dia 25 (GRAF. 21b) deveria promover um decréscimo nos índices de umidade relativa, fato este não constatado.

Na análise do desvio padrão, os pontos 5 (Praça da Rodoviária) e 11 (Embrapa) apresentam valores elevados (GRAF. 25c). A pouca cobertura vegetal e o elevado grau de impermeabilização do solo nas proximidades do ponto 5, fizeram com que este ponto apresentasse índices baixos de umidade relativa ao longo do experimento, justificando assim o desvio padrão elevado. No ponto 11, o maior distanciamento das médias ocorreu devido a presença significativa de vegetação e de corpos d'água em seu entorno, fatores estes que garantiram índices elevados de

umidade relativa no decorrer da coleta dos dados climáticos. O maior desvio padrão entre os dez pontos localizados na malha urbana (14%), ocorreu no ponto 1 (Restaurante Popular) no dia 25 (GRAF. 25c). Enquanto todos os demais locais apresentavam acréscimos nos índices de umidade relativa, no ponto 1 houve um decréscimo de 6% quando comparado ao valor registrado no dia 24, justificando assim o elevado desvio padrão apresentado no dia 25. Os pontos 7 (Cia. Cedro Cachoeira), 8 (CasaMáxima) e 9 (Escola Técnica), se destacaram no dia 29 com valores altos de desvio padrão. O aumento da umidade relativa neste dia quando comparado ao dia 28, variou entre 19% e 21,8% nos pontos localizados na malha urbana, porém a Cia. Cedro Cachoeira e a Escola Técnica apresentaram um acréscimo de 6,5% e 8,8% respectivamente, acréscimo este bem inferior se comparado aos demais pontos de coleta de dados. Esta diferença justifica o alto desvio padrão dos referidos locais no dia 29. Na CasaMáxima, o acréscimo de 21% na umidade relativa, quando comparados os índices dos dias 28 e 29, justifica o alto desvio padrão deste ponto no dia 29 (GRAF. 25c).



- Ponto 1: Restaurante Popular
- Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
- Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
- Ponto 4: Praça Francisco Sales
- Ponto 5: Praça da Rodoviária
- Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
- Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
- Ponto 8: CasaMáxima Ind. e Com. Ltda
- Ponto 9: Escola Técnica
- Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
- Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

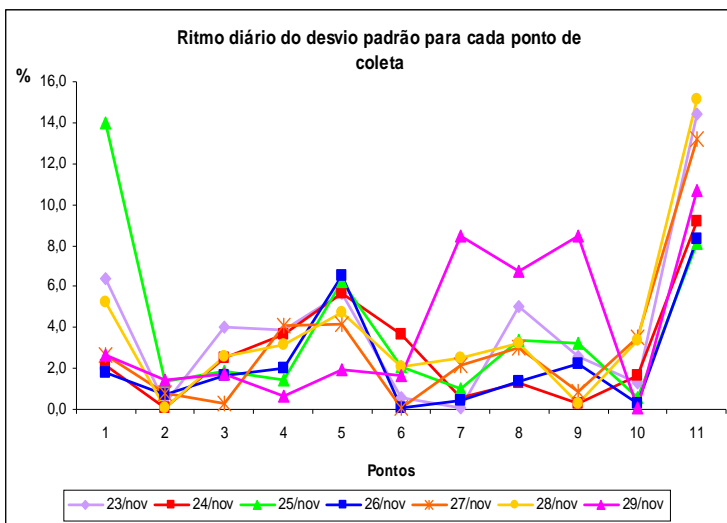


GRÁFICO 25: Ritmo Diário da Umidade Relativa do Ar – 23 a 29 de Novembro de 2007: a) Umidade Relativa Média para cada Ponto de Coleta, b) Umidade Relativa Média dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

A análise horária da umidade relativa do ar demonstrou que os maiores índices foram registrados no período noturno, entre 19h e 22h, em 6 dos 7 dias de experimento. No dia 24 de novembro, as maiores umidades relativas se deram no período matutino. Os pontos 6 (25º BPM), 8 (CasaMássima), 9 (Escola Técnica) e 11 (Embrapa), apresentaram os maiores percentuais, destacando-se os registros dos dias 25 nos pontos 6, 8, 9 e 11 e dia 29 nos pontos 6, 8 e 11, os quais apresentaram índices superiores a 90%. Com exceção do ponto 9, além da presença expressiva de vegetação, os pontos 8 e 11 possuem cursos d'água em seu entorno o que favorece uma maior disponibilização de vapor d'água na atmosfera local. Destacou-se com o menor índice de umidade relativa do ar (24%) o ponto 5 (Praça da Rodoviária) no dia 28.

4.2.1.3. Ventos

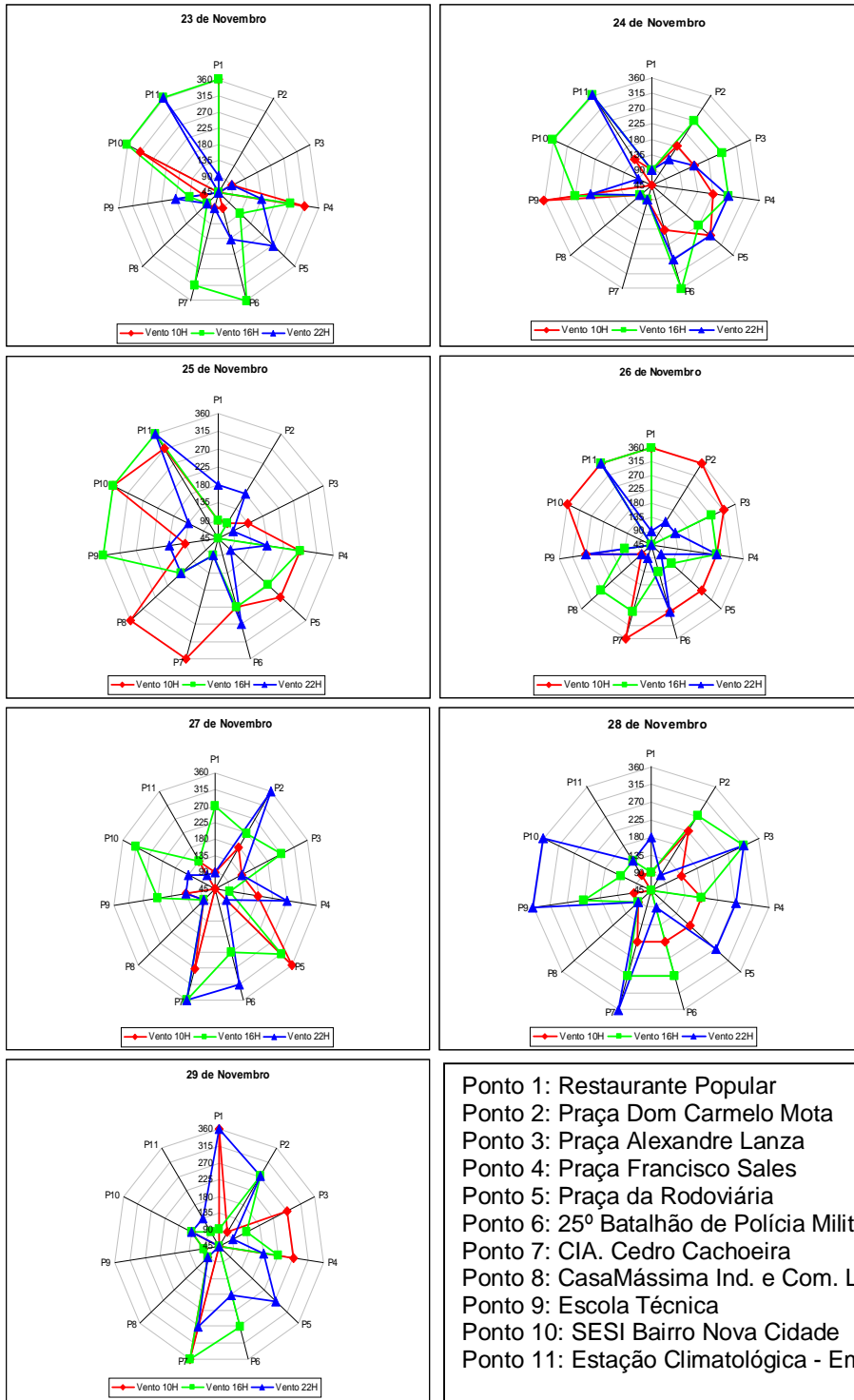
Nos dias 24, 25, 27 e 29, predominaram os ventos do quadrante Leste. Nos dias 23 e 28 de novembro, além dos ventos do quadrante Leste, observou-se também ventos do quadrante Norte. No dia 26 predominaram os ventos de Oeste (GRAF.26). É importante ressaltar, que a direção dos ventos variou repentinamente durante a realização das leituras, evidenciando assim os reflexos do uso e ocupação do solo sobre esta variável climática.

Apesar das médias muito próximas, oscilando entre 0m/s (calmaria) e 2,7m/s, o ponto 6 (25º BPM), devido a topografia que favorece menor atrito ao ar, destacou-se entre os demais com valores mais elevados de velocidade média dos ventos (GRAF. 27a). Os outros pontos, devido à rugosidade do tecido urbano, apresentaram variações bruscas na velocidade dos ventos no momento da realização das leituras. No dia 24 de novembro, observou-se uma queda na velocidade média dos ventos em todos os onze pontos observados (GRAF. 27b).

O ponto 6 (25ºBPM), devido as elevadas médias de velocidade dos ventos, apresentou também desvios padrões maiores que os demais locais, em seis dos sete dias de experimento. Os outros pontos, em consequência da proximidade de suas velocidades médias, obtiveram desvios padrões próximos (GRAF. 27c).

A análise horária da velocidade dos ventos mostrou a influência da topografia associada à urbanização. Excetuando-se o dia 26, as maiores velocidades médias foram registradas no ponto 6 (25º BPM). A maior elevação topográfica deste local oferece menos atrito ao deslocamento do ar. O ponto 3 (Praça Alexandre Lanza), também apresentou valores médios mais elevados, possivelmente em razão da interferência do trânsito de veículos no horário de coleta, pois tal praça apresenta várias construções que retardam a movimentação do ar.

