

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO
AMBIENTE

**INTERAÇÃO ENTRE CLIMA E SUPERFÍCIE
URBANIZADA: O CASO DA CIDADE DE VÁRZEA
GRANDE/MT**

ELISA PAGLIARINI COX

PROF.^a DR.^a GILDA TOMASINI MAITELLI

Cuiabá - MT, Março de 2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO
AMBIENTE

**INTERAÇÃO ENTRE CLIMA E SUPERFÍCIE
URBANIZADA: O CASO DA CIDADE DE VÁRZEA
GRANDE/MT**

ELISA PAGLIARINI COX

*Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Física e Meio
Ambiente da Universidade Federal de
Mato Grosso, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Física e Meio Ambiente.*

PROF.^a DR.^a GILDA TOMASINI MAITELLI

Cuiabá - MT, Março de 2008

DEDICATÓRIA

*À minha mãe, mestra querida,
que me ensinou a maior de todas as
lições: o amor.*

AGRADECIMENTOS

- À Prof.^a Dr.^a Gilda Tomasini Maitelli, pela orientação e principalmente pelo incentivo, apoio, confiança e grande amizade, ingredientes que possibilitaram a realização deste trabalho;
- À Prof.^a Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira pelo companheirismo durante os dois anos de pós-graduação e valiosas sugestões no momento da qualificação;
- À Prof.^a Dr.^a Denise Duarte, pela avaliação concernida e pela disponibilidade em participar do processo avaliativo desta dissertação.
- Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira (Paraná) pela confiança e por todo apoio oferecido durante essa jornada;
- Aos colegas Simone Schreiner , do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Hugo Leonardo, do Curso de Geografia, e Maila Colombo Foppa, do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIC, pelo auxílio na montagem e manutenção dos equipamentos utilizados neste trabalho;
- Ao Balneário Kawany (antigo Balneário Vista Alegre), à Primeira Igreja Presbiteriana de Várzea Grande e ao senhor Roberto, que gentilmente cederam o espaço para a instalação dos equipamentos dessa pesquisa.
- A Maria Inês, pelo auxílio na realização do transecto móvel.
- À FAPEMAT pelo apoio financeiro;
- Ao amigo Théo, pelo aconchego.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1 Estudos Climatológicos.....	5
2.2 Clima Urbano	8
2.2.1 Características Urbanas que Interferem no Clima	15
2.2.2 Ilha de Calor	19
2.3 Estudos Acerca da Temática do Clima Urbano	22
2.3.1 Breve Panorama dos Estudos Internacionais Sobre Clima Urbano nas Regiões Tropicais.....	22
2.3.2 Estudos Realizados no Brasil.....	24
2.3.3 A Contribuição de Mato Grosso	27
2.3.3.1 Estudos Realizados na Capital do Estado, Cuiabá.....	28
2.3.3.1. Estudos Realizados em Cidades do Interior Mato-grossense	31
3. Caracterização da Área de Estudo.....	34
3.1 Aspectos Históricos.....	34
3.2 Aspectos Geográficos.....	36
3.3 Aspectos Demográficos	37
3.4 Aspectos Urbanos.....	40
4. Procedimentos Metodológicos	51
4.1 Instrumentação para Levantamento de Dados	52
4.1.1 Medidas Fixas	52

4.1.1.1 Equipamento Utilizado para Coleta de Dados	52
4.1.1.2 Local de Instalação dos Equipamentos	55
4.1.2 Transecto Móvel.....	58
4.2.2.1 Equipamento Utilizado para Coleta de Dados	59
4.2 Análise dos Dados.....	62
5. Apresentação e Análise dos Resultados.....	64
5.1 Análise dos Locais de Coleta de Dados	64
5.2 Resultado das Medidas Realizadas nos pontos Fixos	69
5.2.1 Estação Seca – Junho, Julho e Agosto de 2007	69
5.2.1.2 Médias horárias da umidade relativa.....	78
5.2.1.3 Médias horárias da umidade absoluta	87
5.2.2 Estação Chuvosa – Novembro e Dezembro/2007 e Janeiro/2008	95
5.2.2.1 Médias horárias de temperatura	95
5.2.2.3 Médias horárias da umidade relativa.....	104
5.2.2.3 Médias da umidade absoluta da estação chuvosa	114
5.3 Resultado das Medidas Móveis de Temperatura	123
5.4 Síntese dos Resultados	128
6. Conclusão.....	130
7. Referências Bibliográficas	132
7.1 Bibliografia Citada.....	132
7.2 Bibliografia Consultada	138

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Representação esquemática da atmosfera urbana: camada limite da influência urbana.	.....14
FIGURA 02 – Perfil do gradiente horizontal da temperatura em áreas urbanas.	.....21
FIGURA 03 – Localização da área de estudo. Adaptado da Base Cartográfica do Estado de Mato Grosso da SEPLAN-MT/2000.	.....36
FIGURA 04 – Evolução do crescimento da população de Várzea Grande na década de 2000.	.....40
FIGURA 05 – Vista aérea parcial da cidade de Várzea Grande	.....41
FIGURA 06 – Fachada principal do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Marechal Rondon	.....42
FIGURA 07 – Uso e Ocupação do solo segundo a prefeitura de Várzea Grande.	.....44
FIGURA 08 – Vista Parcial da Avenida Couto Magalhães	.....45
FIGURA 09 – Representação de área de média densidade urbanizada	.....46
FIGURA 10 – Área de baixa densidade urbana com destaque para vegetação	.....47
FIGURA 11 – Aeroporto e parte do entorno pertencente a sua propriedade.	.....48
FIGURA 12 – Área desmatada na região da Avenida Júlio Campos.	.....48
FIGURA 13 – Área verde próxima ao bairro Vista Alegre.	.....49
FIGURA 14 – Caracterização da densidade urbana de Várzea Grande de acordo com as categorias propostas na legenda	.....50
FIGURA 15 – Foto com descrição da estação automática WM 918 Eletronic Weather Monitor II.	.....53

FIGURA 16 – Imagem de satélite das cidades de Várzea Grande e Cuiabá, com a distribuição das estações.	56
FIGURA 17 – Imagem de satélite do raio de abrangência da estação Vista Alegre.	56
FIGURA 18 – Imagem de satélite do raio de abrangência da estação Santa Izabel	57
FIGURA 19 – Imagem de satélite do raio de abrangência da estação Centro	57
FIGURA 20 – Imagem de satélite da estação Rural.	58
FIGURA 21 – Termo-higrômetro digital portátil, modelo HTR-151.	60
FIGURA 22 – Esquema de instalação do equipamento sobre o veículo	61
FIGURA 23 – Cobertura do Solo na região da Estação Centro	64
FIGURA 24 – Cobertura do Solo na região da Estação Vista Alegre	65
FIGURA 25 – Cobertura do Solo na região da Estação Santa Izabel	66
FIGURA 26 – Comparação da cobertura do solo entre as estações Centro, Santa Izabel e Vista Alegre.	68
FIGURA 27 – Comparação das médias das temperaturas horárias da estação seca (junho-julho-agosto/2007).	71
FIGURA 28 – Comparação entre $\Delta T_{\text{CENTRO-VISTA ALEGRE}}$, $\Delta T_{\text{CENTRO-SANTA IZABEL}}$ e $\Delta T_{\text{CENTRO-RURAL}}$ da estação seca (junho-julho-agosto/2007).	73
FIGURA 29 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de temperatura da Estação Centro – Estação Vista Alegre.	75
FIGURA 30 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de temperatura da Estação Centro –	76

Estação Santa Izabel.

FIGURA 31 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de temperatura da Estação Centro – Estação Rural.	.....77
FIGURA 32 – Comparação entre as médias de umidade relativa horárias da estação seca (junho-julho-agosto/2007).	.....80
FIGURA 33 – Comparação entre $\Delta UR\%_{VISTA\ ALEGRE-CENTRO}$, $\Delta UR\%_{VISTA\ ALEGRE-SANTA\ IZABEL}$ e $\Delta UR\%_{VISTA\ ALEGRE-RURAL}$ da estação seca (junho-julho-agosto/2007).	.....82
FIGURA 34 – Distribuição da frequência das diferenças entre as medias horárias de umidade relativa da Estação Vista Alegre – Estação Centro.	.....84
FIGURA 35 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de umidade relativa da Estação Vista Alegre – Estação Santa Izabel.	.....85
FIGURA 36 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de umidade relativa da Estação Vista Alegre – Estação Rural.	.....86
FIGURA 37 – Comparação entre as médias horárias de umidade absoluta da estação seca (junho-julho-agosto/2007).	.....89
FIGURA 38 – Comparação entre $\Delta UA_{VISTA\ ALEGRE-CENTRO}$, $\Delta UA_{VISTA\ ALEGRE-SANTA\ IZABEL}$ e $\Delta UA_{VISTA\ ALEGRE-RURAL}$ da estação seca (junho-julho-agosto/2007).	.....91
FIGURA 39 – Distribuição da frequência das diferenças entre as medias horárias de umidade absoluta da Estação Vista Alegre – Estação Centro.	.....92
FIGURA 40 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de umidade absoluta da Estação Vista Alegre – Estação Santa Izabel.	.....94
FIGURA 41 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de umidade absoluta da Estação Vista Alegre – Estação Rural.	.....95

FIGURA 42 – Comparação entre os gráficos das médias horárias das temperaturas na estação chuvosa (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).	.....98
FIGURA 43 – Comparação entre $\Delta T_{\text{CENTRO-VISTA ALEGRE}}$, $\Delta T_{\text{CENTRO-SANTA IZABEL}}$ e $\Delta T_{\text{CENTRO-RURAL}}$ da estação chuvosa (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).	.....100
FIGURA 44 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de temperatura da Estação Centro – Estação Vista Alegre (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).	.....102
FIGURA 45 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de temperatura da Estação Centro – Estação Santa Izabel (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).	.....103
FIGURA 46 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de temperatura da Estação Centro – Estação Rural. (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).	.....104
FIGURA 47 – Comparação entre as médias horárias de umidade relativa da estação chuvosa (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).	.....107
FIGURA 48 – Comparação entre $\Delta UR\%_{\text{CENTRO-VISTA ALEGRE}}$, $\Delta UR\%_{\text{CENTRO-SANTA IZABEL}}$ e $\Delta UR\%_{\text{CENTRO-RURAL}}$ da estação chuvosa (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).	.....109
FIGURA 49 – Distribuição da frequência das diferenças de umidade relativa entre a Estação Vista Alegre – Estação Centro.	.....110
FIGURA 50 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de umidade relativa da Estação Vista Alegre – Estação Santa Izabel.	.....112
FIGURA 51 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de umidade relativa da Estação Vista Alegre – Estação Rural.	.....113

FIGURA 52 – Comparação entre os gráficos das médias horárias de umidade absoluta da estação chuvosa (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).	.....116
FIGURA 53 – Comparação entre $\Delta T_{\text{CENTRO-VISTA ALEGRE}}$, $\Delta T_{\text{CENTRO-SANTA IZABEL}}$ e $\Delta T_{\text{CENTRO-RURAL}}$ da estação chuvosa (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).	.....118
FIGURA 54 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de temperatura da Estação Centro – Estação Vista Alegre (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).	.....119
FIGURA 55 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de temperatura da Estação Centro – Estação Santa Izabel.	.....120
FIGURA 56 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de temperatura da Estação Centro – Estação Rural.	.....121
FIGURA 57 – Variações horizontais da temperatura associada ao perfil e urbanização da cidade. Julho	.....124
FIGURA 58 – Variações horizontais da temperatura associada ao perfil e urbanização da cidade. Ago/Set.	.....125
FIGURA 59 – Variações horizontais da temperatura associada ao perfil e urbanização da cidade. Set/Out.	.....126

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Principais componentes da Teoria do Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976)	.....10
TABELA 02 – Evolução da população residente em Várzea Grande, por situação de domicílio, no período de 1970-2006	.....39
TABELA 03 – Quantificação dos parâmetros de cobertura do solo através da leitura das cores.	.....67
TABELA 04 – Estatística descritiva das médias de temperatura do mês de junho/2007	.....69
TABELA 05 – Estatística descritiva das médias de temperatura do mês de julho/2007	.....70
TABELA 06 – Estatística descritiva das médias de temperatura do mês de agosto/2007	.....70
TABELA 07 – Estatística descritiva das médias de umidade relativa do mês de junho/2007	.....78
TABELA 08 – Estatística descritiva das médias de umidade relativa do mês de julho/2007	.....78
TABELA 09 – Estatística descritiva das médias de umidade relativa do mês de agosto/2007	.....79
TABELA 10 – Estatística descritiva das médias de umidade absoluta do mês de junho/2007	.....87
TABELA 11 – Estatística descritiva das médias de umidade absoluta do mês de julho/2007	.....87
TABELA 12 – Estatística descritiva das médias de umidade absoluta do mês de agosto/2007	.....88
TABELA 13 – Estatística descritiva das médias de temperatura do mês de novembro/2007	.....96
TABELA 14 – Estatística descritiva das médias de temperatura do	.....96

mês de dezembro/2007

TABELA 15 – Estatística descritiva das médias de temperatura do mês de janeiro/2008	.....96
TABELA 16 – Estatística descritiva das médias de umidade relativa do mês de novembro/2007	.....105
TABELA 17 – Estatística descritiva das médias de umidade relativa do mês de dezembro/2007	.....105
TABELA 18 – Estatística descritiva das médias de umidade relativa do mês de janeiro/2008	.....105
TABELA 19 – Estatística descritiva das médias de umidade absoluta do mês de novembro/2007	.....114
TABELA 20 – Estatística descritiva das médias de umidade absoluta do mês de dezembro/2007	.....114
TABELA 21 – Estatística descritiva das médias de umidade absoluta do mês de janeiro/2008	.....114
TABELA 22 – Comparação entre as maiores e menores temperaturas encontradas durante a estação seca em medição por transecto	.....127

RESUMO

COX, E. P. – **Interação entre clima e superfície urbanizada: o caso da cidade de Várzea Grande/MT.** Cuiabá, 2008. 141p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

Esta pesquisa teve por objetivo geral avaliar a influência do processo de urbanização na distribuição das temperaturas do ar e da umidade relativa e absoluta da cidade de Várzea Grande/MT e consistiu, basicamente, no monitoramento dessas variáveis em locais representativos das diferentes tipologias de ocupação urbana. O monitoramento foi realizado durante três meses da estação seca (junho, julho e agosto de 2007), período em que as diferenças térmicas são acentuadas, e durante três meses da estação chuvosa (novembro e dezembro de 2007 e janeiro de 2008). Os dados foram coletados em estações meteorológicas automáticas instaladas em cada região monitorada e também por meio de transectos móveis. Os dados obtidos foram organizados em gráficos de médias horárias mensais. Os resultados evidenciaram que os locais com maior porcentagem de área construída possuem as maiores médias de temperatura e as menores médias de umidade. A maior média de temperatura registrada, durante os seis meses, foi 32,5°C, na região central da cidade. Já a menor média, 18°C, foi encontrada na região com maior área verde. Com relação à umidade relativa, o local com maior área verde apresentou a maior média, 87,5% e o local mais seco, com média de 30%, correspondia à região central da cidade. Concluiu-se, assim, que, durante o período de realização dessa pesquisa, o comportamento térmico e de umidade da cidade de Várzea Grande pareceu efetivamente ser influenciado pelo processo de urbanização. Contudo, comparando-se os resultados da estação seca com os da estação chuvosa, percebeu-se que os efeitos da urbanização no clima dessa cidade são mais acentuados durante a estiagem. Para indicar as tendências de variação de temperatura e umidade, foi necessário observar uma gama de fatores e parâmetros que se complementam e se sobrepõem. Este trabalho evidencia a possível influência do processo de urbanização na temperatura e na umidade, porém não descarta que outros agentes possam colaborar na diferenciação dos aspectos térmico e de umidade da cidade estudada.

Palavras-chave: clima urbano, temperatura, umidade

ABSTRACT

COX, E. P. – **Interaction between climate and urban surface: the case of the city of Várzea Grande, Mato Grosso**. Cuiabá, 2008. 141p. Thesis (Master Degree in Physics and Environment)– Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

This research attempted at evaluating the influence of the process of urbanization in the distribution of the air temperatures and relative and absolute humidity in the city of Várzea Grande, Brazil. It basically consisted of controlling these variables in representative locations of the different typologies of urban occupation. The control was carried out during three months in the dry season (June, July and August of 2007) in the period in which the thermal differences are stronger as well as during three months in the rainy season (November and December of 2007 and January of 2008). Data were collected in the automatic meteorological stations installed in every controlled region and through mobile transects. They were organized in graphic of monthly hour averages. Results pointed out that the locations with higher percentage of built area have the highest averages of temperature registered and the smallest averages of humidity. The highest average of temperature registered during the six months was 32,5°C in the central area of the city. The smallest average of temperature was 18°C and was found in the largest green area. Regarding the humidity, the location with the largest green area presented the highest average (87,5%) and the location most dry with an average of 30% corresponded to the central area of the city. It was concluded that during the realization of this research the thermal and humidity behavior of the city of Várzea Grande seemed to have been effectively influenced by the process of urbanization. However, by comparing the results of the dry season with the ones of the rainy season, it was noticed that the effects of urbanization in the climate of this city are more enhanced during the dry season. In order to show the tendencies if the variation of temperature and humidity it was necessary to observe a range of factors and parameters that complement and overlay one another. This research shows the possible influence of the process of urbanization in the temperature and humidity, however, it does not disregard that other agents may also collaborate in distinguishing the thermal and humidity aspects of the observed city.