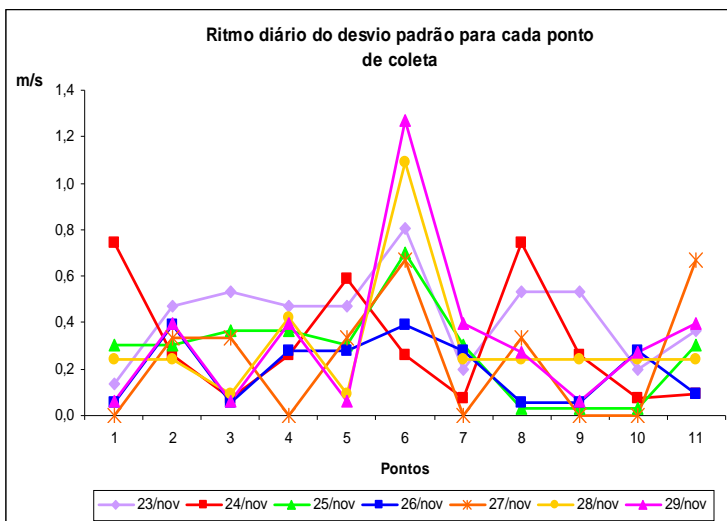
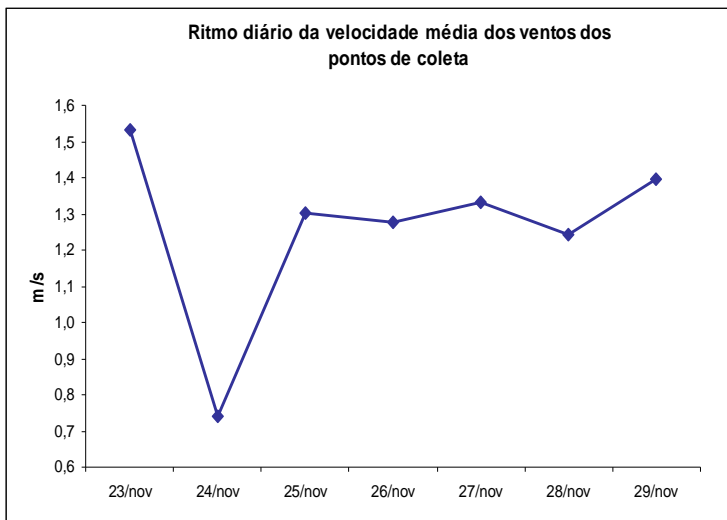
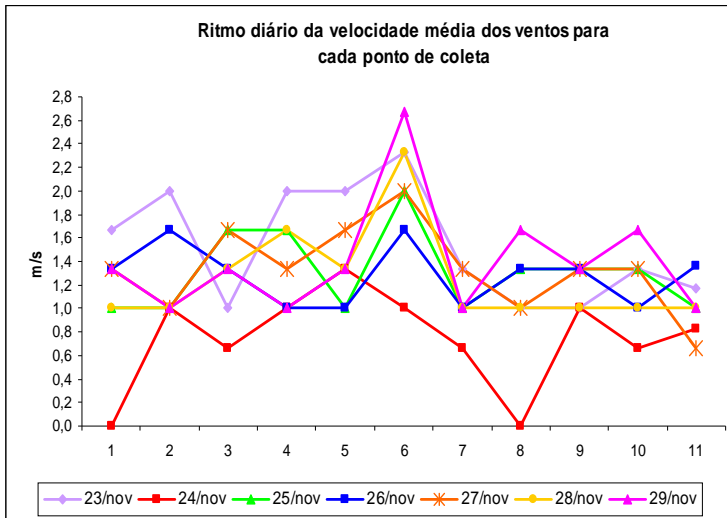
A rugosidade do tecido urbano dificultou a identificação da direção preferencial dos ventos, pois ocorreram mudanças súbitas durante os horários de coleta de dados. No entanto, os ventos do quadrante Leste predominaram em seis dos sete dias de experimento. Os dias 23 e 28 de novembro, além dos ventos predominantes do quadrante Leste, os do quadrante Norte também se sobressaíram. A exceção aos ventos de Leste ocorreu no dia 26, quando estes, vinham predominantemente de Oeste.



Graus	Direção
0° ou 360°	N
45°	NE
90°	E
135°	SE
180°	S
225°	SW
270°	W
315°	NW

- Ponto 1: Restaurante Popular
- Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
- Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
- Ponto 4: Praça Francisco Sales
- Ponto 5: Praça da Rodoviária
- Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
- Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
- Ponto 8: Casa Máxima Ind. e Com. Ltda
- Ponto 9: Escola Técnica
- Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
- Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 26: Ritmo Diário da Direção dos Ventos nos Horários Sinóticos- 23 a 29 de Novembro de 2007
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS



Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 8: CasaMássima Ind. e Com. Ltda
 Ponto 9: Escola Técnica
 Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 27: Ritmo Diário da Velocidade dos Ventos – 23 a 29 de Novembro de 2007: a) Velocidade Média dos Ventos para cada Ponto de Coleta, b) Velocidade Média dos Ventos dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

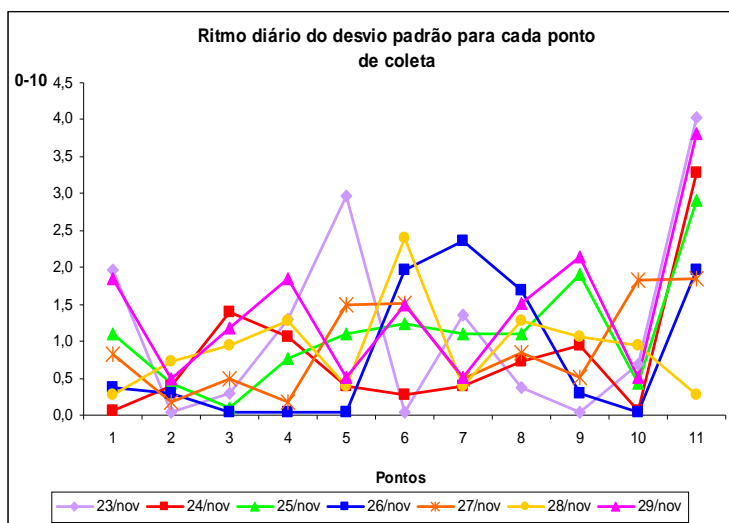
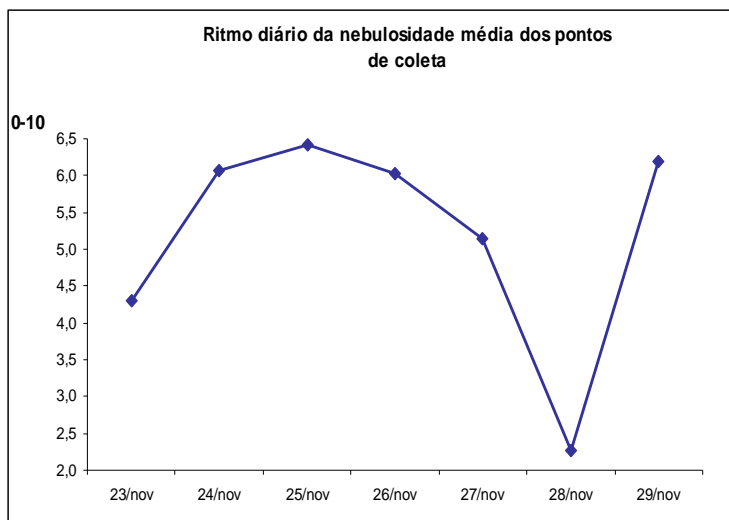
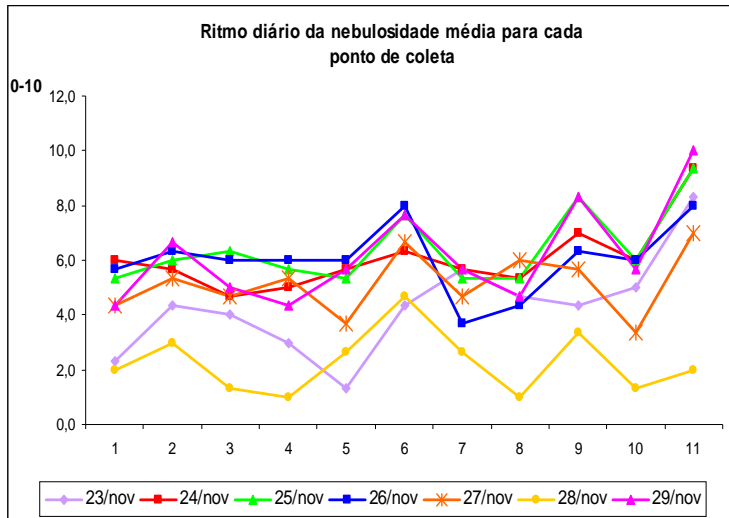
4.2.1.4. Nebulosidade

Se comparados ao mês de agosto, foram observados altos registros de nebulosidade durante os sete dias de experimento em novembro, caracterizando instabilidade atmosférica.

Devido a relação entre a umidade relativa do ar e a nebulosidade, estas duas variáveis apresentaram o mesmo comportamento ao longo de toda a coleta de dados. Nos dias 24, 25, 26 e 29, com o aumento da umidade relativa média do ar, ocorreu também o aumento da nebulosidade média (GRAF. 28b). O decréscimo da umidade relativa média no dia 28 (GRAF. 25b), provocou também uma queda relevante da nebulosidade média (GRAF. 28b).

A visibilidade da abóbada celeste interferiu nos registros de nebulosidade dentro da malha urbana. Os pontos 6 (25º BPM) e 11 (Embrapa), apresentaram registros elevados (GRAF. 28a). No primeiro local, a topografia elevada favorece uma melhor visualização do céu e, na Embrapa, a ausência de construções, que poderiam servir como obstáculo à observação dos décimos cobertos por nuvens, possibilita uma visão mais ampla da abóbada celeste. Os outros pontos, que em sua maioria apresentavam obstáculos à visibilidade do observador, registraram valores muito próximos entre si.

A Embrapa (P11), devido aos registros elevados de cobertura de nuvens, apresentou desvios padrões altos. O maior valor de desvio padrão, ocorreu no ponto 11 no dia 23 (GRAF. 28c). Enquanto os pontos da malha urbana apresentaram valores médios de cobertura de nuvens que oscilaram entre 1,3 décimos no ponto 5 e 5,7 décimos no ponto 7, a Embrapa registrou 8,3 décimos, justificando o desvio padrão elevado no dia 23.



Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 3: Praça Alexandre Lanza
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 6: 25º Batalhão de Polícia Militar
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 8: CasaMássima Ind. e Com. Ltda
 Ponto 9: Escola Técnica
 Ponto 10: SESI Bairro Nova Cidade
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 28: Ritmo Diário da Nebulosidade – 23 a 29 de Novembro de 2007: a) Nebulosidade Média para cada Ponto de Coleta, b) Nebulosidade Média dos Pontos de Coleta, c) Desvio Padrão para Cada Ponto de Coleta
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

4.2.2. Análise Sinótica do Período entre 20 de Novembro e 01 de Dezembro

Apesar do experimento de campo ter ocorrido entre os dias 23 e 29 de novembro, esta análise sinótica se estendeu até 01 de dezembro em razão do experimento de 24 horas, que se realizou nos dias 30 de novembro e 01 de dezembro. Tal experimento será descrito no item 4.3.

A atmosfera instável observada durante todo o experimento foi resultado da atuação de fenômenos atmosféricos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Jato Subtropical, Alta da Bolívia e de sistemas frontais. A nebulosidade associada a estes fenômenos pode ter interferido na identificação de eventuais efeitos da ação antrópica nos locais em estudo, pois a elevada cobertura de nuvens diminui o aquecimento diurno e retarda o resfriamento da superfície à noite.

A atuação da Alta da Bolívia (AB) dos dias 20 a 25 favoreceu a intensificação da atividade convectiva sobre o continente e conseqüentemente a formação de nuvens. A Alta da Bolívia contribuiu para o fortalecimento de um sistema frontal que se deslocava próximo ao litoral da região Sudeste, pois mesmo atuando sobre o oceano a frente fria causou aumento das áreas de instabilidade sobre o continente. A frente fria fortalecida pela Alta provocou a formação de nuvens convectivas e a ocorrência de precipitação registrada no dia 21 (FIG. 18). A queda da temperatura e em conseqüência o aumento da pressão atmosférica no dia 21 (GRAF. 29b e 29a respectivamente), ocorreram após a passagem desta frente fria pela região. A temperatura média caiu 2,3°C entre os dias 20 e 21 e, conseqüentemente, a umidade relativa média aumentou (GRAF. 29b e 29c respectivamente).

No dia 24 a instabilidade atmosférica ocasionada por uma nova frente fria que se associou a Alta da Bolívia (FIG. 19) provocou precipitação fraca (2,4 mm). A queda da pressão atmosférica (GRAF. 29a), evidencia a aproximação desta frente fria da região em estudo. A queda da temperatura média no dia 24 provocou aumento da umidade relativa do ar.

A configuração da Alta da Bolívia no dia 25 de novembro contribuiu para a ocorrência do maior acumulado de precipitação de todo o período analisado, 26,5mm (GRAF. 29d). As áreas de instabilidade associadas à Alta provocam um aumento da nebulosidade seguida por precipitação, quando há umidade disponível. A Alta da Bolívia permaneceu bem caracterizada durante todos os dias observados

(20/11 a 01/12/2007) e, no dia 26 ocasionou nova precipitação sobre a região em estudo. O ponto 11 respondeu conforme o esperado à atuação da larga escala, apresentando aumento da temperatura média quando comparada ao valor do dia 24. O decréscimo dos valores de umidade relativa, que deveria ser observado no dia 25 devido ao aumento das temperaturas, não foi constatado em razão do transporte de umidade do oceano para o interior do continente pela Alta da Bolívia.