Keywords: urban climate, temperature, humidity.

1. Introdução

O homem e o clima se afetam mutuamente, pois assim como o clima influencia o ser humano de diversas maneiras, este pode influenciar aquele por meio de suas mais diversas atividades. Os efeitos das ações humanas sobre o clima podem ser vistos e sentidos principalmente nas regiões com maior adensamento populacional, por implicar expansão de áreas construídas, maior modificação da paisagem natural, maior quantidade de veículos em circulação, aumento das atividades industriais etc. Em resumo, é nas áreas com maior adensamento populacional que a paisagem original é modificada de forma mais intensa.

Uma das mais importantes modificações associada à urbanização é a alteração das características térmicas da superfície, decorrente da presença de edificações e materiais de construção quando comparada às áreas verdes. Tais materiais aumentam a absorção de energia bem como a impermeabilização da superfície. Além disso, o aumento da rugosidade urbana¹ altera os padrões de circulação do ar. E as atividades antrópicas, por sua vez, modificam a atmosfera urbana pela adição de calor e material particulado.

Tomado nessa perspectiva, o clima torna-se parte fundamental na compreensão do espaço, pois ele é um elemento dos mais relevantes na produção da qualidade ambiental urbana. Destarte, seu estudo, além de contribuir para o desenvolvimento do campo da climatologia, pode ter desdobramentos práticos, ajudando na busca de soluções para os problemas ambientais da cidade.

Para Ayoade (1988, p. 10), “O clima é um componente vital do ambiente tropical, que deve ser compreendido e levado em consideração em qualquer

¹ Entende-se por rugosidade urbana a alteração da superfície natural pela presença de edifícios.

programa de desenvolvimento que tenha por objetivo elevar o padrão de vida e a qualidade dessa população”.

É óbvia a influência da ação antrópica nas alterações ambientais e, conseqüentemente, no clima da região. Uma das modificações meteorológicas mais visíveis, decorrentes da urbanização, é o aumento da temperatura e a alteração da umidade do ar em relação ao entorno, fenômeno conhecido como "ilha de calor urbana". Um dos principais problemas com que os urbanistas se deparam na contemporaneidade é o planejamento urbano, mais precisamente, o desenho urbano futuro, aplicado ao uso e ocupação do solo, permitindo a continuação do crescimento das áreas urbanas e de suas atividades, sem que isso interfira drástica e negativamente nas condições climáticas do local.

As conseqüências de tais alterações no ambiente urbano não se resumem ao desconforto criado, mas podem incluir graves efeitos econômicos e sociais, uma vez que fenômenos como ilha de calor, poluição do ar, chuvas intensas, inundações e desabamentos passam a fazer parte da vida na cidade, transtornando seus habitantes e causando prejuízos aos cidadãos e aos cofres públicos. O uso de pavimentação em lugar do solo natural, a inserção de calor a partir de fontes antropogênicas e a diminuição de áreas verdes modificam o balanço de energia, alterando as trocas térmicas entre a superfície e o meio, gerando, assim, um clima típico para as áreas urbanas.

Dessa forma, a problemática motivadora deste estudo pergunta-se pelo impacto das ações do homem sobre o clima urbano. Conforme Maitelli (1994), a dimensão do *efeito urbano* é de difícil mensuração. Assim, o ideal seria a realização de medidas das características climáticas locais antes da urbanização, para que as modificações atuais pudessem ser comparadas e explicadas. Porém, como isso raramente é possível de ser feito, o mais usual é estabelecer uma comparação entre a área urbanizada e uma região rural não muito distante do local. Pode ser também elucidativa a comparação entre áreas com características diferenciadas de uso do solo, localizadas em áreas centrais e nos arredores das cidades.

A análise ambiental representa, hoje, uma instância propícia à investigação interdisciplinar, uma vez que ela pode fornecer ao pesquisador uma gama variada de

percepções que poderão auxiliá-lo na verticalização do conhecimento científico, sendo, pois, um fértil e potencial campo de pesquisa, aliás, imprescindível face à degradação ambiental imposta à Terra pela ação antrópica. Assim, o conhecimento das interações existentes entre clima e uso e ocupação do solo urbano poderá orientar as atividades relacionadas à Gestão Ambiental e, conseqüentemente, aos Compromissos e Estratégias da Agenda Habitat, no planejamento das cidades.

Apesar de Várzea Grande pertencer ao aglomerado urbano de Cuiabá, os estudos sobre o clima dessa cidade são quase inexistentes. Assim, propor uma caracterização do comportamento da temperatura e da umidade do ar na cidade significa contribuir com uma importante ferramenta para o planejamento urbano da região da Grande Cuiabá. Em vista dessa carência, o presente estudo tem como *objetivo geral* avaliar a influência da urbanização na distribuição das temperaturas e da umidade do ar na cidade de Várzea Grande/MT.

Para atingir esse objetivo geral, uma série de *objetivos específicos* foram traçados, são eles: 1) observação dos diferentes usos e ocupação do solo na cidade de Várzea Grande; 2) monitoramentos de temperatura e umidade relativa e absoluta do ar em três pontos fixos representativos das diferentes tipologias de uso e ocupação urbana e também em um ponto rural, a fim de estabelecer uma comparação entre os resultados obtidos; 3) realização da técnica de medição conhecida como transecto móvel, visando a verificar, juntamente com a análise dos dados coletados nas estações fixas, a possível existência da ilha de calor e sua intensidade, caso venha a ser detectada; 4) e, finalmente, confirmação ou refutação da tese da relação entre o comportamento do clima e a configuração urbana dessa cidade.

A presente dissertação estrutura-se em cinco seções, além desta Introdução (Seção I). Na Seção II – *Revisão Bibliográfica* – são abordados conceitos a respeito dos estudos climáticos e suas escalas, clima urbano e suas peculiaridades, subsistemas do clima urbano, ilha de calor urbana e são apresentados também um rol de estudos realizados sobre essa temática. Já a Seção III – *Área de Estudo* – contém informações sobre a cidade de Várzea Grande, como por exemplo, histórico, conformação urbana, aspectos demográficos entre outros. A Seção IV – *Procedimentos Metodológicos* – apresenta os instrumentos e técnicas utilizadas para a coleta de dados bem como os procedimentos de organização e análise dos dados

coletados. Na Seção V – *Análise e Discussão dos Resultados* – os dados coletados são apresentados e analisados, posteriormente, ainda nesse capítulo, são apresentadas comparações entre os dados de cada região e discutido o comportamento das variáveis climatológicas estudadas. Por fim, a Seção VI – *Conclusão* – traz as considerações finais sobre a pesquisa e as sugestões para estudos posteriores.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Estudos Climatológicos

Segundo Ayoade (1988), clima refere-se às características da atmosfera, inferidas de observações contínuas durante um longo período. Abrangendo um maior número de dados do que as médias do tempo numa determinada área, o clima inclui considerações dos desvios em relação às médias, condições extremas, e a probabilidade de frequência de ocorrência de determinadas condições de tempo. Assim, o clima apresenta uma generalização, enquanto o tempo lida com eventos específicos.

A climatologia tradicional trata dos padrões de comportamento da atmosfera, verificados durante um longo período de tempo². Este ramo da climatologia preocupa-se mais com os resultados dos processos atuantes na atmosfera do que com suas operações instantâneas. Logo, a climatologia tradicional tem como preocupação fundamental a descrição dos padrões de distribuição temporal e espacial dos elementos do tempo, de áreas que vão de 1 a 2km² até toda extensão terrestre.

Porém, durante as últimas cinco décadas, a maneira pela qual a atmosfera é estudada atingiu outras abordagens. Surgiram críticas sobre como a climatologia tradicional aborda os fenômenos atmosféricos, sendo quatro delas apontadas por Atkinson (1972) *apud* Ayoade (1988):

² Para Ayoade, esse período corresponde a cerca de 30-35 anos.

1. A primeira crítica à climatologia tradicional diz respeito ao fato de que ela é extremamente descritiva e nada explicativa, não dando idéia sobre a origem dos processos meteorológicos.
2. A segunda crítica recai sobre a abordagem tradicional utilizada para o estudo do clima que aparenta tratar a atmosfera como um elemento estático, enquanto ela é dinâmica. A utilização de longos períodos para a determinação dos valores médios dos elementos climáticos, sob a perspectiva da climatologia tradicional, não considera as mudanças contínuas que acontecem dentro da atmosfera.
3. A terceira crítica diz respeito às interações entre a atmosfera e a superfície terrestre. Esses processos de interação se afetam mutuamente e, freqüentemente, os efeitos retroagem para provocar modificações em suas causas. Tais mecanismos de *feedback* são vitais para amenizar a ação dos eventos extremos e para alcançar um estado esquivo de equilíbrio.
4. Por fim, a quarta crítica relaciona-se com a classificação climática. As divisões dos mapas através de linhas imprimem um sentido errôneo de mudança abrupta, o que naturalmente não ocorre. Na verdade existe uma alteração gradativa entre um tipo climático e outro. Da mesma forma, os climas das áreas assim definidas são considerados como entidades climáticas separadas e explicadas como tais, usualmente com relação aos fenômenos ocorrentes na superfície. Tal abordagem induz ao erro, uma vez que ignora o fato da tridimensionalidade do clima, e que as características atmosféricas em determinado local somente podem ser explicadas de maneira significativa quando consideradas no contexto das atividades da atmosfera como um todo.

O estudo climatológico com base somente na descrição dos fenômenos não supre a necessidade humana de controle, planejamento e manejo das condições meteorológicas. Daí a necessidade de buscar explicações para as atividades atmosféricas através do monitoramento dos eventos.

Dessa forma, a moderna climatologia propõe-se a eliminar as deficiências evidenciadas pela climatologia tradicional, tal como enumeradas acima. Atualmente, a ênfase das investigações e estudos climatológicos não está mais somente na descrição dos fenômenos atmosféricos, mas também na explicação dos processos que levam a tais fenômenos.

O campo da climatologia é bastante amplo, comportando subdivisões com base no tópico focalizado ou na escala dos fenômenos atmosféricos que são ressaltados. Como subdivisões tópicas clássicas da climatologia, Ayoade (1988) aponta:

1. **Climatologia regional** – é a descrição dos climas em áreas selecionadas da Terra;
2. **Climatologia sinótica** – é o estudo do tempo e do clima em uma área com relação ao padrão de circulação atmosférica predominante. A climatologia sinótica é, assim, essencialmente uma nova abordagem para a climatologia regional;
3. **Climatologia física** – é a investigação do comportamento dos elementos do tempo ou processos atmosféricos em termos de princípios físicos. Neste campo, dá-se ênfase à energia global e aos regimes de balanço hídrico da terra e da atmosfera;
4. **Climatologia dinâmica** – é o estudo dos movimentos atmosféricos em várias escalas, particularmente na circulação geral da atmosfera;
5. **Climatologia aplicada** – é a aplicação dos conhecimentos e princípios climatológicos às soluções dos problemas práticos que afetam a humanidade;
6. **Climatologia histórica** – é o estudo do desenvolvimento dos climas através dos tempos;
7. **Bioclimatologia** – é o estudo dos fenômenos que regem os mecanismos da natureza;
8. **Climatologia Agrícola** – é o estudo dos fenômenos climatológicos ligados à produção animal e vegetal, tentando estimar os fenômenos para evitar perdas críticas na produção;

9. Climatologia Urbana – é o estudo dos fenômenos climatológicos ligados à superfície das cidades, buscando estabelecer relações entre os aspectos urbanos e o clima local;

10. Outras – Climatologia das Construções, Climatologia Estatística, etc.

2.2 Clima Urbano

Segundo Barbugli (2004), seja qual for a classificação climática de uma região, há dentro dela infinitas variações. Assim, os fenômenos climáticos na área urbana e o resultado da ocupação urbana sobre o clima motivaram a criação de um ramo específico da climatologia denominado Climatologia Urbana.

Até a década de 1970, os estudos sobre clima urbano eram mais descritivos sobre os fenômenos climáticos e suas inter-relações. Após esta data, as investigações, realizadas nesse campo de estudo, passaram a ser mais orientadas para a aplicação metodológica teórica e quantitativa.

Oke (1987) apresentou um modelo que relaciona a intensidade da ilha urbana de calor à densidade populacional, aplicado a cidades Européias e Norte-Americanas. Este mesmo autor demonstrou, ainda, que a geometria urbana, bem como as propriedades térmicas das superfícies tem maior influência que o vento e a densidade da população. O trabalho deste autor consolida o estudo da inter-relação entre clima urbano e uso e ocupação do solo.

No Brasil, os modelos teóricos sobre clima urbano desenvolveram-se principalmente durante as décadas de 1960 e 1970. Segundo Tarifa (2002), a maior parte dos trabalhos desenvolvidos na área urbana concentrava-se em avaliar aspectos referentes à ocorrência de chuvas e poluição do ar. Esta visão não considerava que a vida das pessoas na cidade sofre a influência, por exemplo, da qualidade do ar e do conforto térmico. A mudança na forma de analisar o problema era necessária também porque há períodos do dia em que as atividades da população local pesam mais que o

aspectos do meio físico para definir a temperatura em uma região específica num determinado horário

Ainda segundo o mesmo autor, no começo da década de 1970, o princípio norteador do programa de pesquisas desenvolvido pelo laboratório de Estudos Geográficos de Clima da USP era o conceito de ritmo: “O clima é a série de estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual”.

Tal conceito firmou a noção de ritmo climático como uma das características essenciais do clima. No decorrer dos anos 60, o conceito de ritmo proposto por Sorre foi desenvolvido e utilizado por Monteiro, que teve como principal área de estudo o Estado de São Paulo. O trabalho desenvolvido por Monteiro para abordagem do clima urbano é considerado pioneiro nas pesquisas desenvolvidas no Brasil.

Tendo como base a teoria geral dos sistemas de Bertalanffy e a organização a partir dos canais de percepção humana, esse autor descreve o clima como um sistema que abrange um determinado espaço terrestre e sua urbanização, considerando o Sistema Clima Urbano (S.C.U.) como um sistema aberto e dinâmico, composto de três subsistemas, que se articulam segundo canais de percepção climática: o termodinâmico, o físico-químico e o hidrométrico, conforme ilustra a Tabela 1.

TABELA 1 - Principais componentes da Teoria do Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976)

CARACTERIZAÇÃO	SUBSISTEMAS DO S.C.U		
	I Termodinâmico	II Físico-Químico	III Hidrometeorológico
Canais	Conforto térmico	Qualidade do ar	Impacto meteorológico
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículo automotor Indústrias	Atmosfera: estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de Ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação núcleo-ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódico (eventual)
Observação	Meteorológica-especial (T. de Campo)	Sanitária, meteorológica-especial	Meteorológica-hidrológica (T. de Campo)
Correlação Disciplinares e Tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura e Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e Infra-estrutura urbana
Produtos	“Ilhas de Calor”, ventilação e aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataques à integridade urbana
Efeitos Diretos	Desconforto e Redução do desempenho humano	Problemas sanitários, doenças respiratórias, oftalmológicas, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana.
Reciclagem Adaptativa	Controle de uso do solo, tecnologia de conforto habitacional.	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra-estrutura urbana, regularização fluvial, uso do solo.
Responsabilidade	Natureza e homem	Homem	Natureza

Fonte: Adaptado de Monteiro e Mendonça (2003)

O primeiro subsistema, o termodinâmico, enfatiza os estudos de ilhas de calor e ilhas de frescor urbanas, conforto e desconforto térmico da população, inversão térmica. Já o segundo, o subsistema físico-químico, é voltado para a análise dinâmica do ar e suas interações com a cidade, destacando a poluição do ar, as chuvas ácidas e a relação entre as estruturas urbanas e os ventos. Por fim, o sistema hidrometeorológico orienta-se para o estudo das precipitações urbanas e seus impactos, tais como os processos de inundação nas cidades.

Pode ser dito, assim, que este trabalho trouxe uma grande contribuição para o estudo da climatologia urbana, partindo do princípio de que o homem deve se constituir sempre em referencial das questões geográficas e aproximando a visão científica de diversas áreas do conhecimento como, por exemplo, urbanismo, física e geografia, numa perspectiva interdisciplinar.

A convergência de profissionais de diferentes formações e áreas de conhecimento reforça o consenso de que fatores antrópicos como, por exemplo, crescimento urbano, adensamento da população, atividades antrópicas variadas, podem se revelar muito significativos nas alterações climáticas observadas nas cidades.

Esta visão leva em conta que

“Os efeitos causados pela energia que penetra na atmosfera da cidade estão diretamente relacionados com as formas de ocupação urbana. Assim, dependendo da configuração espacial existente, haverá distintos efeitos de reflexão, absorção e armazenamento térmico, bem como resultados de atrito da ventilação e outros.” (BARBULGI, 2004, p. 27)

Destarte, a climatologia urbana busca descrever as transformações climáticas que ocorrem na atmosfera da cidade, caracterizando padrões climáticos para cada época ou estação do ano. Os estudos de clima devem sempre considerar seus fenômenos constituintes – temperatura, chuvas, ventos, radiação solar – bem como as características bioclimáticas referentes ao meio ambiente urbano e os fatores antrópicos.