O elevado índice de nebulosidade provocado pela atuação da Alta da Bolívia e também o enfraquecimento da frente fria que se deslocava próxima à região desde o dia 25, ocasionaram uma nova queda nas temperaturas médias no dia 26. Esta queda de temperatura provocou um acréscimo nos valores de umidade relativa observados nos pontos da malha urbana. Este aumento foi também influenciado pela Alta da Bolívia que continuou transportando umidade do oceano para o interior do continente.

O primeiro episódio de ZCAS teve início no dia 27 de novembro terminando no dia 02 de dezembro. Neste episódio a Alta da Bolívia encontrava-se sobre a Região Norte do Brasil. A banda de nebulosidade, resultante da associação entre a convecção da região Amazônica e do sistema frontal, encobriu grande parte de Minas Gerais estendendo-se até o Oceano Atlântico. A atuação um pouco mais ao norte da ZCAS nos dias 28 de novembro (FIG. 20) e 01 de dezembro, provocou a queda nos registros de nebulosidade e ausência de precipitação. A cobertura de nuvens que teve os maiores registros oscilando entre 8 e 10 décimos, decresceu sendo o maior registro observado 4/10 no dia 01 de dezembro (GRAF. 29g).

Na malha urbana a configuração da ZCAS a partir do dia 27, provocou aumento das temperaturas médias entre os dias 27 e 28, o mais expressivo durante todo o experimento (GRAF. 21b). O aumento das temperaturas médias constatado entre os dias 27 e 28, provocou um decréscimo na umidade relativa.

Observou-se queda na pressão atmosférica e aumento da temperatura no dia 27 (GRAF. 29a e 29b respectivamente). O deslocamento da ZCAS mais para o norte provocou o aumento da pressão nos dias 28 de novembro a 01 de dezembro e queda da temperatura nos dias 29 e 30. O segundo maior acumulado de precipitação do período (14,4 mm) foi observado no dia 29 (FIG. 21)

Na malha urbana, o deslocamento da ZCAS mais para o norte da região Sudeste a partir do dia 28, provocou a queda das temperaturas médias e conseqüente aumento da umidade relativa no dia 29 em todos os onze pontos. Tal

comportamento trata-se, mais uma vez, da resposta da atmosfera local à larga escala. A passagem da frente fria associada ao fenômeno ZCAS provocou a substituição do ar quente ali existente por ar frio sendo, portanto, a massa de ar pós-frontal fria a causadora das quedas nas temperaturas.

As velocidades médias dos ventos oscilaram entre 0,3 m/s no dia 20 de novembro e 2,2 m/s no dia 22. Os dias 22 e 30 de novembro registraram as maiores velocidades médias, 2,2 e 1,9 m/s respectivamente (GRAF.29e) . Devido a atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) nos dias 25 e 26 e do Anticiclone Polar nos dias 23, 24, 27 a 30 de novembro e 01 de dezembro, a direção dos ventos foi predominantemente de Leste. A instabilidade dos dias 20, 21, 24 a 26 de novembro ocorreu devido à atuação de sistemas frontais e da Alta Bolívia, fenômenos já descritos anteriormente. A umidade relativa média do ar apresentou percentuais entre 59% e 80% (GRAF. 29c). A ocorrência de precipitação se deu em 54% dos 13 dias analisados, destacando-se o acumulado do dia 25 com 26,5mm (GRAF. 29d).

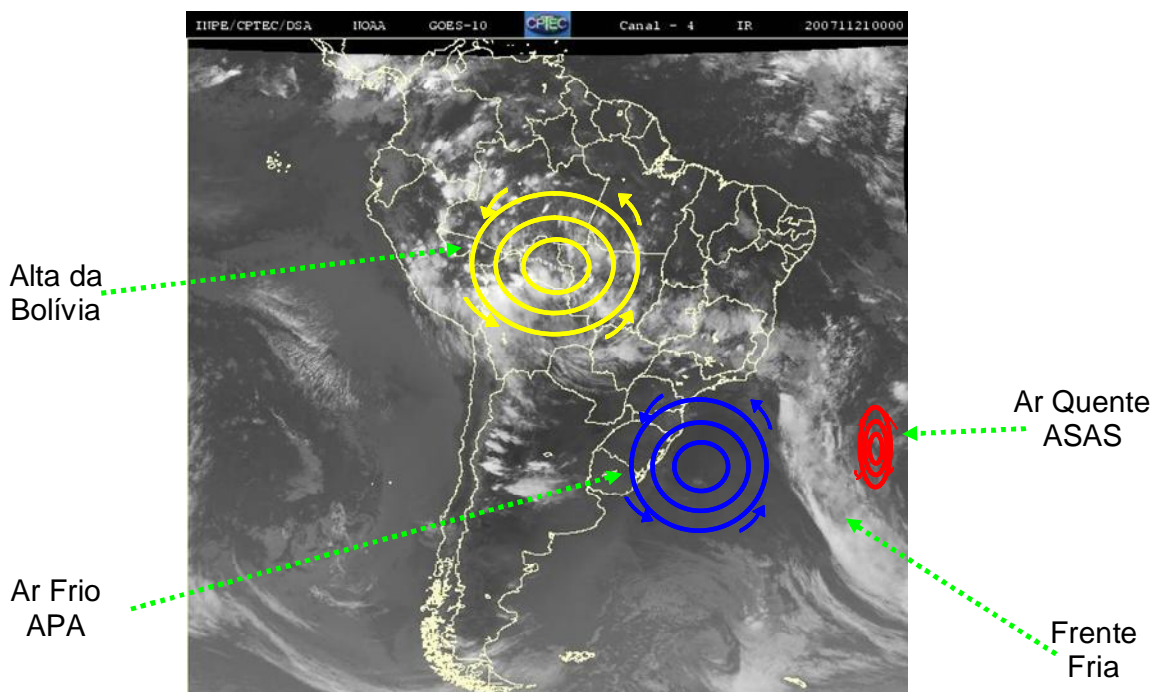


FIGURA 18: Alta da Bolívia e Sistema Frontal
CPTEC/INPE 21/11/2007 – 00:00h GMT

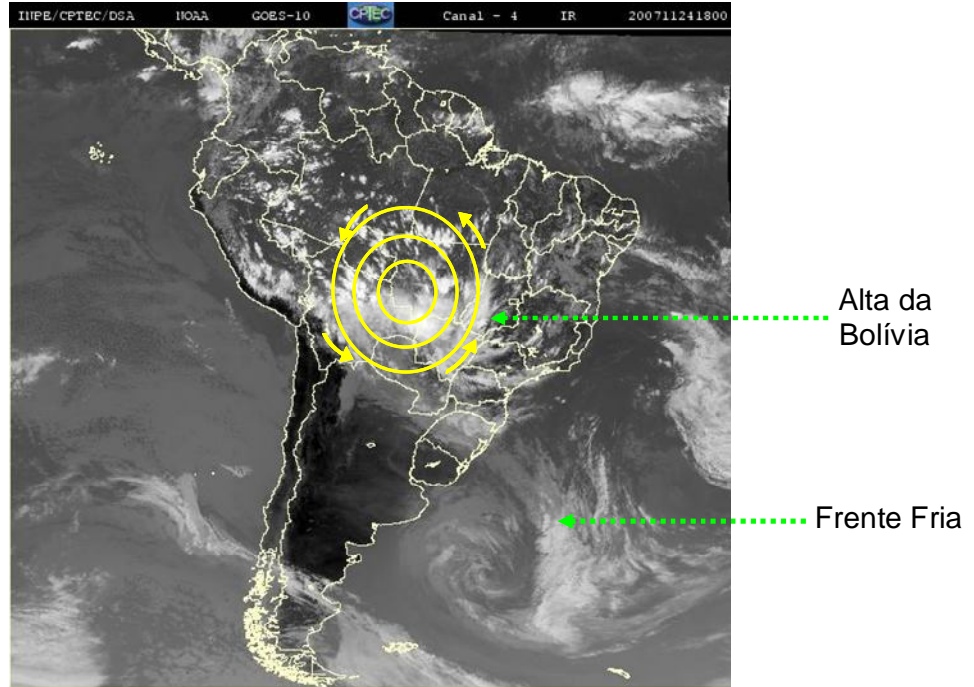


FIGURA 19: Frente Fria Associada a Alta da Bolívia (AB)
CPTEC/INPE 24/11/2007 – 18:00h GMT

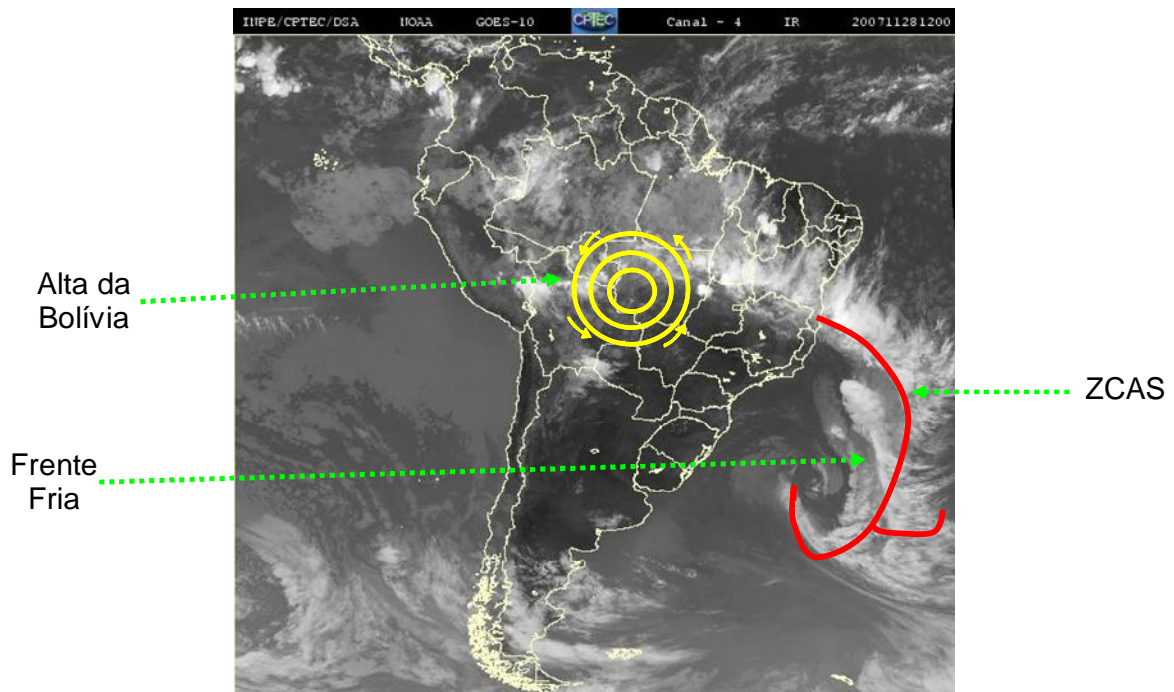


FIGURA 20: ZCAS deslocada para o norte da região Sudeste
CPTEC/INPE 28/11/2007 – 12:00h GMT