A mudança de escala, passando dos estudos de clima regional para os estudos de clima urbano, criou novas necessidades técnicas e metodológicas. De acordo com Tarifa (2001, p.25),

“Desde os primeiros trabalhos de campo efetuados em cidades, a representatividade do ponto de observação e sua extensão no espaço se tornam um problema quase intangível e assim permanece. A necessidade de se conhecer como se movimentam e se transformam as propriedades do ar (calor, luz e composição) nos espaços da escala humana, onde (respirar, trabalhar, habitar) se produz a vida enquanto totalidade é um fato de importância inquestionável.”

Geralmente, as cidades são mais aquecidas e menos ventiladas que as áreas rurais. Porém, as modificações do clima urbano são altamente variáveis, ou seja, as variações climáticas no ambiente urbano não ocorrem de forma homogênea, assim como não são homogêneas as tipologias de ocupação e uso do solo nas cidades. Essas alterações climáticas podem ser observadas em diferentes escalas climáticas (distância horizontal) e limites da camada atmosférica (distância vertical).

A classificação das escalas climáticas permite uma maior compreensão e, assim, o desenvolvimento de métodos mais adequados para diagnosticar o clima urbano. Barbugli (2004, p.28) assim se refere à necessidade de novas escalas para observação do clima das cidades:

“Ao analisar as diferenças climáticas entre o centro urbano de uma cidade e seu entorno, trabalha-se numa escala diferente do que na análise da influência de um conjunto de edifícios, em um determinado bairro da cidade.”

De forma geral, as escalas climáticas urbanas (distância horizontal) podem ser classificadas, segundo Oke (2004), da seguinte forma:

- 1. Escala Macroclimática:** Equivale ao clima regional. Este clima é decorrente, sobretudo, da formação topográfica e da latitude. Recebe influência das massas térmicas, que, além de suas características

originais, durante sua trajetória recebem influência de outras massas térmicas e do mar. Estes dados são compostos de séries históricas e geralmente são fornecidos por estações meteorológicas e descrevem o clima genérico de um estado ou de um país, com detalhes de insolação, nebulosidade, precipitações, temperatura e umidade.

2. **Escala Mesoclimática:** Nessa escala é possível observar a influência da cidade no tempo e no clima de toda área urbana. Costuma-se adotar médias de 30 anos de dados climáticos comparadas com parâmetros da evolução urbana. Normalmente, estes dados são fornecidos por estações meteorológicas ou aeroportos localizados no perímetro urbano.
3. **Escala Local:** Essa escala inclui os efeitos da característica das paisagens no clima, tal qual a topografia, porém exclui os efeitos do microclima. Nas cidades isso corresponde ao impacto de vizinhanças com tipos similares de desenvolvimento urbano (cobertura da superfície, tamanho e espaçamento das construções e atividade). Essa escala é adotada quando se tem dimensões que variam entre um a mais quilômetros. Nessa classificação de escala utilizam-se dados diários e horários coletados durante um período de tempo que pode variar de cerca de um ano, um trimestre ou mesmo por um episódio típico de verão ou de inverno. Tais dados costumam ser coletados pelo próprio pesquisador.
4. **Escala Microclimática:** Equivale à camada mais próxima do solo. É típica para microclimas urbanos, sendo ajustadas pelo dimensionamento de elementos individuais: prédios, árvores, estradas, ruas, pátios, jardins e etc., estendendo-se, em média, por menos de um metro até cem metros. Assim como na escala local, os dados são, também, coletados pelo próprio pesquisador dentro de um período de tempo que pode variar de cerca de um ano, um trimestre ou mesmo por um episódio típico de verão ou de inverno.

Já na classificação das camadas que compõem a atmosfera (que tangem as observações da distância vertical do clima urbano), Oke (1981) verificou que

correntes de ar vindas das áreas rurais, ao chegarem à cidade, encontram uma atmosfera diferenciada e estratificada com características próprias. Desse modo, ele propôs a divisão da atmosfera urbana em duas camadas, sendo elas:

1. *Canopy Layer (Camada Limite do Dossel Urbano - CDL)*: Estratificada abaixo do nível dos telhados. Produzida pelos processos em micro escala localizados nas ruas, entre os prédios etc. A natureza ativa dessa superfície produz uma considerável complexidade de fatores atuantes.
2. *Urban Boundary Layer (Camada Limite da Influência Urbana - CLU)*: Estende-se acima do nível dos telhados. É um fenômeno localizado, com características produzidas pela natureza da superfície urbana, cuja rugosidade, proporcionada pela presença de prédios relativamente altos, provoca uma aerodinâmica particular. A velocidade do vento se reduz, mas ocorre um aumento da turbulência e do arrasto produzidos pela fricção do ar.

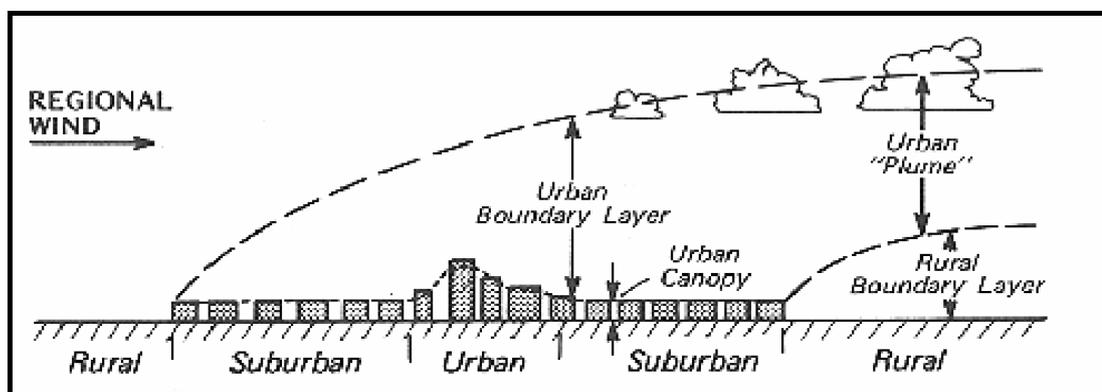


FIGURA 1 - Representação esquemática da atmosfera urbana: camada limite da influência urbana (CLU); camada limite do dossel urbano (CLD); camada limite rural (CLR).

Adaptada de Oke (1987).

Numa escala global, a CLU pode ser considerada como a camada onde ocorrem as trocas de calor e umidade entre a cidade e o ar sobre ela. Nesse caso, a superfície da cidade corresponde à interface entre CLD/CLU (Oke, 1982 *apud* Maitelli, 1994), conforme esquematiza a Figura 01.

Assim, a classificação de Oke supõe dois tipos de interpretação sobre as variações climáticas na atmosfera urbana. Primeiro, a influência causada pelo ambiente construído sobre o clima local e, segundo, a influência da cidade sobre o clima regional.

2.2.1 Características Urbanas que Interferem no Clima

É fundamental a compreensão dos fenômenos térmicos e escalas climáticas para o estudo dos climas urbanos. Os fatores que intervêm preponderantemente nesse estudo são: a radiação solar, a temperatura e a umidade.

O clima urbano e suas variantes devem ser estudados de forma aprofundada em cada cidade. Somente dessa maneira, torna-se possível o desenvolvimento de técnicas adequadas para o planejamento urbano.

A partir da revolução industrial, o processo de urbanização e o crescimento populacional se intensificaram de tal maneira que “os espaços urbanos passaram a assumir a responsabilidade do impacto máximo da atuação humana sobre a organização na superfície terrestre e na deterioração do ambiente” (Monteiro, 1976, p. 54).

Devido à intensificação das atividades de uso e ocupação do solo, à diminuição das áreas verdes, ao nível do tráfego na área, ao tipo de edificação existente, dentre outros fatores, pode-se produzir a elevação da temperatura em determinadas manchas urbanas, aumentando, conseqüentemente, o stress térmico.

O processo de crescimento urbano, consoante Danni-Oliveira (1995, p. 14), “impõe um caráter peculiar a baixa troposfera (camada limite atmosférica)³, a ponto de produzir condições atmosféricas locais distintas das encontradas em áreas vizinhas.”

³Segundo OKE (1978) citado por VIDAL (1991), a Camada Limite Atmosférica ou Planetária é aquela camada de ar adjacente à superfície, particularmente caracterizada pelo fluxo turbulento gerado pela fricção entre as camadas de ar e a superfície terrestre, bem como pelo seu aquecimento, o que contribui para promover os processos de mistura que servem para transportar calor e vapor d'água.

Assim, para Monteiro (1976, p. 134),

“A cidade gera um clima próprio (clima urbano), resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada de limite urbano e que agem no sentido de alterar o clima em escala local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e a outras manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes.”

Há muitos fatores que determinam as diferenças entre o ambiente urbano e o rural. No contexto da cidade, a substituição de materiais naturais por materiais urbanos provoca mudanças nos processos de absorção, transmissão e reflexão da radiação, e, conseqüentemente, causa mudanças no balanço energético, na temperatura do ar, nas taxas de umidade relativa do ar, nas correntes de vento, na precipitação, dentre outros fatores. Contudo, é imprescindível considerar sempre a latitude, que regula a entrada de radiação solar, e a altitude, que regula a coluna de ar sobre o local.

Quando a radiação solar incide sobre um corpo, uma parte da radiação incidente é refletida (albedo, ρ), outra é absorvida (absorção, α) e o restante é transmitido (τ). Quanto menor o albedo, maior será a quantidade de energia disponível para absorção e transmissão, aumentando, assim, a temperatura superficial do corpo e, por fim, aumentando a liberação de calor para o meio externo.

Na superfície urbana, há menor reflexão do *input* de radiação de ondas curtas em comparação com áreas rurais, devido à geometria da cidade e ao coeficiente de reflexão dos materiais urbanos. O albedo médio das cidades é de 0,15, enquanto que o de regiões rurais gira em torno de 0,18 a 0,25, explicando, assim, o maior aproveitamento por intermédio da absorção da radiação que atinge a superfície urbana.

Parte da radiação refletida pela superfície urbana não chega a ser devolvida para a atmosfera livre. As ruas e vias ladeadas por paredes verticais vizinhas entre si, características da arquitetura das cidades, possibilitam que grande parte da radiação refletida por uma superfície qualquer seja absorvida por outra próxima, assim

sucesivamente até que não haja mais obstáculos interpondo-se no seu caminho (OKE, 1987).

Danni-Oliveira (1995) aponta ainda que o balanço de energia apresenta valores diferenciados de acordo com os vários padrões de uso do solo na cidade. Quando se consideram o fluxo de calor latente e o fluxo de calor sensível, áreas mais edificadas ou industrializadas, por apresentarem baixa evapotranspiração e baixo albedo, tendem a ter maior participação na emissão de radiação de ondas longas, induzindo a uma elevação da temperatura do ar nesses locais.

Não menos relevante é a poluição do ar. As indústrias, através de suas atividades produtivas, lançam na atmosfera grande quantidade de poluentes, tanto na forma gasosa quanto na de partículas sólidas. A intensidade do trânsito de veículo das cidades de médio e grande porte soma-se ao desempenho da adição de aerossóis, comprometendo a qualidade do ar em sua composição gasosa e em suas características de visibilidade.

A grande concentração de aerossóis funciona como núcleos de condensação, induzindo à formação de nebulosidade. Segundo Danni-Oliveira (1995), tanto as nuvens quanto as partículas em suspensão no ar absorvem, refletem e espalham parte da radiação solar que entra no sistema. Dessa forma, é de se esperar que a cidade receba uma parcela menor de radiação direta (ondas curtas) e uma maior parcela de radiação difusa (ondas longas), que, como já foi dito anteriormente, contribuem para o aquecimento do ar atmosférico no local.

Para Lombardo (1985, p.25),

“A radiação solar que entra na cidade é menor devido a grande quantidade de aerossóis. No entanto ocorre um aumento da radiação emitida pela cidade, no espectro de ondas longas, causada por temperatura de superfícies mais elevadas, como o concreto, tijolos, asfalto e outros materiais de construção. Em condições principalmente de calmaria, em que há poucas trocas turbulentas, grande parte da energia irradiada volta a construção urbana através da reemissão radiativa de onda longa pela atmosfera.”

O balanço térmico no ambiente urbano é resultado dos fluxos de energia entre as superfícies do *canyon* urbano e o ar. Constitui-se como a fração da energia radiante absorvida na superfície da terra, originando fluxos de calor que controlam o clima de superfície e que dependem de fatores como a umidade, as propriedades térmicas das superfícies, a estabilidade atmosférica etc. (BARBUGLI, 2004, p. 33).

Logo, o gradiente térmico existente entre a zona rural e a zona urbana decorre, principalmente, do jogo de energia que é diferenciado pelos diversos arranjos de uso do solo e de materiais, ocasionando alterações de entrada e saída de energia, diversificando o balanço de radiação e fazendo com que as cidades apresentem maior temperatura que as regiões rurais.

Além disso, a queima de combustíveis fósseis, oriunda das atividades antrópicas, como a utilização de veículos automotores e atividades industriais, injeta calor no sistema, interferindo nas condições térmicas e contribuindo para o aumento de temperatura nas regiões mais urbanizadas.

A cobertura do solo urbano por materiais impermeáveis, a retirada da vegetação, a diminuição das superfícies líquidas e a canalização do escoamento pluvial contribuem para que o consumo de energia sob a forma de calor latente seja reduzido em relação ao solo rural, onde ocorrem, com maior intensidade, os processos de evapo-transpiração e, conseqüentemente, a utilização de parte da energia disponível no sistema. Por fim, o ar aquecido da cidade e a impermeabilização do solo repercutem no comportamento da umidade do ar urbano, diminuindo seus valores em relação às regiões rurais.

Inúmeros estudos, a exemplo de Terjung and O'Rourke (1981), Oke (1989), Stulpnagel et al (1990), Givoni (1991), Lombardo (1985 e 1990), mostraram o papel fundamental da vegetação para manutenção do conforto no sistema climático urbano.

Segundo Santamouris (2001) *apud* Costa (2003), a evapotranspiração pode ser definida como a combinação entre os processos de evaporação e transpiração, sendo o principal mecanismo através da qual as árvores contribuem para diminuir a temperatura urbana. Com a diminuição da vegetação diminuem também as taxas de evapotranspiração, processo significativo na manutenção das condições climáticas, porque as plantas, utilizando parte da radiação líquida disponível no sistema,

diminuem a quantidade de energia disponível para aquecer o ar e também porque contribuem para o controle da taxa de vapor d'água liberado para o ar atmosférico.

Devem ser lembradas, também, as funções de sombreamento que a vegetação exerce e de interceptação de energia solar incidente. Uma área sombreada é fracamente atingida pela radiação solar direta incidente e, assim, a temperatura radiante daquela superfície é menor o que diminui a radiação de ondas longas emitida. Essas condições diminuem a possibilidade de aumento de temperatura do ar, devido ao contato com essa superfície através dos processos de convecção e condução.

2.2.2 Ilha de Calor

Retomando os aspectos abordados anteriormente, percebe-se que uma das mais significativas expressões da alteração climática da cidade diz respeito ao aquecimento do ar no cânion urbano em relação aos das regiões rurais circunvizinhas (OKE, 1987). Para o autor, esse efeito, conhecido como ilha de calor, é provavelmente o mais claro e bem documentado exemplo das modificações inadvertidas do clima urbano. Constitui-se numa evidência de que, nos espaços urbanos, ocorre o máximo de atuação humana sobre a organização da superfície terrestre.

A forma e a dimensão exatas deste fenômeno variam no tempo e no espaço em decorrência de características, físicas, meteorológicas, urbanas e das coordenadas geográficas do local.

Baseada nos estudos de Oke, Maitelli (1994) mostra que o fluxo de calor estocado pelo tecido urbano juntamente com o fluxo de calor antropogênico produzido pela dinâmica urbana constituem a principal causa da formação de ilhas de calor. A autora fundamenta sua afirmação na premissa de que a condutividade térmica e a capacidade de armazenar calor dos materiais urbanos são maiores do que as do solo rural.

Ainda segundo a autora, a intensidade da ilha de calor está relacionada com o tamanho da cidade, tendo como parâmetro a população, que demanda mais construções, mais veículos, mais indústrias, maior retirada da vegetação para acomodação dessa população etc. Percebe-se que, quanto mais populosa é a cidade, maiores serão os efeitos da ilha de calor. Porém, a variável população não é suficiente para explicar o fenômeno físico da ilha de calor. A relação entre estrutura urbana e ilha de calor mostra que a geometria das ruas e dos prédios explica melhor a máxima intensidade da ilha de calor quando comparada com as áreas livres (OKE et al, 1991)

Dessa forma, considerando a magnitude das ilhas de calor, muitos são os mecanismos que contribuem para sua formação e muitos são os fatores que agravam sua intensidade, desde sua localização até as condições climatológicas do dia. Há também fatores relacionados às características específicas da cidade, como, por exemplo, seu tamanho, a densidade da população, o dia da semana, a cultura local, além das variações diurnas e sazonais (MONTEIRO e MENDONÇA, 2003).

As principais causas da formação da ilha de calor nas cidades são (OKE et al, 1991):

1. Aumento da entrada de radiação de ondas longas, devido à absorção de ondas longas que saem e sua reemissão pelos poluentes da atmosfera urbana;
2. Menores perdas de radiação de ondas longas nas ruas e *canyons* urbanos, devido à redução do *sky view factor* pelos prédios e edifícios;
3. Maior absorção da radiação de ondas curtas pela superfície urbana, devido ao efeito das construções no albedo;
4. Grande estocagem de calor durante o dia, devido às propriedades térmicas dos materiais urbanos e grande emissão de radiação durante a noite;
5. Adição de calor antropogênico na área urbana, devido à utilização de aquecedores e refrigeradores, transportes e operações industriais;

6. Menor evaporação, devido à retirada da vegetação e à diminuição de superfícies líquidas, o que diminui o fluxo de calor latente ou evapotranspiração e aumenta o fluxo de calor sensível.

Ainda segundo Oke (1974), as ilhas de calor encontradas nos grandes centros perfilam-se em conjunção com os locais da cidade com maior atividade antrópica, normalmente o centro, que se caracteriza por ser mais quente que os bairros residenciais e periféricos. Esse comportamento foi nomeado de “Perfil Clássico das Ilhas de Calor”. Silva Filho (2004), *apud* Coltri (2006), explica que uma das prováveis explicações para esse fenômeno é o fato de que o centro da cidade tem maior densidade populacional e construtiva e, também, vegetação escassa, diferente do que acontece nas extremidades das cidades, onde acontece uma inversão nesses índices.

Conforme ilustra a Figura 02, a intensidade da ilha de calor aumenta das áreas periféricas para as áreas centrais; pois nessas concentram-se os principais fatores de formação de ilhas de calor: adensamento das edificações, tráfego intenso de veículos automotores, baixo índice de vegetação urbana, etc.

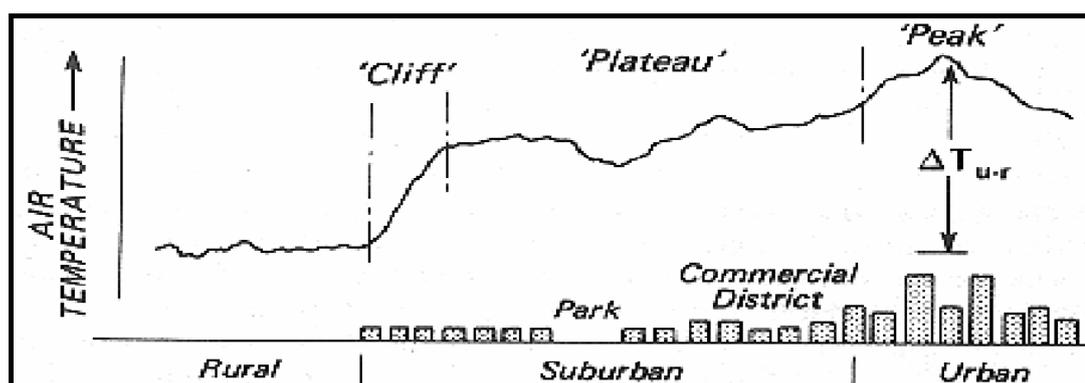


FIGURA 2 – Perfil do gradiente horizontal da temperatura em áreas urbanas.
Adaptada de Oke (1987).

A máxima intensidade da ilha de calor na cidade ocorre geralmente em condições de céu claro, com vento calmo e após o por do sol (OKE, 1987, p.288). A intensidade diminui e torna-se mínima sob condições da instabilidade do ar (MAITELLI, 1994, p. 41). A medida da intensidade da ilha de calor pode ser

representada pela equação ΔT_{u-r} , que representa a diferença entre a maior temperatura urbana em relação às áreas de seu entorno e a região rural (OKE, 1987, p. 289).

Por fim, observa-se que com o aumento da temperatura nas cidades, ocorre uma redução da umidade relativa. Segundo Lombardo (1985), em dias de extremo calor, o desconforto térmico associado à umidade baixa provoca um “clima de deserto artificial”, terminologia descrita por Eriksen (1978).

2.3 Estudos Acerca da Temática do Clima Urbano

Desde as primeiras décadas do século XIX têm sido realizados estudos para diagnosticar os efeitos da urbanização, mais especificamente, os efeitos das atividades antrópicas, no clima das cidades.

Lombardo (1985) aponta que os primeiros estudos de clima urbano foram pautados na cidade de Londres, por Evelyn (1661) e Howard (1833). Entretanto, trabalhos como os de Landsberg e Chandler, realizados já no século XX, são considerados pioneiros na investigação das alterações climáticas provocadas pela urbanização nas cidades industriais.

2.3.1 Breve Panorama dos Estudos Internacionais Sobre Clima Urbano nas Regiões Tropicais

Um dos primeiros estudos de climatologia específico para as regiões tropicais data de 1966 e foi escrito por Nieuwolt. Segundo este autor, os efeitos da ilha de calor tem sido o foco temático dos trabalhos da climatologia extra-tropical.

Para as latitudes localizadas entre os trópicos, têm-se trabalhos que abordam diferentes temas da climatologia urbana.

Nakamura (1968)⁴, através da análise de dados climatológicos de três estações meteorológicas e medidas móveis de temperatura na cidade de Nairobi-Quênia, e nos seus arredores, verificou a presença de temperaturas mais elevadas nas regiões de maior urbanização em comparação com as regiões suburbanas.

Jauregui (1979) estudou a cidade de Toluca-México. Essa cidade de porte médio apresentou uma tendência de aumento de temperatura na região central com intensidade de 5°C, com uma variação sazonal que acentua o fenômeno de ilha de calor na estação seca, prevalecendo o denominado clima de radiação de céus claros. A variação espacial da umidade relativa do ar também foi observada nessa pesquisa, e constata-se que as menores taxas são encontradas no epicentro da ilha de calor, aumentando gradualmente até o perímetro urbano de Toluca. Por fim, o autor observou que a crescente contaminação atmosférica tem favorecido, principalmente na estação seca, a intensificação dos contrastes existentes entre a temperatura do campo e a da cidade.

Esse mesmo autor estudou, em 1992, a magnitude do efeito da urbanização na temperatura tropical da cidade de Guadalajara-México. Observando a tendência do aumento de temperatura do ar, paralelamente com o crescimento da cidade durante o período de 40 anos (1931-1970), o autor pôde perceber que houve um aumento de 0,03°C ao ano, e que o aumento foi maior nos anos de maior crescimento populacional da cidade. Os resultados mostram ainda que a intensidade da ilha de calor em Guadalajara é maior na estação seca e declina na estação úmida, quando os contrastes na entrada térmica são mínimos.

Adebayo (1987) examinou os efeitos da urbanização nas características da temperatura da cidade de Ibadan-Nigéria. Para isso, o autor utilizou registros de 20 anos de temperaturas máximas, médias e mínimas coletadas em três estações urbanas e umas rurais. A análise das características anuais e sazonais de temperatura de Ibadan não evidenciou uma forte correlação entre o crescimento da cidade, durante o período de 1961-1980, e o aumento de temperatura, já que a comparação das máximas entre a área urbana e a área rural não mostrou grandes diferenças. Porém, os efeitos da urbanização são claramente observados na magnitude das temperaturas

⁴ Citado por Cabral (1997)

médias e mínimas do período noturno, caracterizando o fenômeno de ilha de calor noturna.

Em 1991, esse mesmo autor fez uma análise, também na cidade de Ibadan, do efeito diurno da urbanização, tanto em relação à umidade relativa quanto à pressão do vapor, cobrindo um período de 1985 e 1986, utilizando dados coletados em duas estações urbanas e uma rural. Foi constatado que a urbanização exerceu um efeito notável com relação aos parâmetros observados nos períodos vespertinos e durante a estação seca, reduzindo drasticamente suas taxas.

2.3.2 Estudos Realizados no Brasil

No Brasil, as incursões acerca do clima urbano têm seu ponto de partida no final da década de 70 com o trabalho de Monteiro que elaborou um modelo teórico para a investigação do comportamento climático de cidades, designado Sistema Clima Urbano (S.C.U.), conforme Tabela 01, apresentada no item 2.2.

Nos anos 80, Danni-Oliveira (1980), ao estudar a distribuição espacial da temperatura do ar na cidade de Porto Alegre-RS, durante o período de inverno, detectou um aumento de temperatura nas áreas mais edificadas e caracterizadas pelo uso industrial.

Sampaio (1981), examinando os contrastes térmicos de cidade de Salvador-BA em onze locais classificados em ambientes edificados e ambientes abertos, percebeu que, num mesmo momento, as temperaturas medidas nos locais edificados foram de 1,3°C a 6,0°C mais elevadas que as registradas nos locais abertos/livres. O autor ressaltou que o aumento se dava deslocado do centro tradicional para o sítio de Roma (Cidade-baixa)

Ainda na primeira metade da década de 1980, tem-se o trabalho de Lombardo, pioneiro na identificação do fenômeno ilha de calor. A autora analisou o fenômeno de ilha de calor na cidade de São Paulo, utilizando dados provenientes de imagens de satélite meteorológico e dados de campo com medidas móveis e fixas. Diante dos resultados concluiu que a cidade apresentou um gradiente de temperatura

horizontal superior a 10°C, sendo a área de pico de calor também a área com maior índice de poluição, maior concentração de edifícios e indústrias, demonstrando, assim, a forte correlação entre o aumento de temperatura e o uso do solo.

No final dessa década, o estudo realizado por Yamashita et al (1988) mostrou o fenômeno da ilha de calor e umidade em duas cidades da região nordeste do Brasil: Patos-PB, cidade de pequeno porte, localizada no semi-árido e de topografia plana e Campina Grande-PB, cidade de médio porte, localizada no agreste no relevo montanhoso. O resultado desse trabalho apontou para a cidade de Campina Grande uma ilha de calor com magnitude de 1°C, enquanto para a cidade de Patos foi de 2°C, ambas evidenciadas no período noturno.

Sezerino e Monteiro (1990) colocaram em prática os primeiros experimentos para estudar o campo térmico na cidade de Florianópolis-SC. Foram instaladas 20 unidades de observação pontual, por um período de 24 horas. Diante dos resultados encontrados, os autores observaram a existência de um aumento da temperatura do ar na parte mais central da cidade. E, mesmo não sendo possível definir um traçado nítido ou bem desenhado de uma ilha de calor, foi possível perceber as diferenças existentes entre as áreas de maior concentração de edificações e as áreas verdes.

Vidal (1991), buscando compreender as relações existentes entre a morfologia da cidade e a distribuição espacial da temperatura do ar, desenvolveu um estudo na cidade de Natal-RN, identificando os fatores que mais contribuíam para alterações de temperatura do ar da cidade. Para isso, o autor utilizou a interpolação dos padrões de uso e ocupação do solo da cidade com medidas da temperatura do ar coletadas em cada classe distinta de uso do solo. Concluiu que os elementos de maior influência no clima urbano eram as áreas verdes, a proximidade do mar e do rio Potengi, além da conformação natural do terreno e da rugosidade e porosidade do tecido urbano.

Silva (1998) observou, em seu estudo, a influência de superfícies asfaltadas, calçamento e praças no microclima das cidades de Patos e Campina Grande-PB. Para isso realizou leituras instantâneas de radiação solar global, radiação refletida, saldo de radiação, fluxo de calor, umidade do ar, temperatura da superfície e velocidade do vento, bem como a coleta de dados por meio de transectos móveis. Mediante os

resultados obtidos, verificou um aumento de temperatura, considerado como fenômeno de ilha de calor, nas áreas com maior intensidade de uso de asfalto e calçamento.

Brandão (2000), considerando os aspectos geoecológicos (topografia, gradiente de orientação dos maciços, bacias hidrográficas e vegetação) e os componentes antrópicos (uso do solo, pavimentação, densidade demográfica e densidade de construção), estabeleceu relações entre esses e os fenômenos resultantes da ilha de calor e a poluição atmosférica a partir do monitoramento da cidade do Rio de Janeiro. Uma vez mais os resultados mostraram que os ambientes mais quentes eram os que estavam situados nas regiões de maior intensidade de urbanização, identificadas pela autora como as áreas de maior capacidade conservativa de calor. A ilha de calor foi observada nessa região, onde o núcleo, com magnitude de 4,2°C, se localizou em um bairro periférico ao centro da cidade, uma vez que o centro, posicionando-se mais favoravelmente à ação freqüente da brisa marítima, minimizou o efeito da ilha de calor, apesar dos elevados índices de densidade construída e de verticalização das construções que aí se encontravam. Dessa forma, a autora concluiu que a configuração da ilha de calor do Rio de Janeiro refletiu a condição de cidade litorânea, estrangulada por maciços montanhosos. Em síntese, tal estudo identificou a influência dos atributos geoecológicos, juntamente com a morfologia do traçado urbano, na caracterização do clima de uma cidade de grande porte.

Já Mendonça (2000) analisou algumas peculiaridades do campo térmico da cidade de Londrina-PR. Por meio de dados meteorológicos coletados em pontos previamente selecionados e da realização de dois transectos, cortando a cidade nos sentidos norte-sul e leste-oeste, confirmou o comportamento da ilha de calor como um fenômeno de maior intensidade noturna e em dias sem vento de céu limpo. Nesse estudo, a magnitude do aumento de temperatura foi de 10°C.

No mesmo ano, Ribeiro (2000), observando dados diários, mensais e anuais de temperatura máxima absoluta, temperatura mínima absoluta, umidade relativa máxima e mínima absolutas, durante um período de dez anos (entre 1989 e 1999), estudou os microclimas e os impactos da expansão urbana nas variações climáticas

do Distrito Federal. Também realizou medições durante o mês de março do ano de 2000 em pontos considerados de elevadas temperaturas, como, por exemplo, o setor comercial e o setor industriário e na cidade de Taguatinga. Através desse estudo, o autor pode apontar ilhas de calor no setor industriário e no centro da cidade de Taguatinga.

Sobre o clima da cidade de Brasília-DF e de outras cidades do Distrito Federal, há ainda o estudo realizado por Batista (2003), analisando o fenômeno de ilha de calor. O autor utilizou o sensoriamento remoto como ferramenta para estudar o comportamento térmico urbano e os impactos do processo de ocupação desordenada no tocante ao conforto térmico das cidades. A metodologia adotada por ele é semelhante à utilizada por Lombardo (1985), ao selecionar imagens de satélites tiradas em cenas diferentes, porém do mesmo sensor Thematic Mapper do satélite Landsat-5, obtidas na mesma órbita/ponto e hora. Dentre os resultados, Batista observou que a área adjacente à vila da Estrutural, no limite sul do Parque Nacional de Brasília, apresentava-se, em 1984, na faixa de temperatura entre 17°C e 18°C e, em 2001, 27°C e 28 °C, sendo, dessa forma, um dos acréscimos de temperatura mais significativos. A relação entre o aumento de temperatura e o crescimento urbano foi verificada em diversas outras cidades do Distrito Federal, onde também foram observados acréscimos de temperatura entre 1°C a 9°C. Assim, mediante observação das imagens de satélite, o autor conclui que fatores como a presença de materiais particulados em suspensão na atmosfera, funcionando tanto como bloqueador da incidência de radiação solar quanto como agente de geração do efeito estufa local, devem ser observados para se realizar uma melhor compreensão do fenômeno ilha de calor.

2.3.3 A Contribuição de Mato Grosso

Em Mato Grosso, os estudos sobre Clima Urbano geralmente são o resultado de monografias de conclusão de cursos de graduação ou especialização, dissertações e teses. Com a intenção de direcionar as ações de planejamento urbano e de melhorar as condições de conforto ambiental, um grande número de pesquisadores mato-

grossenses se propuseram a realizar estudos acerca de temáticas como ilha de calor, distribuição espacial das chuvas na cidade, influência de grandes mudanças na paisagem sobre o clima, entre outros mais. No conjunto desses estudos destacam-se: Maitelli (1991, 1994, 2004); Zamparoni (1995); Rosa (1999); Costa (1999); Dourado (2002); Santos (2002); Almeida e Brito (2003); Pinho (2003); Souza (2004).

2.3.3.1 Estudos Realizados na Capital do Estado, Cuiabá

Maitelli et al (1991) identificaram, pela primeira vez, a ocorrência do fenômeno ilha de calor na cidade de Cuiabá-MT. Analisando a distribuição horizontal da temperatura e da umidade relativa do ar e estabelecendo as relações entre os elementos climáticos e o uso do solo urbano, observaram, na região central da cidade, a formação de uma ilha de calor com intensidade de 2,5°C durante a noite. Para coleta dos dados necessários à realização desse estudo, foi empregada a técnica de transecto móvel. Esse estudo concluiu que a configuração da ilha de calor em Cuiabá identifica-se com o modelo clássico, ou seja, as maiores temperaturas e as menores taxas de umidade relativa do ar ocorrem na região do centro comercial. Tal estudo é citado na Carta Geotécnica de Cuiabá, evidenciando a relevância dos conhecimentos sobre clima urbano no planejamento municipal.

Após identificar a ocorrência da ilha de calor na cidade de Cuiabá, Maitelli (1994 e 1998) se interessa por acompanhar o desenvolvimento de tal fenômeno. Assim, dedicou sua tese de doutorado à investigação do clima dessa cidade tropical continental de porte médio, destacando-se como o primeiro trabalho a realizar balanço de energia no estado de Mato Grosso. Esta investigação adotou uma abordagem tridimensional, ou seja, combinou a análise de uma série temporal de dados com observações horizontais, fixas e móveis, das diferentes temperaturas e taxas de umidade relativa do ar entre áreas urbanas e suburbanas, através do mapa de uso e ocupação do solo urbano elaborado pela autora. Para o cálculo do balanço de energia na região central da cidade, empregou a metodologia proposta por Bowen. Os resultados obtidos mostram que, na estação chuvosa, ocorrem diferenças de até 2,5°C no período noturno e 2,0°C no período diurno, e, na estação da seca, observa-se

um aumento no valor dessa diferença, que passa a ser de 5,0°C no período noturno e de 3,0°C no período diurno. Os resultados mostraram ainda que o crescimento urbano influenciou no aumento das temperaturas mínimas, principalmente no período entre 1970 a 1992, época da explosão demográfica na cidade.