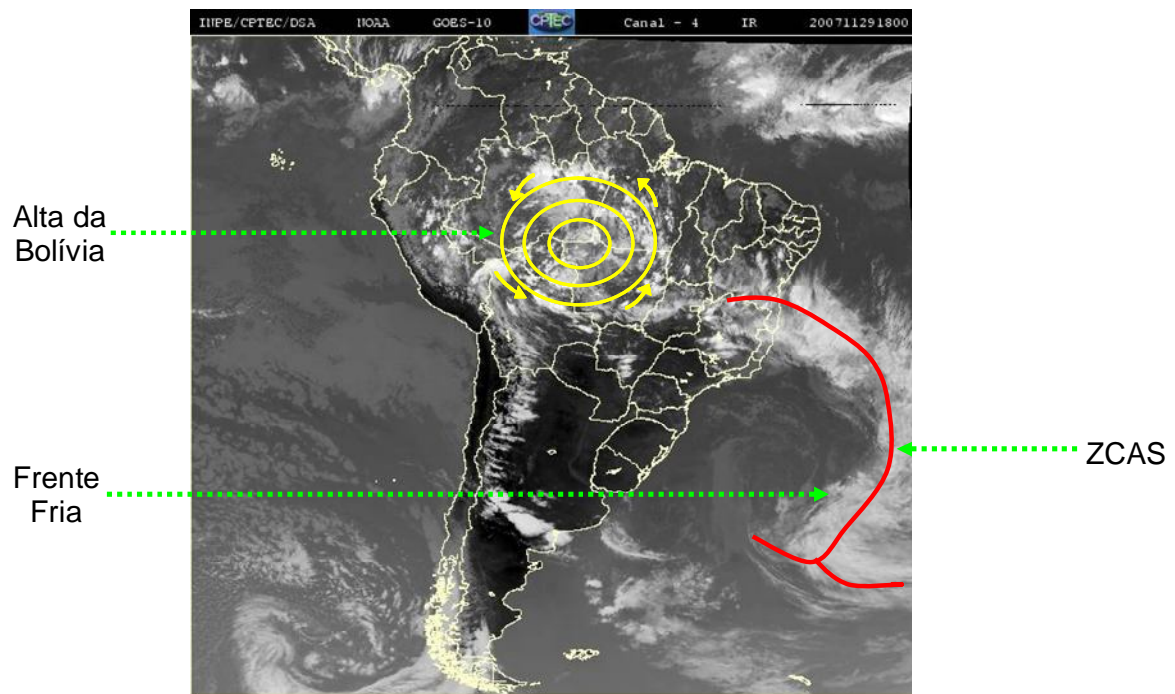


FIGURA 21: ZCAS
CPTEC/INPE 29/11/2007 – 18:00h GMT



GRÁFICO 29: Análise Sinótica – 20 Novembro a 01 de Dezembro de 2007: a) Pressão Atmosférica Média, b) Temperatura do Ar, c) Umidade Relativa Média, d) Acumulado de Precipitação, e) Velocidade Média dos Ventos, f) Direção Predominante dos Ventos, g) Nebulosidade Média
 Dados: Estação CNPMS

4.3. Experimento de Campo com Duração de 24 Horas – 30 de Novembro e 01 de Dezembro de 2007

4.3.1. Análise Espacial e Sinótica

Enquanto os dois experimentos citados anteriormente enfatizavam a variação das condições atmosféricas ao longo do dia, pois os mesmos compreenderam somente leituras ao longo de 12 horas, este trabalho de campo tinha como objetivo principal, observar com maior propriedade a influência do uso e ocupação do solo no resfriamento noturno, através da realização da coleta de dados durante 24 horas. Buscando concentrar os pontos de observação em uma área menor, os 11 pontos dos experimentos anteriores foram reduzidos para 6, sendo cinco dentro da malha urbana – Restaurante Popular (P1), Praça Dom Carmelo Mota (P2), Praça Francisco Sales (P4), Praça da Rodoviária (P5), Cia. Cedro Cachoeira (P7) - e a Embrapa Milho e Sorgo, que permaneceu como referencial de área verde. A delimitação destes locais apoiou-se fundamentalmente em pontos mais urbanizados próximos à área central do município. Outro requisito observado na escolha dos locais, foi a questão da segurança dos observadores e também do equipamento, em razão da necessidade de execução de leituras durante a madrugada. Ressalta-se porém, que a coleta dos dados na Embrapa (P11) se fez apenas nos horários padrões (16h, 22h e 10h) e não de 03 em 03 horas como nos demais pontos.

A análise sinótica para este experimento já foi descrita detalhadamente no tópico 4.2.2. Vale ressaltar que as condições atmosféricas nas quais se realizou o experimento não foram as ideais. A instabilidade resultante da atuação da ZCAS, da Alta da Bolívia e de sistemas frontais, conferiu à região registros elevados de nebulosidade. A cobertura de nuvens pode ter interferido na efetiva identificação dos efeitos das interferências antrópicas nos locais observados.

4.3.1.1.Temperatura do Ar

No período matutino (07h às 13h) os pontos 1 (Restaurante Popular), 2 (Praça Dom Carmelo Mota) e 5 (Praça da Rodoviária) apresentaram os maiores registros de temperatura (GRAF. 30). A ausência de arborização e o índice de impermeabilização elevado contribuem para um maior ganho térmico nestes pontos. Na comparação destes locais com a Embrapa (P11) às 10h, observou-se uma variação térmica de 9°C no ponto 1, 7,2°C no ponto 2 e 8,5°C no ponto 5. As menores temperaturas entre 07h e 13h, ocorreram no ponto 4 (Praça Francisco Sales) às 07h e 10h (24,8°C e 29,7°C respectivamente) e no ponto 7 (Cia. Cedro Cachoeira) às 13h (32,7°C). O sombreamento do abrigo meteorológico pelas construções durante a manhã, justifica este comportamento em ambos os pontos.

Nos horários entre 13 e 19 horas os pontos 2 (Praça Dom Carmelo Mota), 4 (Praça Francisco Sales), 5 (Praça da Rodoviária) e 7 (Cia. Cedro Cachoeira) destacaram-se por possuir temperaturas elevadas (GRAF. 30). Os quatro pontos acima apresentaram maiores ganhos térmicos no período vespertino em razão da intensa impermeabilização do solo e cobertura vegetal reduzida. No ponto 7, a incidência direta dos raios solares no abrigo também justifica este aquecimento, uma vez que, no período matutino as construções o sombrearam. As maiores temperaturas observadas nestes pontos foram 35,3°C às 13h e 31,5°C às 19h, ambas no ponto 4. No ponto 2 o maior registro ocorreu às 16h (34,6°C). No mesmo horário, as variações térmicas observadas entre a Embrapa e os pontos 2 e 4 foram respectivamente 6,9°C e 6,8°C. Nas leituras de 13h e 16h o ponto 1 (Restaurante Popular) destacou-se com as menores temperaturas, 28,3°C e 31,6°C respectivamente. Apesar do elevado índice de impermeabilização e ausência de cobertura vegetal, sugere-se que o maior espaçamento entre as edificações existentes contribui para um menor aquecimento deste ponto no período vespertino quando comparado aos demais. Às 19h o menor registro (27°C) foi observado no ponto 7, que começa a perder a energia solar acumulada durante o dia, neste horário (GRAF.30).

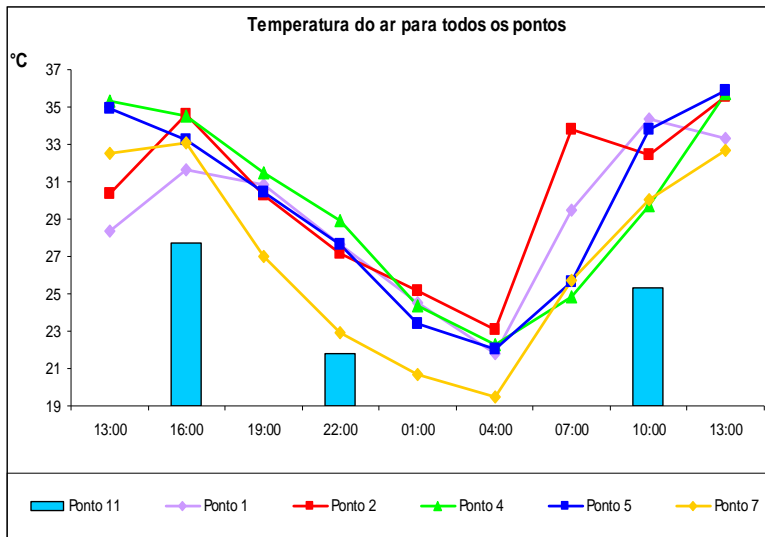
Os pontos 1 (Restaurante Popular), 2 (Praça Dom Carmelo Mota), 4 (Praça Francisco Sales) e 5 (Praça da Rodoviária) destacaram-se com registros elevados de temperatura durante a noite. Às 07h do dia 01 de dezembro, o ponto 2

apresentou o maior registro do período noturno, 33,8°C. Quando comparados a Embrapa às 22h as variações térmicas foram de 5,8°C no ponto 1, 5,4°C no ponto 2, 7,1°C no ponto 4 e 5,9°C no ponto 5. O ponto 7 (Cia. Cedro Cachoeira) apresentou as mais baixas temperaturas do período noturno, destacando-se o registro das 04h (19,5°C).

As maiores temperaturas máximas – 35,6°C, 35,7°C e 35,9°C – foram observadas nos pontos 2 (Praça Dom Carmelo Mota), 4 (Praça Francisco Sales) e 5 (Praça da Rodoviária) respectivamente (GRAF. 31). A variação térmica constatada entre os pontos 5 e 11 foi de 8,2°C. Os pontos 1 (Restaurante Popular) e 7 (Cia. Cedro Cachoeira) apresentaram máximas abaixo da máxima média urbana (34,9°C), 34,3°C no ponto 1 e 33,1°C no ponto 7.

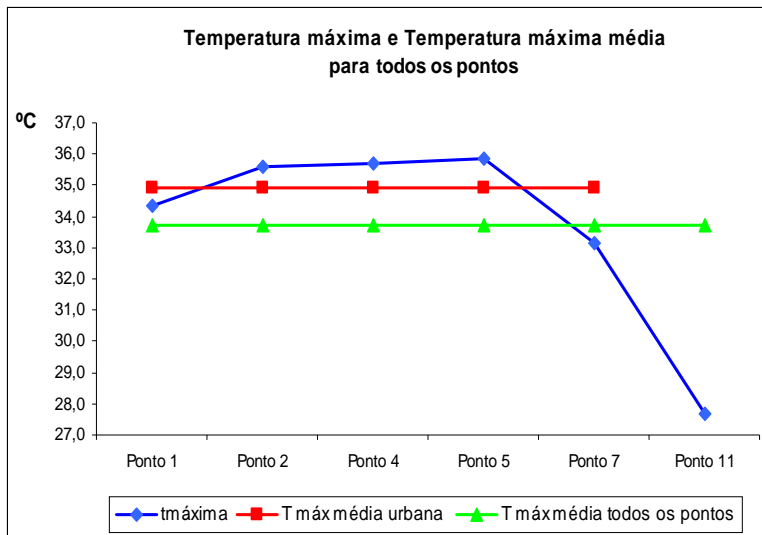
A maior temperatura mínima, 23,1°C, ocorreu no ponto 2 (Praça Dom Carmelo Mota) seguida pelos registros dos pontos 4 – Praça Francisco Sales - (22,3°C) e 5 – Praça da Rodoviária (22,1°C). Os pontos 1 (Restaurante Popular) e 7 (Cia. Cedro Cachoeira) destacaram-se com as menores mínimas, sendo o registro do ponto 1 (21,8°C), igual à mínima média urbana e ao registro da Embrapa (GRAF. 32). O ponto 7 apresentou uma temperatura mínima menor que a da Embrapa (19,5°C). Tais registros evidenciam um maior resfriamento noturno em ambos os pontos.

As maiores amplitudes térmicas foram observadas nos pontos 4 (Praça Francisco Sales), 5 (Praça da Rodoviária) e 7 (Cia. Cedro Cachoeira) – 13,4°C, 13,8°C e 13,6°C – respectivamente. Nos pontos 4 e 5 esta amplitude é justificada pelas maiores máximas e mínimas e no ponto 7 pelas menores máximas e mínimas. Os pontos 1 (Restaurante Popular), 2 (Praça Dom Carmelo Mota) e 11 (Embrapa) apresentaram as menores amplitudes térmicas (12,5°C nos pontos 1 e 2, e 5,9°C no ponto 11), em razão dos baixos registros de mínimas e máximas nos pontos 1 e 11 e das elevadas mínimas e máximas no ponto 2 (GRAF. 33).