Costa (1999) verificou em seu estudo a influência da área verde no clima urbano, tomando como exemplo o caso do Parque Mãe Bonifácia em Cuiabá-MT. A metodologia consistiu na instalação de dois abrigos termométricos para coleta de dados de temperatura e umidade do ar: o primeiro na área central da cidade e o segundo no Parque Mãe Bonifácia. As coletas foram realizadas simultaneamente e os resultados obtidos mostraram que na região central as temperaturas eram mais altas e as taxas de umidade mais baixas do que no parque. Constatou-se que a maior diferença encontrada, no valor de 7,2°C, ocorreu no período noturno.

Duarte (2000), em sua tese de doutorado, pesquisou a correlação existente entre microclimas urbanos e a ocupação do solo, tomando como área de estudo a cidade de Cuiabá-MT. A autora mediu numericamente a correlação entre a temperatura do ar e algumas variáveis pertinentes ao planejamento urbano. Como metodologia, a autora realizou uma descrição qualitativa e quantitativa das variáveis urbanas envolvidas e coletou dados de temperatura e umidade do ar em diferentes horários nas estações de chuva e seca. Mesmo não sendo o objetivo deste trabalho o estudo da ilha de calor, os resultados evidenciaram diferenças térmicas absolutas de mais de 6°C na estação seca e 7°C na estação chuvosa. As áreas mais aquecidas são as localizadas na região central da cidade, fato que corrobora os resultados encontrados por outros autores.

Santos (2002) estudou as principais causas das enchentes urbanas na cidade de Cuiabá-MT. Para tanto, realizou balanços hídricos utilizando a metodologia de Thornthwaite-Mater, a fim de conhecer a disponibilidade hídrica anual para o período de 1971 a 2000. Atualizou a planta de uso e ocupação do solo urbano da cidade de Cuiabá para estudos de clima urbano, visando relacioná-lo com a disponibilidade hídrica da região. O resultado mostra que tanto o excedente quanto o déficit hídrico são de pequenas proporções, não podendo ser os principais responsáveis pelas

enchentes urbanas. Assim, a autora aponta, como uma das principais causas das enchentes urbanas localizadas, a impermeabilização típica do solo urbano.

Pinho (2003) desenvolveu sua monografia de conclusão de curso com o objetivo de observar a ilha de calor em Cuiabá-MT no ano de 2002 e comparar os resultados de sua investigação com aqueles evidenciados por estudos anteriores, visando acompanhar esse fenômeno climático. O autor também empregou a técnica do transecto móvel para a coleta de dados climatológicos. A maior intensidade da ilha de calor detectada no ano de 2002 foi de 5,7°C, no período noturno e na estação seca. Assim como nos estudos realizados anteriormente, a ilha de calor estava localizada na região central da cidade. Porém, nos estudos realizados em 1990 e 1994 a intensidade da ilha de calor era de 2,5°C e 5°C respectivamente. O estudo de Pinto revela, pois, um aumento constante na intensidade da diferença térmica encontrada. Por fim, o autor concluiu que este aumento crescente pode estar relacionado com a intensificação do crescimento urbano da cidade, onde a verticalização é uma das características mais marcantes.

Maitelli et al (2004) investigaram novamente as características espaciais e temporais da ilha de calor observada em Cuiabá-MT, no período de outubro de 2003 a fevereiro de 2004, realizando medidas em dias com e sem chuva. A coleta de dados se deu tanto em um ponto fixo quanto através da técnica do transecto móvel. Evidenciando, mais uma vez, a ocorrência da ilha de calor no distrito comercial da cidade, esse estudo confirmou os resultados obtidos anteriormente. Esses pesquisadores apontaram a necessidade de acompanhar a evolução da ilha de calor, à medida que a geometria urbana vai adquirindo novas configurações. Observaram, ainda, que fatores como balanço de energia, ventos e precipitações devem ser investigados juntamente com a temperatura do ar e as taxas de umidade relativa.

Almeida Júnior (2005) estudou a influência da vegetação como elemento da redução da temperatura, através do sombreamento que as árvores proporcionam, na cidade de Cuiabá-MT. Para isso o autor realizou medições de temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar em áreas ao sol e à sombra do indivíduo arbóreo. As medições mostraram que as áreas sombreadas por árvores apresentam redução da temperatura se comparadas às áreas não arborizadas. O autor verificou ainda que a

espécie arbórea Oiti é bastante apropriada para o clima da cidade. Com base nos dados, Almeida Júnior frisa a necessidade de arborização para amenizar as altas temperaturas de Cuiabá.

2.3.3.1. Estudos Realizados em Cidades do Interior Mato-grossense

Zamparoni (1995) analisou duas cidades de pequeno porte localizadas em área tropical: Barra do Bugres-MT e Tangará da Serra-MT. A autora relacionou o uso e a ocupação do solo com as variações de temperatura e taxas de umidade relativa do ar. Os dados foram coletados durante dois períodos, na estação seca e na estação chuvosa, utilizando tanto pontos fixos de coleta quanto a técnica do transecto móvel. Os resultados da análise dos dados mostraram que em Barra do Bugres os valores da ilha de calor chegam a 2,0°C na estação chuvosa e a 3,6°C na estação seca. Já na cidade de Tangará da Serra, os valores na estação chuvosa e na estação seca foram de 4,0°C e 5,4°C respectivamente. Tendo em vista os resultados de seu estudo, Zamparoni recomendou um plano de rearborização, priorizando o incremento de áreas verdes com o objetivo de amenizar a formação de ilhas de calor nas duas cidades.

Rosa (1999) estudou as alterações climáticas locais resultantes da ocupação urbana na cidade de Sinop-MT, localizada na Amazônia mato-grossense. Para tanto, elaborou o mapa de uso e ocupação do solo, que norteou a coleta de dados realizada por meio da técnica de transecto móvel. Assim como nos estudos relatados anteriormente, foram realizadas coletas de dados nos períodos chuvoso e seco. Os resultados mostraram que em Sinop já existe o fenômeno da ilha de calor, com intensidade máxima de 4,7°C na estação seca e de 3,6°C na estação chuvosa, evidenciando a influência do uso do solo urbano no clima da cidade. Finalizando o estudo, o autor sugere que seja realizado um planejamento urbano, a fim de minimizar o desconforto térmico causado pelo adensamento urbano.

Dourado (2000), em sua monografia de conclusão de curso, pesquisou a influência da urbanização em cidades localizadas na Amazônia mato-grossense. Seu

principal objetivo foi pesquisar as diferenças de temperatura entre as áreas urbanas e suburbanas na cidade de Lucas do rio Verde-MT. Observou a existência do fenômeno ilha de calor e comparou os resultados com aqueles obtidos em trabalho semelhante (ROSA, 1999), realizado em Sinop-MT, cidade próxima de Lucas. Assim como no trabalho realizado em Sinop, foi adotada a técnica do transecto móvel para a coleta de dados, realizado tanto no período chuvoso quanto no seco. Os resultados mostraram a formação de uma ilha de calor próxima ao distrito industrial da cidade, com intensidade máxima de 3,9°C. Ambas as cidades apresentaram o mesmo comportamento com relação à ilha de calor durante as duas estações (seca e chuvosa), sendo que, na cidade de Sinop, esse fenômeno aparece com maior intensidade. Tal como nos estudos realizados anteriormente, a autora sugere que ações de planejamento urbano e ambiental sejam realizadas, a fim de controlar a influência da urbanização sobre o clima e com isso melhorar a qualidade de vida população.

Almeida e Brito (2003) identificaram as formas de uso e ocupação do solo da cidade de Chapada dos Guimarães-MT e suas influências no comportamento das variáveis climáticas de temperatura e umidade do ar nas estações de seca e chuva. A metodologia utilizada para a realização desse estudo foi a técnica de transecto móvel. Os resultados apontaram uma diferença de 1°C entre as áreas centrais e arredores da cidade. Assim, os autores concluíram que, mesmo em uma cidade de pequeno porte, utilizada quase que exclusivamente para o turismo, pode ser observado a formação de uma pequena ilha de calor na região central da cidade.

Souza e Maitelli (2005) verificaram a configuração horizontal da temperatura e umidade do ar na cidade de Várzea Grande-MT. Os dados climáticos utilizados para a pesquisa foram obtidos através da técnica do transecto móvel, passando por áreas de baixa e alta densidade urbana. Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que o corredor comercial, área densamente edificada e com intenso fluxo de veículos, possui uma temperatura mais elevada e o ar mais seco que as regiões de menor densidade urbana. A diferença encontrada para a temperatura foi de 7,0°C, enquanto o ar se apresentava 25% mais seco. Logo, a autora concluiu que o processo de urbanização da cidade de Várzea Grande provocou alterações em seu clima

devido ao uso indiscriminado do solo urbano, ficando evidente a existência de ilha de calor nesta cidade.

Do conjunto de textos aqui resenhados infere-se um padrão de comportamento climatológico na sua correlação com elementos que compõem o tecido urbano de cidades mato-grossenses. O conhecimento desse padrão pode ter implicações práticas de grande relevância na elaboração de políticas públicas de planejamento urbano.

3. Caracterização da Área de Estudo

3.1 Aspectos Históricos

A cidade de Várzea Grande teria nascido da doação, em 1832, de uma sesmaria aos índios Guanás – considerados mansos pelos portugueses e hábeis canoieiros e pescadores. Daí a denominação "Várzea Grande dos Guanás". A localidade era caminho obrigatório das boiadas que vinham de Rosário do Rio Acima (hoje Rosário Oeste) em direção a Cuiabá.

Paralelamente a essa versão, uma outra atribui a fundação da cidade ao acampamento militar construído durante a guerra com o Paraguai, supostamente nas imediações do atual centro da cidade - o Acampamento Couto Magalhães. Esse acampamento militar, que dava suporte à capital do estado durante a guerra com o Paraguai, foi estabelecido a 15 de Março de 1867, data considerada, atualmente, como da fundação da cidade, pelo General Couto Magalhães. A localização do acampamento se dava em um ponto considerado estratégico no município. Este estava assentado sobre um planalto, onde é o hoje o Aeroporto Marechal Rondon.

Em plena guerra, o presidente da província de Mato Grosso, Couto de Magalhães, ordenou a prisão de todos os paraguaios encontrados em Cuiabá e cercanias e enviou-os para o acampamento militar na outra margem do rio, região até então ocupada pelos índios Guanás e por alguns poucos e pobres lavradores.

Além de servir de abrigo para as tropas brasileiras e para os presos de guerra, o local tornou-se ponto de parada obrigatória para quem se destinasse ao norte e ao oeste do estado de Mato Grosso, através do rio Cuiabá.

Assim, Várzea Grande servia de passagem e pouso para as tropas de boiadeiros que vinham de Poconé e Nossa Senhora do Livramento. Dada a habilidade dos paraguaios no corte e secagem da carne e no curtume de couro, o pequeno povoado passou a abrigar a matança de bois e transformou-se em fornecedor de mercadorias para a capital. Firmou-se, posteriormente, a agricultura nos capões pequenos, unindo brasileiros, inclusive muitos remanescentes da guerra, e paraguaios no mesmo trabalho.

Nas primeiras décadas, o povoado várzea-grandense cresceu lentamente, sobrevivendo da lavoura, do abate de reses e da fabricação de lenha, além de uma incipiente indústria manual, atividades que proporcionavam o comércio com Cuiabá, feito por meio de barcos.

Em 1942, no governo do interventor Júlio Müller, foi inaugurada a primeira ponte unindo Cuiabá e Várzea Grande, intensificando significativamente o comércio com a capital, pelo fornecimento de carne bovina, suínos, galináceos, leite e derivados, lenha, carvão, chinelos, material de construção e cereais, além de peixe. O desenvolvimento da cidade foi ainda impulsionado pela instalação da luz elétrica, em 1945.

Várzea grande foi transformada em município em 23 de setembro de 1948, no governo de Arnaldo de Figueiredo, que nomeou o varzea-grandense major Gonçalo Romão de Figueiredo para exercer o cargo de prefeito, até que se realizassem eleições.

Nos dias de hoje, Várzea Grande é um município predominantemente comercial e industrial. A escassa atividade agrícola caracteriza-se como agricultura de subsistência. Através de incentivos fiscais e doações de terras, indústrias se instalaram na região, constituindo, juntamente com a capital, o principal pólo industrial do estado.

3.2 Aspectos Geográficos

Várzea Grande possui uma extensão territorial de 949,53 Km², está localizada no Centro-Oeste brasileiro, Estado de Mato Grosso, fazendo limite com os municípios de Cuiabá, Acorizal, Jangada, Santo Antônio do Leverger e Nossa Senhora do Livramento. Pertence, assim, a Mesorregião Homogênea Centro-Sul Mato-grossense, encerrando-se na Microrregião de Cuiabá.

Situada no relevo da Baixada do Rio Paraguai e calha do Rio Cuiabá, topograficamente, aos 185m de altitude, Várzea Grande pertence à Baixada Cuiabana ou Periplanície Cuiabana, pelas coordenadas 15°32'30" de latitude sul e 56°17'18" de longitude oeste. A Figura 03 ilustra a localização do Estado de Mato Grosso em relação ao Brasil, do município de Várzea Grande em relação ao Estado e, por fim, do perímetro urbano do município.

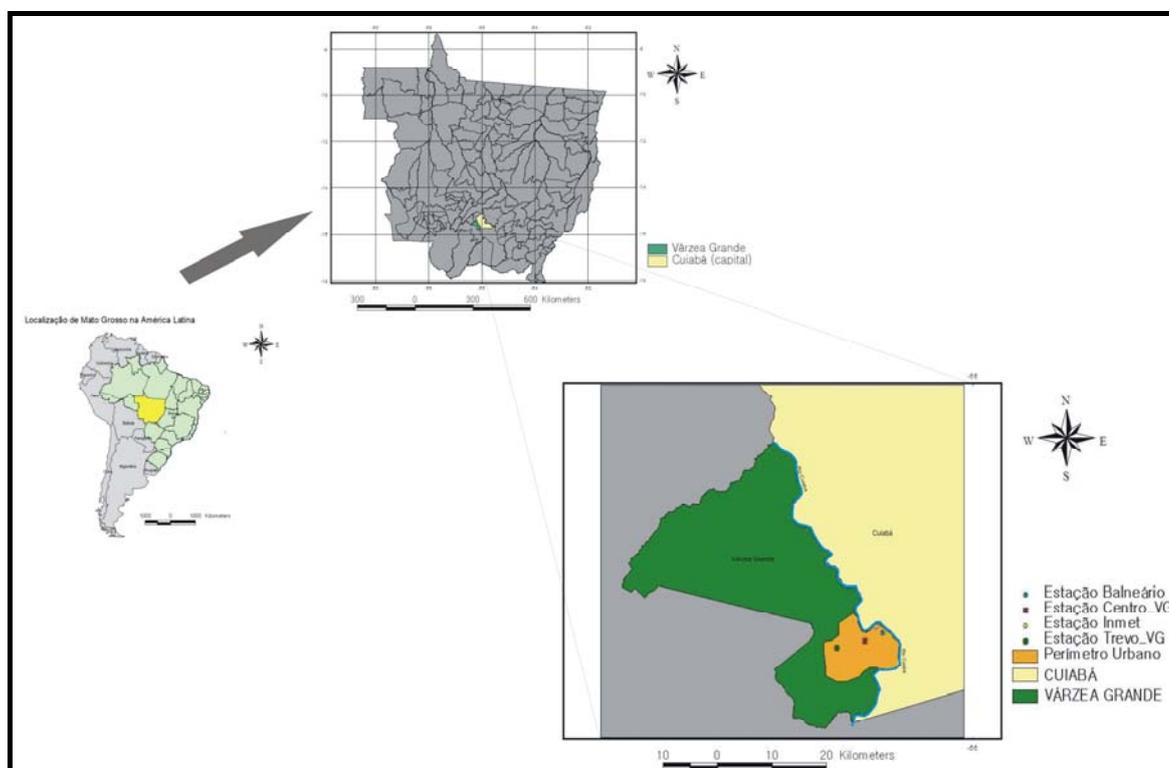


FIGURA 3 – Localização da área de estudo. Adaptado da Base Cartográfica do Estado de Mato Grosso da SEPLAN-MT/2000.

Segundo Souza (2004), os testemunhos geológicos indicam que o município tem origem na Faixa Móvel Brasileira, que foi retrabalhada nas coberturas dobradas do Proterozóico, com granitóides associados, Grupo de Cuiabá.

A vegetação nativa do município é definida pela ocorrência de Cerrado, Cerradão, Mata Ciliar, além de algumas formações associadas decorrentes do contato entre o Cerrado e a Floresta de Transição. Na cidade, as áreas verdes encontram-se representadas principalmente por vegetação remanescente de áreas não construídas, margens de córregos e rios, vegetação domiciliar, fundos de vales, parques, praças e vegetação viária (GUARIM,1990).

O município de Várzea Grande apresenta uma área relativamente bem drenada, banhada pelos rios Cuiabá e Pari e pela presença de alguns córregos que correm pela cidade como, por exemplo, Piçarrão, Traíra e Formigueiro.

O clima predominante é o Aw, ou seja, Tropical Semi-Úmido, de acordo com a classificação de KOPPEN. Caracteriza-se como úmido com quatro a cinco meses secos e duas estações bem definidas: uma seca (outono-inverno) e outra chuvosa (primavera-verão). A precipitação anual gira em torno de 1.750 mm, com maior intensidade no período que vai de dezembro a fevereiro (estação chuvosa). Uma característica importante presente na estação seca é o fenômeno de “friagem”, que consiste na entrada de uma massa polar atlântica sobre a região, podendo causar uma queda brusca na temperatura, em curto espaço de tempo (NIMER, 1989). A temperatura média anual é de 26,5°C. Os ventos predominantes durante a estação seca são os provenientes do sul e sudeste, enquanto na estação chuvosa são os provenientes do norte e noroeste.

3.3 Aspectos Demográficos

A história da fundação do município de Várzea Grande, em plena guerra do Paraguai, refletiu-se, em parte, na sua estruturação urbana, iniciada principalmente na década 1870, no pós-guerra. A nova população que surgia encaixava-se em três

classes distintas: soldados brasileiros, presos paraguaios e vaqueiros. O pequeno povoamento ainda era formado por lavradores e carmeiros.

Com o passar do tempo, pessoas de toda parte, porém mais significativamente do município vizinho de Nossa Senhora do Livramento, vieram fixar-se no povoado em ascensão. Junto com os primeiros migrantes surgiram os primeiros focos de comércio, que firmavam cada vez mais o novo núcleo populacional.

No final do século XIX, Várzea Grande não contava com mais de cem famílias. Contudo, na década de 1920, o pequeno povoado passou a receber atenção especial do governo nos setores educacional e econômico. Tal atitude representou um momento de transformações, pois, com os investimentos realizados no povoado, ele se tornou local de interesse para a migração de pessoas oriundas de Nossa Senhora do Livramento e de Santo Antonio do Leverger, entre outras localidades. Como assinala Souza (2004, p. 45), “a vinda dos migrantes de outros estados, aliada à facilidade de circulação do automóvel, incrementou o progresso de indústrias manuais e evidenciou o crescimento do comércio”. Anunciava-se, pois, nessa década, o alvorecer da era industrial, que colaboraria no aumento do número de famílias que buscavam fixar-se no município de Várzea Grande.

A construção da ponte de concreto, em 1942, unindo Cuiabá a Várzea Grande, e a chegada da energia elétrica foram acontecimentos que consolidaram o crescimento e o processo de urbanização do povoado. Após seis anos, no dia 23 de setembro de 1948, Várzea Grande era desmembrada de Cuiabá, transformando-se em um município autônomo.

Através da realização do Censo Demográfico, o IBGE pôde constatar que o município de Várzea Grande contava, em 1960, com uma população de 10.834 habitantes. Já no ano de 1980 foi observado que o número de habitantes do município quadruplicou. Em 1991, houve uma duplicação da população existente no ano 1980 e, em 2000, a população total já era cerca de 30% maior do que na última contagem realizada na década de 90.

De acordo com a Tabela 02, verificou-se um aumento significativo na população após os anos 70. Esse fato está relacionado às políticas públicas de ocupação e expansão da fronteira agrícola na região Centro-Oeste e na Amazônia,

fazendo com que a maioria das cidades pertencentes a essa região dobrasse seu contingente populacional. A tabela mostra ainda, que, apesar do número de habitantes do município crescer vertiginosamente com o passar das décadas, o total das pessoas residentes na área rural exibe tendência decrescente. Dessa forma, pode ser percebido que, conforme crescia a população do município, o número de pessoas que optavam por morar na área urbana também crescia.

TABELA 2 – Evolução da população residente em Várzea Grande, por situação de domicílio, no período de 1970-2006.

<i>Ano</i>	<i>Urbana</i>	<i>Rural</i>	<i>Total</i>
1970	13.908	4.145	18.053
1980	73.294	3.384	76.678
1990	155.307	6.651	161.958
2000	211.303	3.995	214.842
2005	-	-	248.728
2006*	-	-	254.736

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 1970, 1980, 1990, 2000. Organizado por Simone Schreiner.

* Estimativa Populacional, Anuário Estatístico de Mato Grosso, 2006

Nos últimos anos, o crescimento da cidade foi de cerca de 20%, saltando de um total de aproximadamente 150.000 habitantes para quase 250.000 habitantes, ou seja, um crescimento de cerca de 100.000 habitantes, ocupando o posto de município com maior densidade demográfica do estado Mato Grosso, com 238,80 hab/km². O gráfico da Figura 04 ilustra o crescimento populacional de Várzea Grande nos últimos anos.

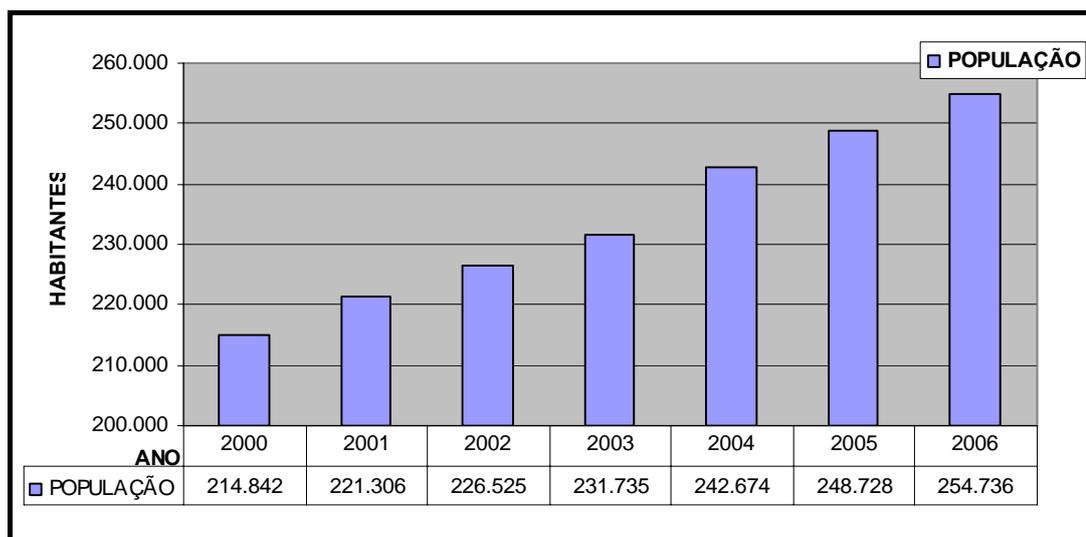


FIGURA 4 – Evolução do crescimento da população de Várzea Grande na década de 2000.

Fonte: **Anuários Estatísticos de Mato Grosso do período 2000-2006.**

É importante lembrar que, com a implantação de projetos de colonização, os municípios mato-grossenses proliferaram num ritmo sem precedentes, acentuando, cada vez mais, a diferença entre o número de moradores residentes na área urbana e na área rural. A concentração populacional nas cidades resulta num uso singular do solo, dispendo de um arranjo bastante complexo que, além de acentuar a pressão antrópica sobre as áreas vegetadas na cidade, pode provocar uma série de outros impactos ambientais.

3.4 Aspectos Urbanos

O uso do solo na cidade de Várzea Grande exibe uma conformação bastante homogênea. Não se observa uma região exclusivamente comercial, como é de costume nas cidades do seu porte. O que se observa é a existência de corredores comerciais distribuídos nas vias de maior tráfego e, entre eles, regiões residenciais. Entre os corredores comerciais mais significativos estão as avenidas da FEB, Ulisses Pompeu de Campos, Couto Magalhães, Senador Filinto Müller, Governador Júlio Campos, Dom Orlando Chaves, Jorge Witzak, Ari Paes de Barreto e Alzira Santana.

Os corredores comerciais possuem áreas densamente ocupadas por construções predominantemente horizontais, com cobertura vegetal e arborização viária quase nula. Nessa região, a pavimentação das vias pode ser considerada de 100% e o tráfego de veículos e pedestres é intenso. A Figura 05 mostra uma vista parcial da Avenida Couto Magalhães, onde pode ser observada a escassez de edifícios altos, a concentração do comércio ao longo da avenida e as áreas residenciais adjacentes.



FIGURA 5 – Vista aérea parcial da cidade de Várzea Grande.

Fonte: Marcos Bergamasco/Secom-MT

A história da formação de Várzea Grande influenciou fortemente no padrão de distribuição da densidade populacional e, conseqüentemente, no processo de urbanização da cidade. Na localização do acampamento militar que deu origem ao município, hoje tem-se o Aeroporto Internacional Marechal Rondon, ilustrado na Figura 06, e, contiguamente ao aeroporto, no sentido oeste, situa-se a região mais urbanizada e densamente ocupada, o chamado centro da cidade. Foi a partir desse antigo núcleo de povoamento que a cidade se expandiu.



FIGURA 6 – Fachada principal do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Marechal Rondon

Na região central, as construções são bem próximas umas das outras e a quantidade de vegetação é reduzida, se comparada com outras regiões da cidade. É válido lembrar ainda que essa área é cortada pelos principais corredores comerciais a exemplo das avenidas FEB, Couto Magalhães e Filinto Muller. A presença do Aeroporto Internacional Marechal Rondon na área central da cidade, região densamente urbanizada, também é interessante de ser ressaltada, pois, no meio de local fechado por construções, tem-se um grande vazio correspondente a todo terreno pertencente ao aeroporto. Tal área possui 738 hectares.

Outro fator importante no processo de urbanização do município foi a construção da ponte de concreto, em 1942, ligando Cuiabá a Várzea Grande. A união das duas cidades aumentou significativamente o fluxo de pessoas na região da Avenida da FEB, tornando suas imediações comercialmente atrativas. A Avenida da FEB é hoje uma área essencialmente comercial, margeada por bairros residenciais com uma alta densidade populacional, como o bairro Cristo Rei.

Observa-se, através do desenho urbano da área central da cidade, que essa região foi crescendo de acordo com a necessidade e vontade da população, sem um prévio planejamento do traçado das vias, resultando numa malha irregular.

Por ter o rio Cuiabá como limite físico, a cidade cresce principalmente na direção oeste e em torno da Avenida Julio Campos. Este corredor comercial dá acesso ao Trevo do Lagarto, onde acontece o encontro das rodovias BR-070, BR-163 e Rodovia dos Imigrantes. Nessa região predominam os bairros com casas populares, organizadas em pequenos loteamentos. O traçado urbano dessa região pode ser classificado, segundo Mascaró (2003), como ortogonal fechado, formado por vias paralelas e perpendiculares que configuram os quarteirões e bairros. Tal traçado revela uma urbanização relativamente recente, decorrente de um processo planejado de ocupação.

Na medida em que se distancia da região central e chega-se aos bairros mais periféricos, encontram-se grandes vazios urbanos, provavelmente decorrentes da especulação imobiliária. Esses vazios se configuram por áreas descampadas ou por áreas de vegetação nativa remanescente.

Outra importante característica da cidade de Várzea Grande é seu caráter horizontal. São poucos os edifícios com vários pavimentos, como pode ser observado anteriormente na Figura 05. Nem mesmo na região central da cidade pode ser percebido o processo de verticalização, comum às cidades do mesmo porte. Nessa região, a altura média das edificações gira em torno de 6 a 9 metros, o que corresponde a um total de dois e três pavimentos respectivamente. Assim, a principal diferença entre as áreas mais e menos densas se dá principalmente pela impermeabilização do solo, pela presença de maior ou menor quantidade de vegetação e pela distância entre as construções.

A Figura 07 mostra a distribuição do uso do solo urbano da cidade de Várzea Grande segundo sua prefeitura.

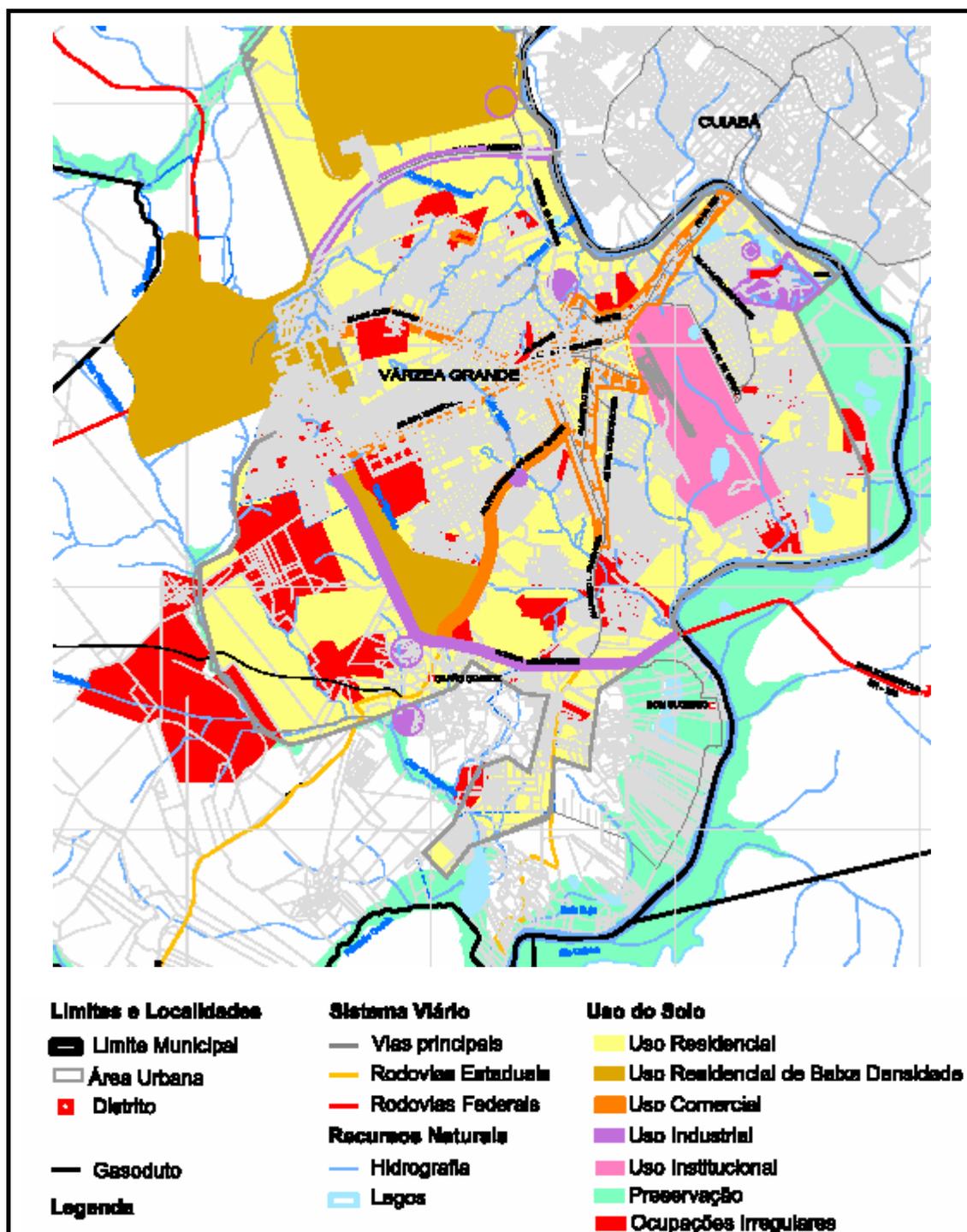


FIGURA 7 – Uso e Ocupação do solo segundo a prefeitura de Várzea Grande.

Segundo a proposta de Souza (2004), a ocupação do solo na cidade de Várzea Grande pode ser dividida, de acordo com a densidade urbana, em seis classes, assim, categorizadas:

- **Alto Adensamento Construtivo (AAC):** Áreas densamente ocupadas por construções predominantemente horizontais, com verticalização quase nula. Fazem parte da região central da cidade, onde estão concentradas as principais atividades comerciais. Caracterizam-se por apresentarem largo uso de materiais construtivos como alvenaria e concreto, altíssimo percentual das vias pavimentadas por asfalto, grande concentração de pedestres e fluxo intenso de automóveis. Ocorrem também nessa região áreas residenciais, em e alguns edifícios multifamiliares. A vegetação existente nas áreas densamente urbanizadas é representada pelos quintais das residências e pelas árvores de porte médio presentes em calçadas e canteiros das avenidas (arborização viária).



FIGURA 8 – Vista Parcial da Avenida Couto Magalhães

- **Médio Adensamento Construtivo (MAC):** Nessa região predomina o uso do solo residencial, construções não muito densas, afastadas umas das outras e onde o setor comercial se restringe às principais vias de acesso. Essas regiões são formadas principalmente pelos grandes bairros de classes sociais média e baixa. O percentual de pavimentação aqui é bem inferior ao das áreas de Alta Densidade Urbana, apresentando ruas sem capeamento e um coeficiente de permeabilidade do solo maior. A cobertura vegetal do solo é

bem mais densa, com árvores de grande porte nos quintais, praças e calçadas e, principalmente, em espaços vazios.



FIGURA 9 – Representação de área de média densidade urbanizada

- **Baixo Adensamento Construtivo (BAC):** Tais áreas são quase ausentes no centro da cidade e passam a aparecer, à medida que se aproxima dos limites da zona urbana, ou seja, podem ser consideradas como regiões periféricas ou suburbanas da cidade. Sendo compostas principalmente por bairros com população de baixa renda, as Áreas de Baixa Densidade Urbana possuem uma predominância de lotes vazios em relação às áreas construídas, que são bem distantes umas das outras. As ruas são, na maioria, de solo nu e o coeficiente de permeabilidade do solo nesses locais é bastante alto. São áreas privilegiadas em relação à cobertura vegetal e superfície líquida, pois a presença de vegetação é abundante em forma de mata ciliar na beira dos córregos e alguma vegetação remanescente do cerrado nos espaços vazios existentes. Pode ser observada ainda a presença de pequenas pastagens e de locais com características estritamente rurais.