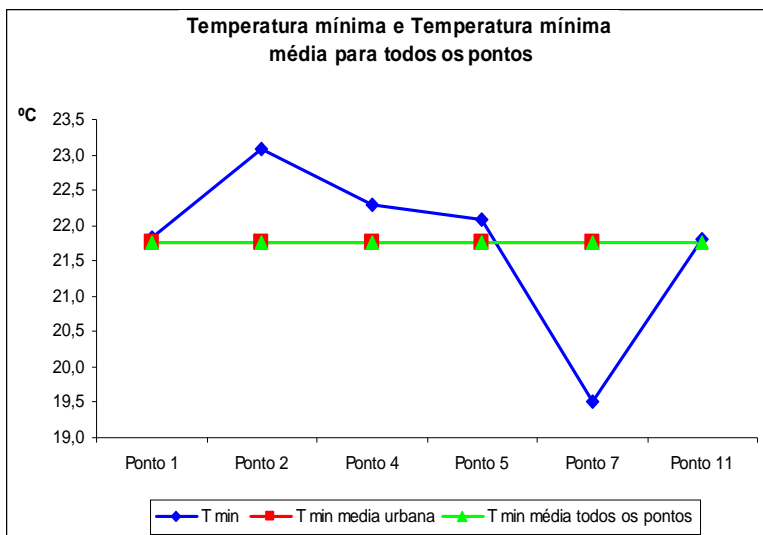
Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 30: Temperatura do Ar para Todos os pontos – Município de Sete Lagoas
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS



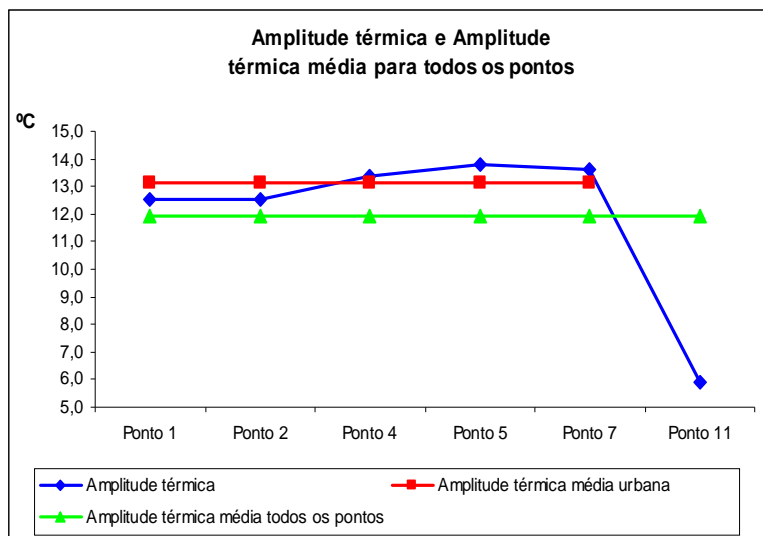
Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 31: Comparação entre as Temperaturas Máximas – Município de Sete Lagoas
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS



Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 32: Comparação entre as Temperaturas Mínimas – Município de Sete Lagoas
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS



Ponto 1: Restaurante Popular
 Ponto 2: Praça Dom Carmelo Mota
 Ponto 4: Praça Francisco Sales
 Ponto 5: Praça da Rodoviária
 Ponto 7: CIA. Cedro Cachoeira
 Ponto 11: Estação Climatológica - Embrapa

GRÁFICO 33: Comparação entre as Amplitudes Térmicas – Município de Sete Lagoas
 Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

4.3.1.2.Umidade Relativa do Ar

A análise da umidade relativa do ar (GRAF. 34) mostrou que o ponto 7 (Cia. Cedro Cachoeira), destacou-se entre os demais, com registros elevados durante as 24 horas analisadas. O maior registro do experimento ocorreu neste ponto às 07h (59%), índice igual ao observado na Embrapa às 10h. Às 10h e 13h o ponto 2 (Praça Dom Carmelo Mota), quando comparado aos demais pontos, apresentou registros elevados de umidade relativa (39% e 34% respectivamente). Apesar de apresentar temperaturas elevadas durante a manhã, que em tese deveria favorecer uma queda da umidade relativa, o ponto 2 possui em seus arredores dois corpos d'água que podem estar disponibilizando vapor d'água na atmosfera local. Devido ao baixo índice de umidade observado neste ponto às 07h (42%), sugere-se que o aquecimento dos espelhos d'água no decorrer da manhã esteja colaborando para o aumento da umidade nos demais horários matutinos. Às 07h e 10h o ponto 4 (Praça Francisco Sales), quando comparado aos demais locais, apresentou altos índices de umidade relativa (57% e 41% respectivamente). Os baixos registros de umidade no período matutino, foram observados nos pontos 1 (Restaurante Popular), 4 (Praça Francisco Sales) às 13h e 5 (Praça da Rodoviária). O ponto 1 destacou-se às 10h e 13h com um índice de 33%, o ponto 5 às 13h (31%) e o ponto 4 também às 13h com índice de 29%, o menor de todo o experimento. Este decréscimo da umidade relativa às 13h justifica-se pelo aumento das temperaturas no referido horário. A existência de um corpo d'água nas proximidades do ponto 4, não favoreceu a observação de maiores índices de umidade relativa no período matutino. Sugere-se que o trânsito intenso de veículos e pedestres esteja lançando calor na atmosfera local, aumentando a temperatura e, conseqüentemente, diminuindo a umidade relativa.

No período vespertino o ponto 7 (Cia. Cedro Cachoeira) destacou-se às 19h com um índice de 53% de umidade relativa, justificado pela baixa temperatura observada no referido horário. A menor umidade relativa deste período (34%) ocorreu nos pontos 4 (Praça Francisco Sales) e 5 (Praça da Rodoviária) às 16h e 13h respectivamente. Ambos os pontos apresentaram temperaturas elevadas durante a tarde, favorecidas pela intensa urbanização e ausência de cobertura vegetal (GRAF. 34).

À noite, o ponto 7 (Cia. Cedro Cachoeira) apresentou-se às 04h com maior umidade relativa que a Embrapa (79% e 74% respectivamente), em razão da menor temperatura observada neste ponto também às 04h. O ponto 4 (Praça Francisco Sales), em virtude de um maior aquecimento noturno, apresentou às 19h o menor índice de umidade relativa (37%). Quando comparado ao ponto 7 (maior registro de umidade no período noturno) a diferença observada no ponto 4 foi de 42% (GRAF. 34).

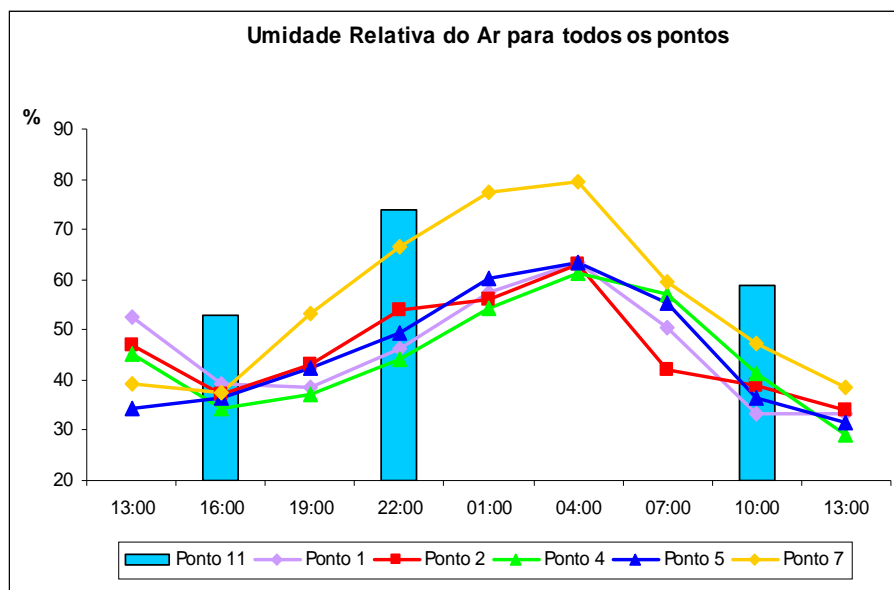


GRÁFICO 34: Comparação entre os Índices de Umidade Relativa do Ar – Município de Sete Lagoas
Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

4.3.1.3. Ventos

A velocidade dos ventos mostrou-se influenciada pela urbanização, variando entre zero e três metros por segundo. Os pontos 1 (Restaurante Popular) e 5 (Praça da Rodoviária) destacaram-se com valores elevados no período matutino, quando comparados aos demais pontos. À tarde os pontos 2 (Praça Dom Carmelo Mota) e 11 (Embrapa) obtiveram as maiores velocidades de vento. No período noturno, os pontos 1 e 5 voltaram a se destacar com velocidades elevadas (GRAF. 35). Os pontos 1, 2 e 11 apresentam um maior distanciamento entre suas edificações,

oferecendo menor atrito à movimentação do ar. No ponto 5, que possui uma maior densidade de construções e, em tese, deveria oferecer maior resistência à movimentação do ar, registraram-se velocidades dos ventos elevadas, comparadas aos demais pontos, devido a uma circulação local.

Apesar da interferência da rugosidade do tecido urbano ter dificultado a identificação da direção preferencial dos ventos, pois ocorreram mudanças súbitas durante os horários de coleta de dados, observou-se uma predominância dos ventos do quadrante Leste em quatro dos seis pontos observados (GRAF. 36). A influência da larga escala sobre a escala local, fica evidenciada, neste caso a partir da atuação do Anticiclone Polar (AP).

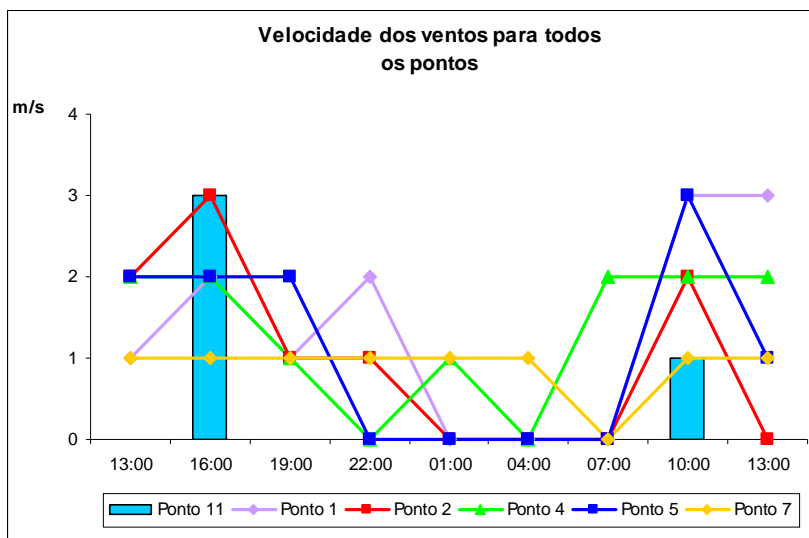


GRÁFICO 35: Comparação entre as Velocidades dos Ventos – Município de Sete Lagoas

Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

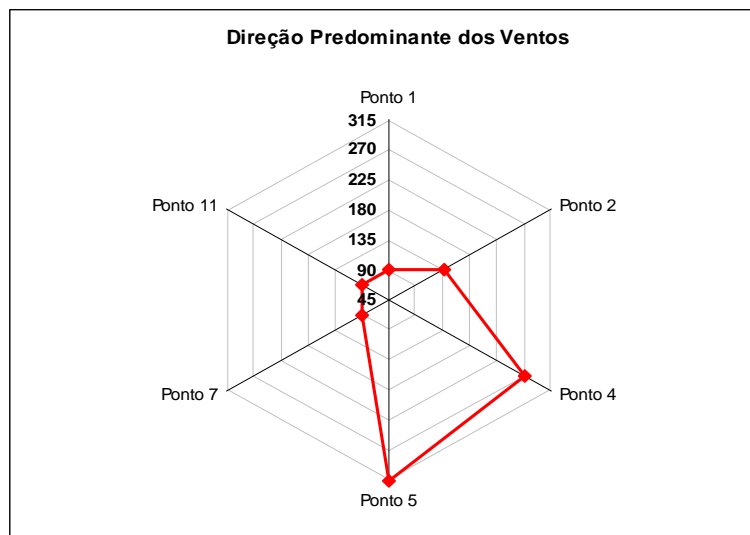


GRÁFICO 36: Direção Predominante dos Ventos – Município de Sete Lagoas
Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

4.3.1.4. Nebulosidade

Quando comparado aos demais pontos, a Cia. Cedro Cachoeira (P7) apresenta índices elevados de nebulosidades nos períodos matutino, vespertino e noturno.