FIGURA 10 – Área de baixa densidade urbana com destaque para vegetação

- **Aeroporto (AERO):** O aeroporto Marechal Cândido Rondon está localizado na região central de Várzea Grande. Em seus arredores a cobertura vegetal é bastante abundante, com presença de vegetação nativa, remanescente do cerrado. A região pavimentada corresponde somente à área utilizada para os serviços do aeroporto, como, por exemplo, pista de pouso e decolagem, hangares, prédio do aeroporto, estacionamento, entre outros. No entorno da área do aeroporto, existem ocupações, dentro do perímetro urbano, com características estritamente rurais, como chácaras com áreas de pastagens para criação de bois e cavalos e também algumas áreas destinadas a atividades como hipismo. Nessa área de entorno, pode ser observada ainda a presença de superfícies líquidas como córregos e lagos.



FIGURA 11 – Aeroporto e parte do entorno pertencente a sua propriedade

- **Área Desmatada (AD):** São regiões onde a vegetação nativa foi removida para dar lugar a loteamentos e a zonas de expansão urbana. Podem ser observadas principalmente nas áreas verdes da região periférica da cidade e também nas zonas de Baixa Densidade Urbana.



FIGURA 12 – Área desmatada na região da Avenida Júlio Campos

- **Área Verde (AV):** Esta classe é composta principalmente pelas matas ciliares ao longo dos rios e córregos e pela vegetação do cerrado remanescente nas imediações da cidade, como, por exemplo, na região da reserva florestal próxima à Sadia. Já nas regiões de Média Densidade Urbana

e de Alta Densidade Urbana é representada principalmente pela vegetação existente nos quintais, vias públicas, praças e lotes vazios.



FIGURA 13 – Área verde próxima ao bairro Vista Alegre.

A Figura 14, na página seguinte, representa a organização da ocupação do solo na cidade de Várzea Grande de acordo com a classificação proposta acima.

A área em tom de cinza claro corresponde a regiões de baixa densidade construída. Tais locais são representados principalmente por início de ocupação ilegal de terrenos (grilagem), e geralmente ocorrem próximos a regiões de preservação permanente ou nos grandes vazios urbanos⁵. Já as regiões em tom de cinza médio representam áreas de média densidade construída. Essas áreas são caracterizadas principalmente por bairros residenciais mais novos. As regiões em tom de cinza escuro representam os locais com maior adensamento construtivo, que compreendem as regiões centrais, as regiões ao longo dos corredores comerciais (representados no mapa pelas linhas em vermelho) e regiões residenciais mais antigas. A área em laranja corresponde ao aeroporto, não somente ao terminal de passageiros, hangares e pista de pouso, mas também todo terreno vazio do entorno pertencente ele. A linha amarela corresponde ao percurso do transecto.

⁵ Entende-se por vazio urbano as regiões, localizadas dentro da cidade, onde os terrenos sofrem especulação imobiliária e, por isso, não são utilizados.

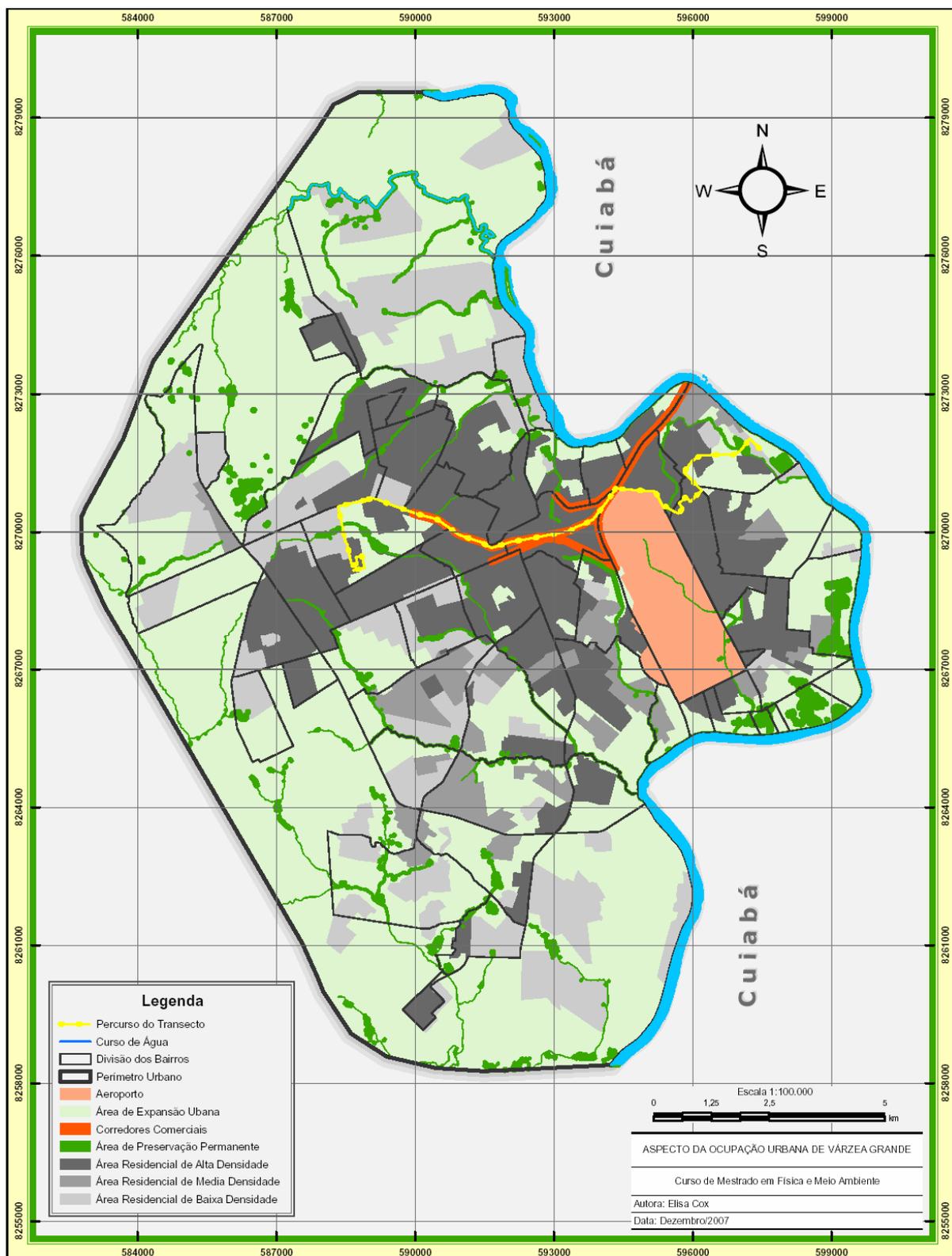


FIGURA 14 – Caracterização da densidade urbana de Várzea Grande de acordo com as categorias propostas na legenda.

4. Procedimentos Metodológicos

O ponto de partida deste trabalho é a constatação de que a urbanização vem provocando modificações ao meio ambiente. Tais alterações, decorrentes do processo de urbanização, ocasionam interações específicas entre a atmosfera local e a cidade, resultando em características específicas para o clima urbano. Dessa forma,

“Embora muitas vezes, as condições climáticas naturais e regionais, dependentes da circulação atmosférica orientem a produção do espaço urbano, parece que são os atributos urbanos que interferindo na atmosfera local originam um comportamento climático urbano diferenciado das áreas rurais.” (MAITELLI, 2006, p.01 e 02)

Segundo Pinho (2003), uma das metodologias mais adotadas pelos pesquisadores que buscam compreender o comportamento climático é a comparação dos dados de estações meteorológicas que se localizam em áreas urbanas, suburbanas e rurais do município, trabalhando com as diferenças entre os parâmetros climatológicos apresentados em cada estação. Tais diferenças são posteriormente relacionadas e comparadas com o tipo de utilização do solo do local de coleta e seu entorno. Dentre os autores que já fizeram uso dessa metodologia para estudar o clima urbano, destacam-se Oke (1982, 1987, 1989), Maitelli (1991, 1994, 1999, 2004), Lombardo (1980), Brandão (2000), Danni-Oliveira (1980) entre outros.

Além da comparação de dados coletados em áreas urbanas, suburbanas e rurais, muitos pesquisadores associam, ainda, às informações dadas pelas estações outras coletadas por meio de um método de observação móvel, conhecido como transecto móvel.

O transecto móvel é uma metodologia de observação itinerante da temperatura e umidade do ar. Para isso, são instalados sensores em um abrigo adequado sobre um veículo, que realiza um roteiro, atravessando a cidade, contemplando áreas com diferentes tipos de uso do solo. Para evidenciar a intensidade e também espacializar os limites da ilha de calor urbana, o método do transecto móvel é particularmente adequado para realização das medidas, porque permite multiplicar o número de observações em vários setores com a utilização de instrumental mínimo. Dentre os autores que associaram a observação fixa à observação móvel, pode-se citar Maitelli (1994) que estudou o clima urbano da cidade de Cuiabá, Lombardo (1985) que estudou o clima da Metrópole Paulistana, Yamashita et al (1988) que observou a cidade de Patos e Campina Grande, resenhados nos itens 2.3.2 e 2.3.3.

A investigação aqui proposta adotará uma metodologia semelhante, associando dados de quatro estações meteorológicas (sendo a primeira localizada em uma área de grande urbanização, a segunda em uma área suburbana, a terceira em uma área de baixa densidade urbana, próxima a uma extensa área verde, e a quarta em uma região rural) a dados coletados por meio de transecto móvel, percorrendo regiões com diferentes densidades de urbanização.

4.1 Instrumentação para Levantamento de Dados

4.1.1 Medidas Fixas

4.1.1.1 Equipamento Utilizado para Coleta de Dados

Para realizar a coleta de dados foram utilizadas estações automáticas do modelo WM 918 Eletronic Weather Monitor II, instaladas em locais previamente estabelecidos, contendo as seguintes características:

- Indicação para hora, temperatura, umidade, ponto de orvalho, pressão atmosférica, anemômetro, direção do vento, *wind chill*⁶, pluviometria diária e acumulada.
- Memória para máximas e mínimas temperaturas, umidade relativa, temperatura e ponto de orvalho, máxima velocidade do vento, temperatura do vento, pluviometria acumulada.
- Transferidor de dados para PC.

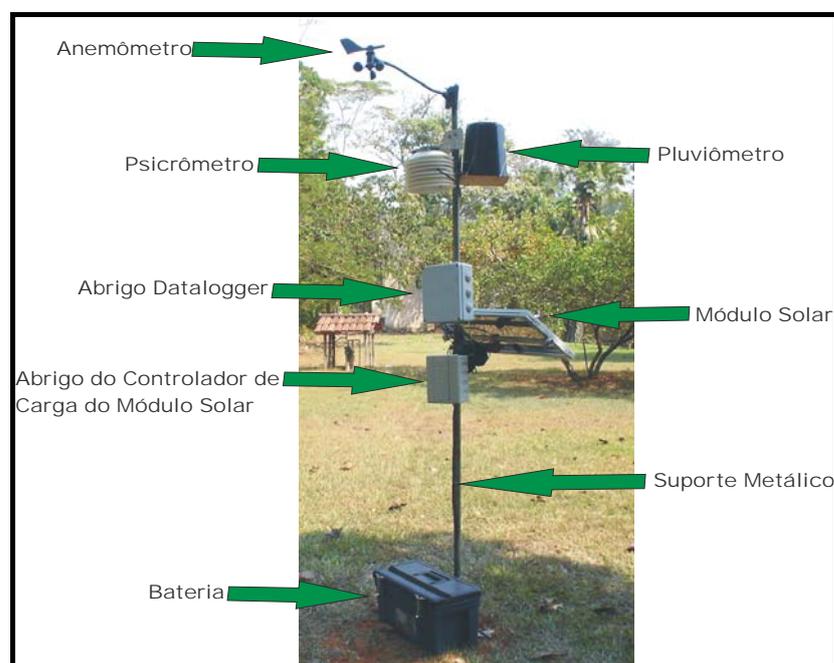


FIGURA 15 – Foto com descrição da estação automática WM 918 Eletronic Weather Monitor II.

Fonte: Suzethe Costa Souza

Para as análises do clima urbano propostas nesse trabalho foram utilizadas as seguintes variáveis climáticas dos meses estudados:

1. Temperatura média – média horária mensal;
2. Umidade relativa – média horária mensal.
3. Umidade absoluta – média horária mensal.

⁶ *Wind chill* é a aparente temperatura sentida na pele exposta (sensação térmica), seu valor é baseado em uma função da temperatura do ar e velocidade do vento.

As médias horárias mensais de umidade absoluta foram obtidas através das médias horárias de umidade relativa, utilizando-se as seguintes fórmulas:

$$\text{(Eq. 1)} \quad \chi_{\text{ar}} \text{ (gm}^{-3}\text{)} = \frac{217 \times ear}{Ts(K)}$$

$$\text{(Eq. 2)} \quad UR\% = \frac{ear}{es(Ts)} * 100$$

$$\text{(Eq. 3)} \quad es(T) = 6,1078 \times 10^{(7,5 \times T(^{\circ}\text{C}) / (237,3 + T(^{\circ}\text{C})))}$$

Onde:

χ_{ar} é a umidade absoluta do ar em gramas por metro cúbico de ar

K é a temperatura em graus Kelvin

ear é a pressão de vapor de água no ar em milibares (mbar)

es(T) é a pressão de saturação de vapor de água no ar

Ts é a temperatura do ar (bulbo seco)

Foram coletados dados durante o período de um ano. Porém, observou-se que o comportamento das médias seguia sempre o mesmo padrão, o que determinou a decisão de analisar três meses da estação seca (junho, julho e agosto de 2007) e três meses da estação chuvosa (novembro e dezembro de 2007 e janeiro de 2008), uma vez que tal recorte, em relação ao período total de observação, facilita as análises sem prejudicar a representatividade dos dados.

4.1.1.2 Local de Instalação dos Equipamentos

Neste estudo foram realizadas coletas de dados em quatro pontos fixos, sendo três deles localizados na cidade de Várzea Grande e um localizado na região rural do município de Cuiabá, a uma distância média de 15,43km das estações urbanas instaladas em Várzea Grande.

A determinação de cada um dos locais de instalação foi dada através da diferença de uso do solo. Segundo Oke (2004), como se trata de um número pequeno de estações dentro da área urbana, deve ser decidido qual será o principal alvo, para que se possa monitorar um local com características típicas bem definidas que representem bem o alvo escolhido. Dessa forma, a seleção dos locais para a instalação dos instrumentos teve como base levantamentos realizados mediante imagens de satélite e visitas de campo. Porém, a escolha sempre deve levar em consideração a segurança dos aparelhos, garantindo, assim, a integridade do patrimônio. Além disso, deve ser assegurado também que as calibrações configuradas pelo pesquisador não sejam alteradas por terceiros. Ainda segundo o autor, nas medidas realizadas dentro de áreas urbanas a cada metro que a estação se afasta do solo, seu raio de abrangência aumenta em cem metros, ou seja, se a estação estiver instalada a 5 metros de altura, como é o caso proposto para este trabalho, terá um raio de abrangência de 500 metros. Assim, é necessário que não somente o local de instalação da estação seja representativo, mas também sua região de entorno, que será monitorada pelo equipamento.

Como as estações foram instaladas a uma altura relativamente elevada, onde as variações climáticas decorrente da urbanização são mais brandas, a coleta por meio do transecto móvel permitiu complementar a observação do clima da cidade de Várzea Grande com dados obtidos próximos ao solo. Considerando os aspectos abordados acima, foram eleitas quatro localidades, sendo uma na região rural e outras três na cidade de Várzea Grande, com uso do solo distinto, para a instalação das estações. São elas: Estação Centro; Estação Vista Alegre; Estação Santa Izabel; e Estação Rural. A Figura 20 ilustra a distribuição espacial das estações citadas acima.