Os registros no ponto 7, durante o período matutino oscilaram entre 02 e 06 décimos às 10h e às 13h do dia 01 de dezembro (GRAF. 37). As 10h o ponto 11 (Embrapa) apresentou o maior registro de cobertura de nuvens – 03 décimos. Devido ao menor aquecimento da atmosfera às 07h, todos os pontos da malha urbana não apresentaram nebulosidade no referido horário. Os pontos 1 (Restaurante Popular), 2 (Praça Dom Carmelo Mota), 4 (Praça Francisco Sales) e 5 (Praça da Rodoviária) obtiveram os mais baixos registros de nebulosidade às 10h, 01 décimo em todos os pontos.

No período vespertino, além do ponto 7, destacaram-se também os pontos 1 (Restaurante Popular) e 5 (Praça da Rodoviária), ambos com 03/10 de nebulosidade às 13h (GRAF. 37). Os pontos 2 (Praça Dom Carmelo Mota) e 4 (Praça Francisco Sales), apresentaram baixos registros nos horários de 16h e 19h, 01/10 às 16h em ambos os pontos e 01/10 no ponto 2 e ausência de cobertura de nuvens no ponto 4

às 19h. Sugere-se que a visão da abóbada celeste por parte do observador, tenha sido prejudicada devido a geometria das construções nos referidos locais.

Às 19h, início do período noturno, os pontos 1(Restaurante Popular), 2 (Praça Dom Carmelo Mota) e 7 (Cia. Cedro Cachoeira) foram os únicos a apresentarem cobertura de nuvens, 1/10 nos pontos 1 e 2 e 2/10 no ponto 7. Das 22h às 07h todos os pontos registraram ausência de nebulosidade (GRAF. 37).

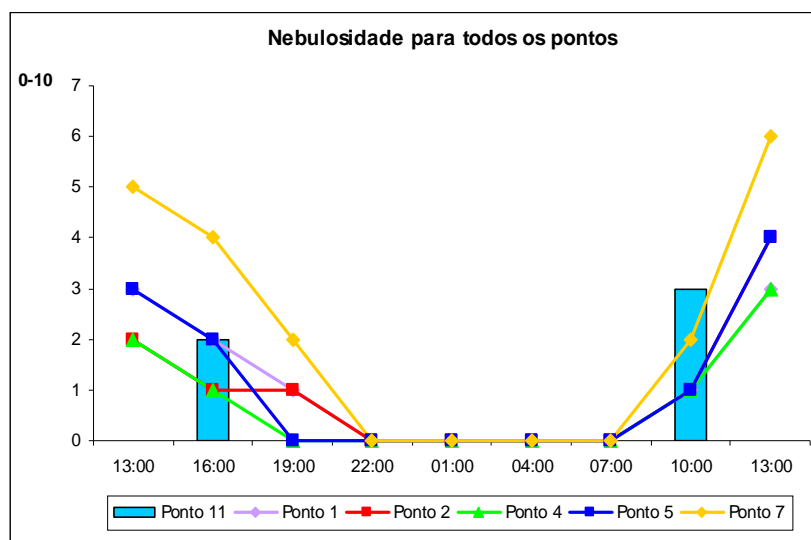


GRÁFICO 37: Comparação da Nebulosidade – Município de Sete Lagoas

Dados: Experimentos de Campo e Estação CNPMS

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os experimentos que tiveram suas análises expostas no presente estudo, contribuem com o entendimento do clima urbano do município de Sete Lagoas, sugerindo que a aglomeração urbana promove um maior acúmulo de energia solar em relação às áreas menos urbanizadas. A comparação entre os dados da Embrapa (P11), referencial de área verde do experimento, e os demais pontos, localizados na malha urbana, permitiu esta constatação. Todos os pontos observados apresentaram maior ganho térmico que o ponto 11.

Em agosto os pontos 5 (Praça da Rodoviária) e 7 (Cia. Cedro Cachoeira) apresentaram as maiores temperaturas médias, evidenciando um maior aquecimento constatado nos períodos matutino, vespertino e noturno. A elevada impermeabilização e a escassez de cobertura vegetal proporcionam um maior acúmulo de energia solar, contribuindo para o aquecimento da atmosfera local. Sugeriu-se que a limitação da circulação de ar proporcionada pelas edificações existentes no ponto 7, também contribuiu para estes elevados registros de temperatura. Além dos pontos 5 e 7, destacaram-se, também, com elevados registros de temperatura, o SESI – P10 – (período matutino), nos horários entre 13h e 17h a Escola Técnica (P9) e no período noturno os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza) e 4 (Praça Francisco Sales). Assim como nos pontos 5 e 7, a predominância da impermeabilização do solo influenciou as condições térmicas observadas nestes locais.

A configuração da ilha de calor, observada neste campo na leitura de 21 horas, se fez nos pontos 3 (Praça Alexandre Lanza), 4 (Praça Francisco Sales), 5 (Praça da Rodoviária) e 7 (Cia. Cedro Cachoeira), onde as variações térmicas noturnas, quando comparados os registros da Embrapa (P11) e dos demais pontos localizados na malha urbana, foram maiores. A maior variação térmica noturna ocorreu no ponto 7 (5,6°C) no dia 09 de agosto.

Os pontos 6 (25º BPM) e 8 (Casa Máxima) destacaram-se com os menores registros de temperaturas médias, justificados pela topografia no ponto 6 e pela presença significativa de vegetação e existência de um curso d'água no ponto 8. Sugeriu-se que o maior espaçamento entre as edificações existentes no ponto 8, possa ter também favorecido um maior resfriamento da atmosfera local. Tais pontos

apresentaram ao longo de todo experimento maior resfriamento noturno, tendo o ponto 8 registrado também um menor aquecimento no período vespertino. No ponto 3 foram observados menores registros de temperatura no período matutino e vespertino. Destacou-se também no período matutino o ponto 4. O sombreamento do abrigo meteorológico, no ponto 3 por uma árvore e no ponto 4 pelas edificações, favoreceu estes baixos registros de temperatura.

No segundo experimento, realizado em novembro, os pontos 1 (Restaurante Popular) e 5 (Praça da Rodoviária) destacaram-se com elevadas médias de temperatura. Na análise horária das temperaturas os pontos 1 (Restaurante Popular), 6 (25º BPM), 7 (Cia. Cedro Cachoeira) e 10 (SESI) apresentaram elevados registros no período matutino, mantendo este comportamento, com exceção do ponto 6, no período vespertino. No período noturno, quando evidenciam-se as trocas térmicas entre as edificações, os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza), 4 (Praça Francisco Sales) e 5 (Praça da Rodoviária) destacaram-se com os maiores registros de temperatura.

Assim como em agosto, os pontos 6 (25º BPM) e 8 (CasaMáxima) apresentaram baixos registros de temperatura média, definindo-se como pontos de frescor dentro da malha urbana. Na análise horária, os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza) e 8 (CasaMáxima) destacaram-se entre os demais localizados na malha urbana, com baixos registros de temperatura nos períodos matutino e vespertino. No período noturno, o 25º BPM (P6), a CasaMáxima (P8) e a Escola Técnica (P9) apresentaram um maior resfriamento e conseqüentemente temperaturas mais baixas quando comparados aos demais locais observados. No ponto 9, esta maior rapidez na liberação da energia solar acumulada se fez devido à intensa urbanização.

A análise da configuração e intensidade da ilha de calor urbana em novembro se fez às 22 horas, último horário de coleta do período noturno, no qual destacaram-se os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza), 4 (Praça Francisco Sales) e 5 (Praça da Rodoviária) com as maiores variações térmicas quando comparados à Embrapa (P11), referencial de área verde do experimento. O ponto 5, no dia 24, apresentou a maior variação térmica noturna (4,7°C).

Na análise horária do terceiro experimento realizado durante 24 horas, os pontos 2 (Praça Dom Carmelo Mota) e 5 (Praça da Rodoviária) apresentaram registros de temperatura elevados nos períodos matutino, vespertino e noturno. Destacaram-se também o Restaurante Popular (P1) nos períodos matutino e

noturno, a Praça Francisco Sales (P4) nos períodos vespertino e noturno e a Cia. Cedro Cachoeira (P7) no período vespertino.

Na malha urbana, foram observadas baixas temperaturas no período matutino no ponto 4 (Praça Francisco Sales) e no matutino e noturno no ponto 7 (Cia. Cedro Cachoeira). No período vespertino os baixos registros de temperatura foram constatados no ponto 1 (Restaurante Popular).

Os pontos que retiveram maior quantidade de energia à noite, constituindo-se em ilhas de calor urbanas, foram o Restaurante Popular (P1), a Praça Dom Carmelo Mota (P2), a Praça Francisco Sales (P4) e a Praça da Rodoviária (P5). Quando comparados à Embrapa às 22 horas, a maior variação térmica ocorreu no ponto 4 (7,1°C).

Os maiores índices de umidade relativa média do ar em agosto foram observados nos pontos 8 (CasaMáxima) e 11 (Embrapa). Em ambos, sugeriu-se que a presença de corpos d'água em suas proximidades possa ter contribuído para uma maior disponibilização de vapor na atmosfera local. No ponto 11, a evapotranspiração produzida pela cobertura vegetal significativa, também foi responsável pelos elevados índices de umidade relativa do ar. Estes pontos mantiveram o mesmo comportamento durante o experimento de novembro.

Em razão da pouca cobertura vegetal e do excesso de impermeabilização, o ponto 5 (Praça da Rodoviária), destacou-se com baixos índices de umidade relativa média durante os experimentos de agosto e novembro. O ponto 1 (Restaurante Popular) também apresentou baixas médias no mês de novembro.

A análise horária da umidade relativa do ar mostrou que nos meses de agosto e novembro, grande parte dos maiores índices se concentrou no período noturno, em razão da queda da temperatura do ar. Neste horário, além dos pontos 8 e 11, destacou-se com percentuais elevados de umidade relativa o ponto 6 (25º BPM). A topografia que promoveu menores registros de temperatura neste ponto favoreceu estes índices elevados de umidade relativa no período noturno. O maior resfriamento noturno no ponto 7 (Cia. Cedro Cachoeira) também contribuiu para que este ponto se destacasse entre os demais com índices elevados de umidade relativa durante o experimento de 24 horas, chegando a superar o valor registrado na Embrapa (P11) em 5% às 04 horas do dia 01 de dezembro. Quando comparado ao ponto 4 (Praça Francisco Sales), no qual observou-se o menor registro de umidade relativa às 19 horas, a diferença positiva do ponto 7 foi de 42%.

No elemento climático vento, tanto na direção quanto na velocidade, foram observadas grandes interferências da rugosidade do tecido urbano. O ponto 6 destacou-se nos experimentos de agosto e novembro com velocidades médias elevadas. A pouca quantidade de obstáculos oferecida à circulação do ar, favoreceu este comportamento no referido ponto.

Na análise horária dos ventos, os pontos 1 (Restaurante Popular) e 5 (Praça da Rodoviária) apresentaram médias de velocidade elevadas nos períodos matutino e noturno. Esta constatação no ponto 1 é justificada por um maior distanciamento entre as edificações. No ponto 5, por apresentar maior densidade de construções, fato este que deveria oferecer uma maior resistência à circulação do ar, sugere-se que as médias elevadas são produto da atuação de uma circulação local.

É importante ressaltar que a identificação da ilha de calor não requer a observação de diferenças espetaculares entre o referencial rural e o urbano. Cada local apresentará variações térmicas de acordo com suas particularidades, o que não quer dizer também que, uma cidade apresente uma única ilha de calor. Uma dada localidade, de acordo com suas características, poderá apresentar um arquipélago. O ponto mais importante a ser observado não são os valores elevados das diferenças térmicas e sim, as diferenças existentes entre o ar comprometido pelas interferências antrópicas e o ar livre, onde estas interferências são nulas ou pouco significativas.

Sugere-se que no município de Sete Lagoas existam alguns locais onde é observada a configuração da ilha de calor. Os pontos 3 (Praça Alexandre Lanza), 4 (Praça Francisco Sales) e 5 (Praça da Rodoviária), quando comparados à Embrapa (P11), apresentaram as maiores variações térmicas no período noturno nos experimentos de agosto e novembro. O ponto 7 (Cia. Cedro Cachoeira) destacou-se apenas no experimento de agosto. No experimento de 24 horas, os pontos 4 e 5 voltaram a se destacar. Nos pontos 1 (Restaurante Popular) e 2 (Praça Dom Carmelo Mota) também foram observadas elevadas variações térmicas, porém somente no experimento de 24 horas. Todos os pontos acima citados localizam-se na área central de Sete Lagoas, corroborando informações constadas nos modelos teóricos e empíricos da literatura específica, os quais citam uma tendência de aumento das temperaturas da periferia em direção ao centro.

O presente trabalho procurou enfatizar a influência da urbanização no aumento das temperaturas do ar, bem como o papel das áreas verdes e de corpos

d'água na amenização destas temperaturas. Neste contexto, onde há muito a se fazer para que os fatores ambientais sejam considerados na gestão do espaço da urbe, foram elaboradas algumas sugestões e alternativas para mitigar os problemas provenientes do processo de urbanização.

Primeiramente sugere-se que a elevada densidade de ocupação urbana e a pavimentação do solo deveriam ser contrabalanceadas com a manutenção ou criação de áreas verdes, que contribuam para a amenização das condições climáticas. Na região central do município, a implantação destas mudanças não seria possível, pois a mesma já se encontra consolidada. No entanto, em seu entorno, a valorização das áreas verdes, pode ser feita a partir da definição de uma área mínima de cobertura vegetal para cada terreno construído;

Por tratar-se de uma cidade de médio porte extremamente impermeabilizada, com predominância de cobertura asfáltica e cimento, recomenda-se a substituição de algumas áreas pavimentadas por coberturas alternativas do solo que promovam um menor aquecimento da superfície, assim como a avaliação da melhor alternativa nas futuras intervenções no capeamento do solo natural. As calçadas das residências constituem um exemplo no qual é possível instaurar mudanças. Por serem, em sua grande maioria, totalmente impermeabilizadas, caracterizam-se por um fluxo térmico predominante de calor sensível. Sempre que possível, poderia ser adotada uma pavimentação entremeada com vegetação rasteira, que perderia calor através da evaporação – calor latente, favorecendo um maior resfriamento indireto do ar.

Por fim, recomenda-se que a ocupação urbana não seja feita de forma contínua, de maneira a favorecer maior circulação do ar entre as construções. Deve-se, portanto, evitar o aglomerado de prédios, situação já constatada em algumas novas ocupações residenciais.

Aproveitar os espaços intra-urbanos, buscando mitigar os conflitos ambientais gerados pela apropriação destes espaços trata-se de um desafio. Este desafio deverá promover um planejamento técnico e político de desenvolvimento, que não se limite a considerar somente fatores imediatos de ordem econômica ou provenientes do extremismo ecológico, mas sim que busque a diminuição dos conflitos entre desenvolvimento e conservação de um ambiente urbano salutar. Para subsidiar este planejamento, o conhecimento dos fatores climáticos locais e das diversas relações que ocorrem dentro das cidades é fundamental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. de *et al.* **Comportamento temporal de séries climáticas.** Parte I: Climatologia de Belo Horizonte – MG (Brasil). In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília. **Anais ...** Brasília, 1998. (CD-ROM).

ABREU, M. L. de. Uso de modelos de circulação geral da atmosfera para simular o clima e a variabilidade climática. In: SANT'ANNA NETO, J. L. **Variabilidade e mudanças climáticas:** implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: Eduem, 2000. p. 83-93.

ABREU, M. L. de; ASSIS, W. L. **A ilha de calor em Belo Horizonte:** um estudo de caso. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília. **Anais ...** Brasília, 1998. (CD-ROM).

ABREU, M. L. de; ASSIS, W. L. **Variações dos parâmetros meteorológicos sobre o município de Belo Horizonte:** primeiras abordagens. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 5, 1999, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 1999. (CD-ROM).

ABREU, M. L. de; BARROSO, T. P. **Caracterização climática dos ventos associados a eventos de precipitação extrema em Belo Horizonte – MG.** In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 10, 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2003. (CD-ROM).

ARAÚJO, V. M. D. *et al.* **Estudos do clima urbano de Natal – RN como ferramentas para o planejamento urbano e edificações.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 5, 1999, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 1999. (CD-ROM).

ASSIS, E. S. de. **A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade:** reflexões sobre uma trajetória. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 8, 2005, Maceió. **Anais ...** Maceió, 2005. (CD-ROM).

ASSIS, E. S. de. **Avaliação da influência do uso e ocupação do solo urbano sobre formação da ilha de calor na cidade de Belo Horizonte, MG.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 1, 1990, Gramado. **Anais ...** Gramado, 1990. (CD-ROM).

ASSIS, E. S. de. **Bases teóricas para a aplicação da climatologia ao planejamento urbano.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 4, 1997, Salvador. **Anais ...** Salvador, 1997. (CD-ROM).

ASSIS, E. S. de. **Conforto térmico urbano - estudo de caso do bairro Floresta – Belo Horizonte.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 6, 2001, São Pedro. **Anais ...** São Pedro, 2001. (CD-ROM).

ASSIS, E. S. de. Métodos preditivos da climatologia como subsídios ao planejamento urbano: aplicação em conforto térmico. **Terra Livre**, São Paulo, ano 19, v. 1, n. 20, p. 145-158, jan./jul. 2003.

ASSIS, W. L. **Análise do campo térmico e higrício em Belo Horizonte.** 2001. 153f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ASSIS, W. L.; ABREU, M. L. de. **Variação temporal e espacial dos parâmetros meteorológicos sobre o município de Belo Horizonte – MG.** In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 5, 2002, Curitiba. **Anais ...** Curitiba, 2002. (CD-ROM).

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os Trópicos.** Tradução Maria Juraci Zani dos Santos. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 332p.

AZEVEDO, G. G. de. **A Região de Sete Lagoas (Estudo geográfico).** 1963. 109f. Tese (Livre docência) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Filosofia, Belo Horizonte.

BARBIRATO, G. M. **Microclimas urbanos em Maceió – AL.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 5, 1999, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 1999. (CD-ROM).

BARBUGLI, R. A.; RORIZ, M. **Mapeamento das temperaturas do ar na cidade de Araraquara, São Paulo, Brasil.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 8, 2005, Maceió. **Anais ...** Maceió, 2005. (CD-ROM).

BARRY, G.; CHORLEY, R. J. **Atmósfera, tiempo y clima.** Barcelona: Omega, 1980. 395p.

BERTACCHI, M. L.; FARIA, J. R. G. de. **Ilhas de calor na cidade de Bauru (SP):** as diferenças de temperatura e a configuração do solo local. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 7, 2003, Curitiba. **Anais ...** Curitiba, 2003. (CD-ROM).

BESSAT, F. A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhar geográfico. **Terra Livre**, São Paulo, ano 19, v. 1, n. 20, p. 11-26, jan./jul. 2003.

BRANDÃO, A. M. de P. M. A ilha de calor de outono na cidade do Rio de Janeiro: configuração em situações sinóticas contrastantes. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATTINI, J. A (Orgs.) **Variabilidade e mudanças climáticas:** implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: Eduem, 2000. p. 193-210.

BRANDÃO, A. M. de P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. In: MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F (Orgs.) **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, 2003. p. 121-153.

Brasil. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas (1961 – 1990).** Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Brasília, 1992.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censos Demográficos 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000 e contagem populacional de 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2007.

C. BRANCO, A. E.; ARAÚJO, V. M. D. **O desenho urbano e sua relação com o microclima:** um estudo comparativo entre duas áreas centrais em Teresina – Piauí. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 6, 2001, São Pedro. **Anais ...** São Pedro, 2001. (CD-ROM).

CABRAL, E. **Tendências térmicas urbanas no município de São Paulo (1887-1995).** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília. **Anais ...** Brasília, 1998. (CD-ROM).

CARLO, J. C.; ASSIS, E. S. **Métodos climatológicos aplicados ao planejamento urbano – estudo de caso:** Campus Pampulha UFMG. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 5, 1999, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 1999. (CD-ROM).

CARVALHO, M. L. A . M. de. **Impacto do ambiente construído sobre o clima.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2, 1993, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis, 1993. (CD-ROM).

Climanálise – **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Cachoeira Paulista, v. 22, n. 08, ago. 2007. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise>>. Acesso em: 10 jan. 2008.

Climanálise – **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Cachoeira Paulista, v. 22, n. 11, nov. 2007. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise>>. Acesso em: 10 jan. 2008.

Climanálise – **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Cachoeira Paulista, v. 22, n. 12, dez. 2007. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise>>. Acesso em: 10 jan. 2008.

Climanálise Número Especial – **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Cachoeira Paulista. INPE/CPTEC, 1986. 125p.

Climanálise Número Especial – **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Cachoeira Paulista. INPE/CPTEC, 1996. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise>>. Acesso em: 02 dez. 2006.

CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: SANT'ANNA NETO, J. L. **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000. p. 17-28.

COSTA, A. C. L. da.; MATTOS, A. **Estudo da ilha de calor urbana em cidade de pequeno porte na Região Equatorial**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília. **Anais ... Brasília, 1998a.** (CD-ROM).

COSTA, A. C. L. da.; MATTOS, A. **Estudo da ilha de calor urbana em cidade de grande porte na Região Equatorial**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília. **Anais ... Brasília, 1998b.** (CD-ROM).

COSTA, A. C. L. da.; MATTOS, A. **Influência das atividades antrópicas no comportamento térmico sazonal da cidade de Belém – PA**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998c, Brasília. **Anais ... Brasília, 1998.** (CD-ROM).

COSTA, A. C. L. da.; MATTOS, A. **Variações sazonais da ilha de calor urbana na cidade de Belém – PA**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro. **Anais ... Rio de Janeiro: UERJ, 2000.** (CD-ROM).

CUNICO, C. *et al.* **Amostragem dos contrastes termohigrométricos em ambientes de distintos usos do solo do centro de Curitiba/PR.** In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 5, 2002, Curitiba. **Anais ...** Curitiba, 2002. (CD-ROM).

DANNI-OLIVEIRA, I. M. A cidade de Curitiba e a poluição do ar. In: MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. (Orgs.). **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, 2003. p. 155-173.

DUARTE, D.; MAITELLI, G. **Clima urbano e planejamento em Regiões Tropicais continentais.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 5, 1999, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 1999. (CD-ROM).

DUARTE, D.; SERRA, G. G. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na Região de Clima Tropical Continental.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 6, 2001, São Pedro. **Anais ...** São Pedro, 2001. (CD-ROM).

Escala Beaufort – Eólica. Disponível em: <<http://www.ufrj.br>>. Acesso em: 15 mai. 2007.

FERNANDES, P. L.; BARBIRATO, G. M. **Análise microclimática do centro urbano de Maceió-AL.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 6, 2001, São Pedro. **Anais ...** São Pedro, 2001. (CD-ROM).

FERREIRA, A. G. **Interpretação de imagens de satélites meteorológicos: uma visão prática e operacional do Hemisfério Sul.** Brasília: Stilo, 2002. 270p.

FIALHO, E. S.; BRANDÃO, A. M. de P. M. **A delimitação de climas urbanos na cidade do Rio de Janeiro: um estudo de caso na Ilha do Governador.** In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 5, 2002, Curitiba. **Anais ...** Curitiba, 2002. (CD-ROM).

FIALHO, E. S.; BRANDÃO, A. M. de P. M. **A variabilidade temporoespacial do campo térmico na Ilha do Governador – RJ em situações sazonais contrastantes.** In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 5, 2002, Curitiba. **Anais ...** Curitiba, 2002. (CD-ROM).

FONTES, M. S. G. de C. **Análise da correlação entre temperatura do ar e elementos da estrutura urbana, na cidade de São Carlos – SP.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 5, 1999, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 1999. (CD-ROM).

FREITAS, R. **O que é conforto.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 8, 2005, Maceió. **Anais ...** Maceió, 2005. (CD-ROM).

GOMES, A. D. **Influências das condições climáticas sobre as preferências térmicas humanas.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 8, 2005, Maceió. **Anais ...** Maceió, 2005. (CD-ROM).

GONÇALVES, C. W. P. Formação sócio-espacial e questão ambiental no Brasil. In: BECKER, B. *et al.* (Orgs.) **Geografia e meio ambiente no Brasil.** [S.l.]: Hucitec, 1995. p. 309-333.

KATZSCHNER, L.; REINHOLD, M.; LOURENCO, L. D. **Urban climate in the context of a sustainable development.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 5, 1999, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 1999. (CD-ROM).

KRUGER, E.; ROSSI, F. A. **Influência das condições sinóticas em monitoramentos térmicos urbanos.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 8, 2005, Maceió. **Anais ...** Maceió, 2005. (CD-ROM).

LEÃO, M. S. **Monitoramento climático de Sete Lagoas: 75 anos de observações meteorológicas.** 2003, 44f. Monografia (conclusão de curso) – Fundação Educacional Monsenhor Messias, Departamento de Geografia, Sete Lagoas.

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

LOMBARDO, M. A. **O clima e a cidade.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 4, 1997, Salvador. **Anais ...** Salvador, 1997. (CD-ROM).

LOMBARDO, M. A.; QUEVEDO NETO, P. de S. **Transformação da paisagem na área de transição urbano-rural: repercussões sobre o clima urbano.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 6, 2001, São Pedro. **Anais ...** São Pedro, 2001. (CD-ROM).

LUCAS, T. P. B.; ABREU, M. L. de. Caracterização climática dos padrões de ventos associados a eventos extremos de precipitação em Belo Horizonte – MG. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 14, n. 23, p. 135-152, 2º sem. 2004.

MAITELLI, G. T. *et al.* **Intensidade da ilha de calor em Cuiabá/MT, na estação chuvosa.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, 2004, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 2004. (CD-ROM).

MALVEIRA, E. C. H.; XAVIER, T. de M. B. S.; SOUZA, M. J. N. de. **Estudo de mudanças climáticas num ambiente urbano:** impactos provocados pela “ilha de calor” na cidade de Fortaleza – Ceará. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais ...** Foz do Iguaçu, 2002. (CD-ROM).

MARTINE, G. Urbanização e desenvolvimento sustentável: oposição ou sinergia? In: MARTINE, G. **População, meio ambiente e desenvolvimento. Verdades e contradições.** São Paulo: Unicamp, 1993. p. 33-59.

MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina. In: MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. (Orgs.). **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, 2003a. p. 93-120.

MENDONÇA, F. O estudo do clima urbano no Brasil. In: MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. (Orgs.). **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, 2003b. p. 175-192.

MENDONÇA, F. O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso. In: SANT’ANNA NETO, J. L. **Variabilidade e mudanças climáticas:** implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: Eduem, 2000. p. 167-192.

MENDONÇA, R. S. R. de.; ASSIS, E. S. de. **Conforto térmico urbano – estudo de caso do bairro Floresta – Belo Horizonte.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 6, 2001, São Pedro. **Anais ...** São Pedro, 2001. (CD-ROM).

MONTEIRO, C. A. de F. **A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada Sul-Oriental do Brasil.** São Paulo, Série Teses e Monografias 1, USP, 1969, 68p.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano.** 1976. 149f. Tese (Livre docência) – Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, São Paulo.

MONTEIRO, C. A. de F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL**, Florianópolis, Ano V, n. 9, p. 7-19, 1990a.

MONTEIRO, C. A. de F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL**, Florianópolis, Ano V, n. 9, p. 61-79, 1990b.

MONTEIRO, C. A. de F. A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano – estratégias na abordagem geográfica. **Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL**, Florianópolis, Ano V, n. 9, p. 80-114, 1990c.

MONTEIRO, C. A. de F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991. 241p.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria e clima urbano. In: MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. (Orgs.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-67.

NERY, J. M. F. G.; ANDRADE, T. C. Q. **Metodologia de investigação dos fatores microclimáticos**. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 6, 2001, São Pedro. **Anais ...** São Pedro, 2001. (CD-ROM).

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.

NOGUEIRA, M. **Sete Lagoas**: a dinâmica funcional de um lugar na rede urbana de Minas Gerais. 2003. 272f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro.

NUNES, L. H. Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global. **Terra Livre**, São Paulo, ano 19, v. 1, n. 20, p. 101-110, jan./jul. 2003.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen & Co. Ltd, 1978. 372p.

OLIVEIRA, L. L. de; VIANELLO, R. L.; FERREIRA, N. J. **Meteorologia Fundamental**. Erechim/RS: EdiFAPES, 2001. Cap. 6–8, p. 233-322.

OLIVEIRA, M. do C. F. *et al.* **Climatologia e índice de conforto térmico em Belém – PA.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, 2004, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 2004. (CD-ROM).

OLIVEIRA, P. M. P. de. **Cidade apropriada ao clima – a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano.** 1987. 134f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) – Universidade de Brasília, Brasília.

PACIORNIK, N. Mudança global do clima: repercussões globais, regionais e locais. **Terra Livre**, São Paulo, ano 19, v. 1, n. 20, p. 127-135, jan./jul. 2003.

PEREIRA FILHO, A. J. **Chuvas de verão e as enchentes na grande São Paulo: El Niño, brisa marítima e ilha de calor.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro, 2000. (CD-ROM).

PEZZUTO, C. C.; LABAKI, L. C.; FRANCISCO FILHO, L. L. **Distribuição horizontal da temperatura do ar em uma região central na cidade de Campinas, SP.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 8, 2005, Maceió. **Anais ...** Maceió, 2005. (CD-ROM).

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS. Pró-Reitoria de Graduação. Sistema de Bibliotecas. **Padrão PUC Minas de normalização:** normas da ABNT para apresentação de trabalhos científicos, teses, dissertações e monografias. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.pucminas.br/biblioteca>>. Acesso em: 24 ago. 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SETE LAGOAS (MG). **Plano Diretor Participativo do Município de Sete Lagoas.** Sete Lagoas, 2007. Disponível em: <http://www.setelagoas.mg.gov.br/plano_diretor>. Acesso em: 28 fev. 2007.

RORIZ, M.; BARBUGLI, R. A. **Mapeamento e análise de micro-climas urbanos.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 7, 2003, Curitiba. **Anais ...** Curitiba, 2003. (CD-ROM).

SAEZ, K. C. **Aproximación espacial a la determinación de islas térmicas urbanas. una contribución metodologica al estudio de la sostenibilidad ambiental y la eficiencia energética en áreas urbanas de climas tropicales.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 6, 2001, São Pedro. **Anais ...** São Pedro, 2001. (CD-ROM).

SANT'ANNA NETO, J. L. **Contribuição à história da climatologia no Brasil.** In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 5, 2002, Curitiba. **Anais ...** Curitiba, 2002. (CD-ROM).

SANT'ANNA NETO, J. L. Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático. **Terra Livre**, São Paulo, ano 19, v. 1, n. 20, p. 51-63, jan./jul. 2003.

SANTOS, I. G. dos; LIMA, H. G. de; ASSIS, E. S. de. **Influência da geometria urbana e da inércia térmica na alteração do clima urbano:** uma abordagem preditiva. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 7, 2003, Curitiba. **Anais ...** Curitiba, 2003. (CD-ROM).

SEZERINO, M. L.; MONTEIRO, C. A. de F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. **Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL**, Florianópolis, Ano V, n. 9, p. 20-60, 1990.

SILVA JÚNIOR, J. de A.; COSTA, A. C. L. da. **Variações termo higrométricas proporcionadas por diferentes tipos de uso de solo urbano na Região Equatorial.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais ...** Foz do Iguaçu, 2002. (CD-ROM).

SILVA, B. H. da. *et al.* **Estudo preliminar sobre ilha de calor na cidade do Rio de Janeiro.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília. **Anais ...** Brasília, 1998. (CD-ROM).

SMOLKA, M. O. Meio ambiente e estrutura intra-urbana. In: MARTINE, G. **População, meio ambiente e desenvolvimento. Verdades e contradições.** São Paulo: Unicamp, 1993. p. 133-147.

SOUSA, J. J.; ARAÚJO, V. M. D. **O ambiente construído e a questão ambiental.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 5, 1999, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 1999. (CD-ROM).

SOUZA, A. L. F. de.; MASSAMBANI, O. **Ilha de calor urbana na região metropolitana de São Paulo.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, 2004, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 2004. (CD-ROM).

SOUZA, L. C. L. de. **Identificação de ilhas urbanas de calor através da interpretação de imagem de satélite.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2, 1993, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis, 1993. (CD-ROM).

SOUZA, L. C. L. de.; MATTOS, A. **Ilha de calor e geometria urbana na cidade de São Carlos – SP.** In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 4, 1997, Salvador. **Anais ...** Salvador, 1997. (CD-ROM).

TARIFA, J. R. **A análise topo e microclimática e o trabalho de campo.** Associação Brasileira de Arquitetos Paisagistas, São Paulo, 1974. 25p.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística.** Tradução Vera Regina Lima de Farias e Flores. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 696p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** 2. ed. Brasília: INMET, Editora Pax, 2001. 532p.

VERÍSSIMO, M. E. Z. Algumas considerações sobre o aquecimento global e suas repercussões. **Terra Livre**, São Paulo, ano 19, v. 1, n. 20, p. 137-143, jan./jul. 2003.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: UFV, 1991. 449p.

VIOLA, E. J.; LEIS, H. R. A evolução das políticas ambientais no Brasil, 1971-1991: do bissetorialismo preservacionista para o multissetorialismo orientado para o desenvolvimento sustentável. In: HOGAN, D. J.; VIEIRA, P. F. **Dilemas sócioambientais e desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Unicamp, 1992. p. 73-102.

ZAVATTINI, J. A. A produção brasileira em climatologia: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático. **Terra Livre**, São Paulo, ano 19, v. 1, n. 20, p. 65-100, jan./jul. 2003.

ANEXO

Grau	Designação	Nós	km/h	m/s	Aspecto do mar	Efeitos em terra
0	Calmaria	<1	<2	<1	Espelhado	Fumaça sobe na vertical
1	Bafagem	1 a 3	2 a 6	1 a 2	Pequenas rugas na superfície do mar	Fumaça indica direção do vento
2	Aragem	4 a 6	7 a 11	2 a 3	Ligeira ondulação sem rebentação	As folhas das árvores movem; os moinhos começam a trabalhar
3	Fraco	7 a 10	13 a 19	4 a 5	Ondulação até 60 cm, com alguns carneiros	As folhas agitam-se e as bandeiras desfraldam ao vento
4	Moderado	11 a 16	20 a 30	6 a 8	Ondulação até 1.5 m, carneiros frequentes	Poeira e pequenos papéis levantados; movem-se os galhos das árvores
5	Fresco	17 a 21	31 a 39	9 a 11	Ondulação até 2.5 m, muitos carneiros	Movimentação de árvores pequenas; superfície dos lagos ondula
6	Muito Fresco	22 a 27	41 a 50	11 a 14	Ondas grandes até 3.5 m; borrifos	Movem-se os ramos das árvores; dificuldade em manter um guarda chuva aberto
7	Forte	28 a 33	52 a 61	14 a 17	Mar revolto até 4.5 m com espuma e borrifos	Movem-se as árvores grandes; dificuldade em andar contra o vento
8	Muito Forte	34 a 40	63 a 74	17 a 21	Mar revolto até 7.5 m com rebentação e faixas de espuma	Quebram-se galhos de árvores; circulação de pessoas difícil
9	Duro	41 a 47	76 a 87	21 a 24	Mar revolto até 9 m; borrifos afetam visibilidade	Danos em árvores; impossível andar contra o vento
10	Muito Duro	48 a 55	89 a 102	25 a 28	Mar revolto até 12 m; superfície do mar branca	Árvores arrancadas; danos na estrutura de construções
11	Tempestade	56 a 63	104 a 117	29 a 32	Mar revolto até 14 m; pequenos navios sobem nas vagas	Estragos abundantes em telhados e árvores
12	Furacão	>64	>119	>33	Mar todo de espuma; visibilidade nula	Grandes estragos

Fonte:<http://www.ufrj.br>