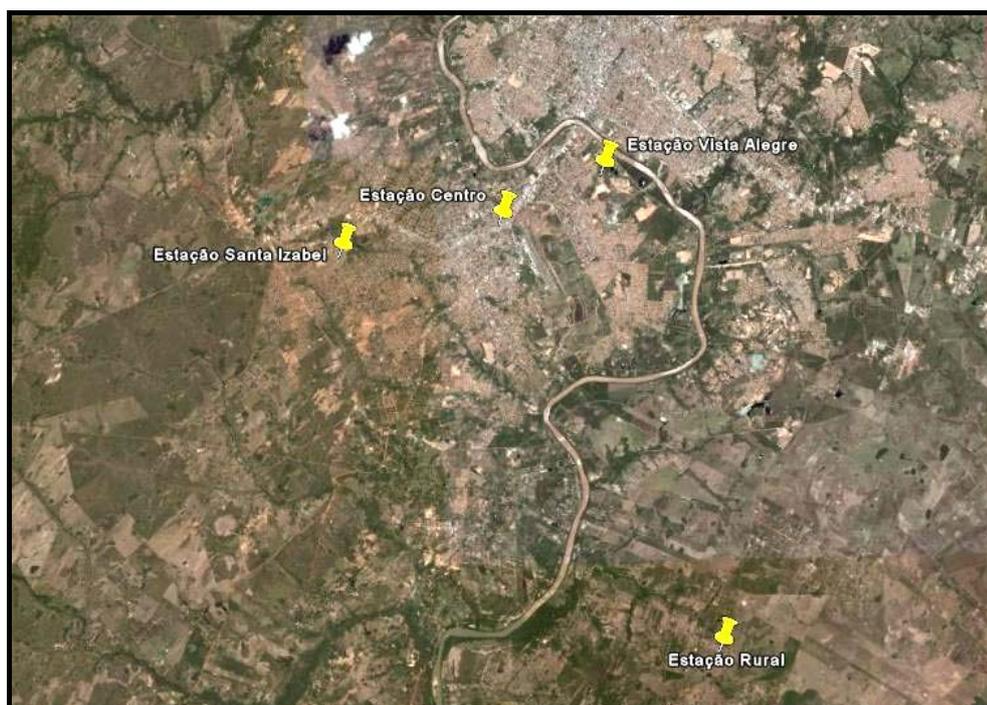


FIGURA 16 – Imagem de satélite das cidades de Várzea Grande e Cuiabá, com a distribuição das estações.

Fonte: Google Earth, acessado em 18/02/2008.

- **Estação Vista Alegre:**

Localizado no bairro Jardim Vista Alegre, esta região representa os grandes vazios urbanos existentes dentro da cidade de Várzea Grande. Esta localidade tem como principal característica a extensa área de vegetação remanescente, a baixa densidade urbana e a proximidade do Rio Cuiabá e da reserva florestal da Sadia. Este equipamento está instalado sob as coordenadas $15^{\circ} 37' 52''$ de latitude sul e $56^{\circ} 05' 55''$ de longitude oeste.

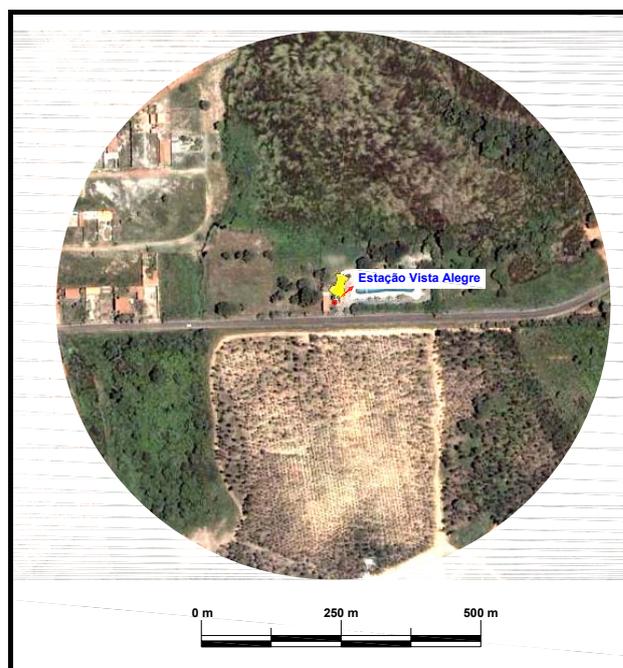


FIGURA 17 – Imagem de satélite do raio de abrangência da estação Vista Alegre. Fonte: Google Earth

- **Estação Santa Izabel:**

Localizada na região suburbana da cidade, mais precisamente no bairro Santa Izabel, essa região tem características tipicamente residenciais. Pode ser qualificada como área de média densidade urbana. O equipamento está instalada sob as coordenadas $15^{\circ} 39' 12''$ sul e $56^{\circ} 10' 25''$ oeste.



FIGURA 18 – Imagem de satélite do raio de abrangência da estação Santa Izabel. **Fonte:** Google Earth

- **Estação Centro:**

Localizada na região central, mais precisamente na Avenida Couto Magalhães, um dos principais corredores comerciais da cidade, essa estação busca monitorar a área de maior densidade urbana de Várzea Grande. Nessa região têm-se, como características, a grande extensão de área construída e pavimentada e o grande fluxo de veículos. Este equipamento está instalado sob as coordenadas $15^{\circ} 38' 42''$ de latitude sul e $56^{\circ} 07' 41''$ de longitude oeste.

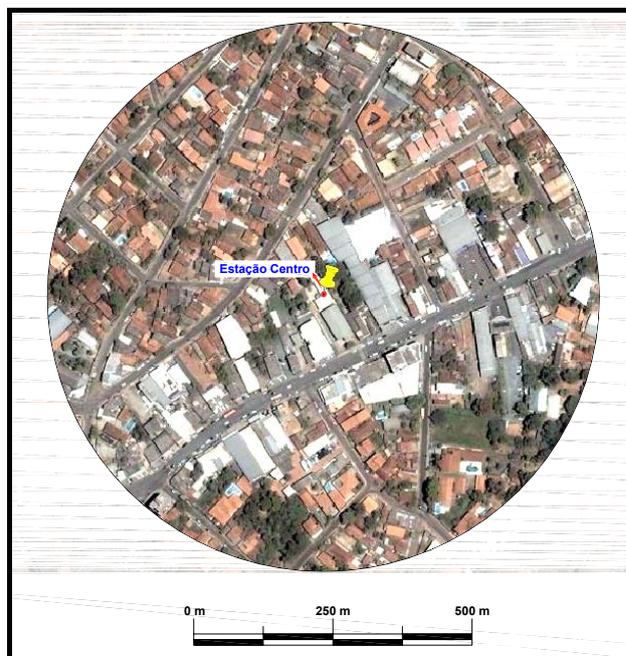


FIGURA 19 – Imagem de satélite do raio de abrangência da estação Centro. **Fonte:** Google Earth

- **Estação Rural:**

Localizada na região rural do município de Cuiabá, esta estação busca realizar medições de controle, ou seja, medições que mostrem o comportamento do clima sem a influência da urbanização. Neste local, o equipamento está instalado sob as seguintes coordenadas: 15° 45' 45" latitude sul e 56° 03' 57" longitude oeste.

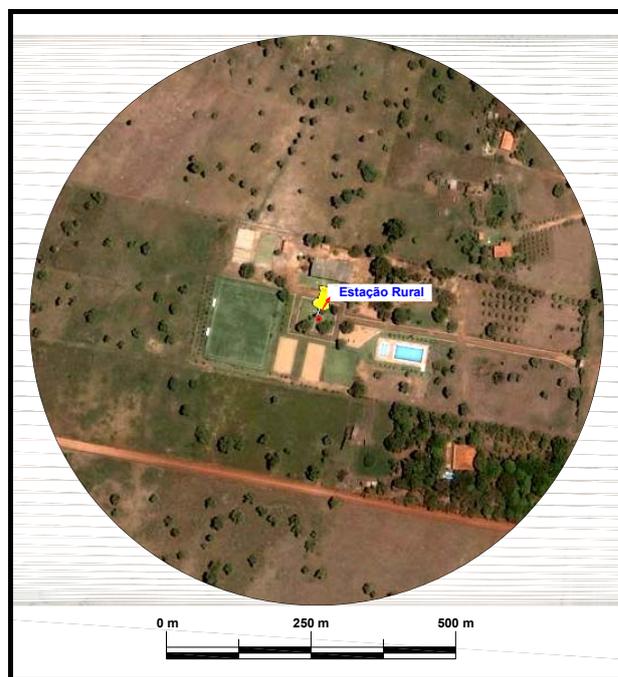


FIGURA 20 – Imagem de satélite da estação Rural.
Fonte: Google Earth

Cada local de coleta fixa teve as seguintes classes de cobertura do solo quantificadas: Vegetação Remanescente, Arborização Urbana, Solo Parcialmente Descoberto, Solo Totalmente Descoberto, Pavimentação Asfáltica, Outros Tipos de Pavimentação, Área Construída e Superfície Líquida. Para quantificação de cada classe, utilizaram-se imagens do Google Earth vetorizadas com o auxílio do software AutoCad, seguindo a metodologia proposta por BARBUGLI (2004). Dessa forma, foi construída uma tabela comparativa entre as porcentagens de classe de cobertura do solo nos pontos de coleta fixa de dados.

4.1.2 Transecto Móvel

Para Maitelli (1994), o método do transecto móvel é de grande utilidade, por permitir avaliar o comportamento médio da temperatura e umidade do ar de cada intervalo de percurso e cobrir grande parte da área urbana, garantindo a eficiência

das medidas. O primeiro autor a utilizar essa metodologia no Brasil foi Yamashita (1988), quando observou a ilha de calor nas cidades de Patos e Campina Grande. Além deste autor, vários outros lançaram mão dessa técnica para observar a temperatura no meio urbano, entre eles estão Maitelli e Miranda (1991), Maitelli (1994), Zamparoni (1995), Zamparoni e Lombardo (1996), Rosa (1999), Almeida e Brito (2003), Blankenstein e Kuttler (2003), Szegdi e Kircsi (2003), Souza e Maitelli (2005), etc.

Entretanto, são necessários certos cuidados, como: a duração do percurso, a velocidade do veículo, a proteção dos sensores contra radiação solar e a posição dos instrumentos no topo do carro, evitando a influência do motor e da estrutura nas medidas.

Ainda segundo a autora, é importante ter discernimento para a seleção de locais com usos de solo característicos para a elaboração do roteiro para a coleta das medidas móveis, garantindo um itinerário efetivamente representativo dos diversos usos existentes na cidade.

De acordo com Maitelli e Miranda (1991), algumas precauções são importantes para assegurar a confiabilidade das medidas: os sensores devem estar instalados a uma altura adequada (que varia de acordo com tipo do veículo), acima do teto do veículo para não receber influência direta do motor e da liberação de calor pelos canos de escapamento; a velocidade na qual o automóvel irá trafegar deve permitir aos sensores registrarem a temperatura do ar ambiente (devido à inércia dos instrumentos). As observações não devem ocorrer em um espaço de tempo muito longo para não caracterizar as variações normais da temperatura, que podem estar desacopladas da superfície, devido às condições sinóticas do tempo meteorológico.

4.2.2.1 Equipamento Utilizado para Coleta de Dados

Para realizar a coleta dos dados de temperatura durante o transecto móvel foi utilizado um termo-higrômetro digital portátil, modelo HTR-151, da marca

Instrutherm. Escalas: Temperatura: 0 a 60°C / 32 a 140°F Precisão: $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ / 1.5°F -
Resolução: 0.1°C . / 0.1°F .

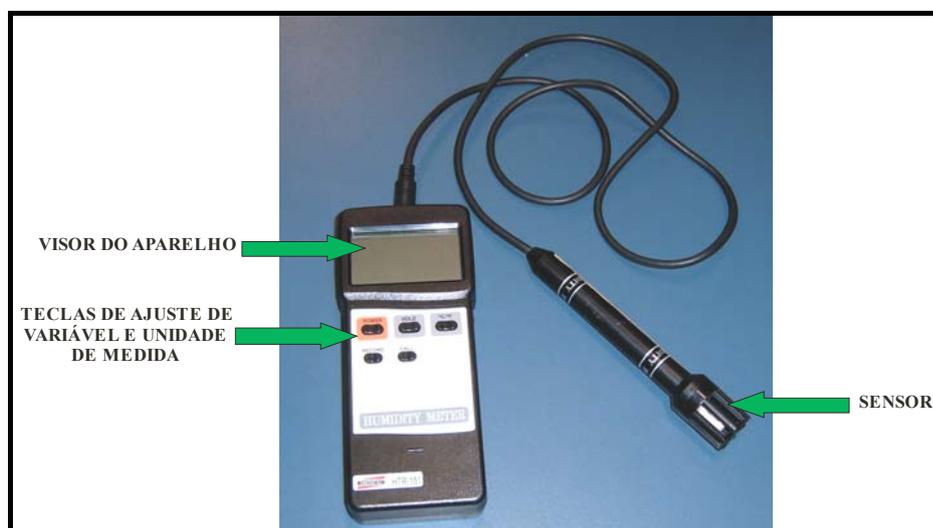


FIGURA 21 – Termo-higrômetro digital portátil, modelo HTR-151.

Como é muito sensível à radiação, aos ventos e a outras variáveis decorrentes do movimento do automóvel, o sensor de medida de temperatura do aparelho foi colocado em um pequeno abrigo termométrico adaptado a realidade climática da região de estudo. O abrigo é o mesmo proposto e utilizado por Maitelli (1997), tendo sido, portanto, previamente testado para a realidade climática da região.

O abrigo utilizado foi confeccionado com um tubo de PVC na cor branca para refletir a radiação. As paredes do tubo receberam uma série de perfurações, permitindo, assim, a circulação do ar, a extremidade superior do tubo foi quase totalmente vedada, havendo, somente, uma entrada para colocação e fixação do sensor no centro do tubo. Sobre esse tubo, existe um chapéu cônico de material metálico para proteger o sensor de radiação direta e também de precipitações. Como sugere Lombardo (1997), este pequeno abrigo meteorológico está fixado em uma haste, instalada na capota do veículo, longe da influência do calor produzido pelo motor, conforme ilustra a Figura 22:

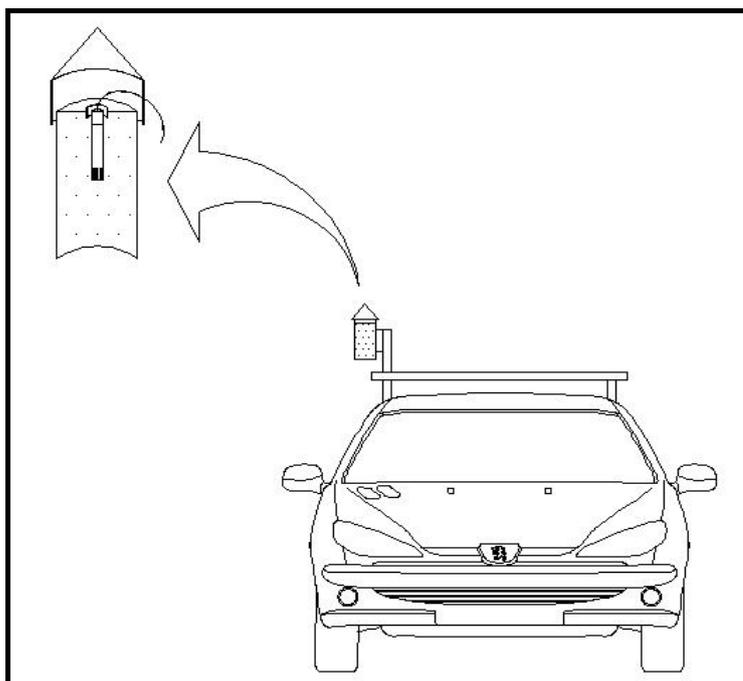


FIGURA 22 – Esquema de instalação do equipamento sobre o veículo

Foram realizados 06 transectos, tendo por base experiências anteriores de coleta de dados pelo emprego desta técnica em outras pesquisas realizadas em Mato Grosso (Maitelli, 1994; Zamparoni, 1995; Rosa, 1999; Almeida e Brito, 2003; Pinho, 2003; Souza, 2005), considerando a realidade climática da região. Como a estação seca favorece a aplicação desta técnica, optou-se por realizar as medições somente nesse período.

Foi estabelecido um roteiro que cruzava a cidade de Várzea Grande, passando por regiões com diferentes conformações urbanas, inclusive pelos três pontos fixos de coleta. Foram eleitos 41 pontos do percurso para o registro das medidas térmicas do ar. Os valores de cada ponto foram assumidos como um valor médio da temperatura do trecho percorrido.

Mantendo sempre o mesmo trajeto e a velocidade média de 40 km/hora, o transecto, para a realização das medidas móveis, iniciava sempre na mesma região, uma região de baixa densidade construída, próxima à margem do rio Cuiabá, passando, posteriormente, por uma região de média densidade construída, representada por bairros residenciais com pequenos corredores comerciais, até chegar à região pertencente ao aeroporto, contornada pelo transecto. Então, chegava

à Avenida da FEB e, em seguida, à Avenida Couto Magalhães, dois grandes corredores comerciais em área de alta densidade construída. Na seqüência, atravessava a Avenida Júlio Campos, que, apesar de ser um grande corredor comercial, é classificado como região de média densidade de construção. Por fim, o transecto seguia até a região do bairro Santa Izabel, passando por uma área verde antes de entrar no bairro propriamente dito.

Conforme Oke (2004), o melhor horário para realizar as medições itinerantes, em áreas urbanas, é algumas horas após o pôr do sol ou antes do amanhecer, com fluxos de ventos calmos e céu aberto, maximizando, assim, o potencial de diferenciação do microclima e do clima local. Assim, os transectos foram realizados sempre no início da noite, por volta das 19:30⁷ horas durante os meses de julho a setembro e das 20:30 a partir de novembro, quando houve a implantação do horário de verão.

4.2 Análise dos Dados

Tendo em vista que o objetivo deste estudo é, por meio da observação da variação dos componentes climáticos, traçar uma comparação entre os dados de cada estação e o local onde se encontram, optou-se por trabalhar os dados a partir de uma abordagem descritiva. Tal abordagem permitirá organizar, resumir e descrever os aspectos importantes de um conjunto de características observadas e comparar tais características entre dois ou mais conjuntos.

Os dados obtidos a partir das estações fixas e dos transectos móveis foram tratados e organizados com o auxílio do software Excel. Os dados das estações fixas foram organizados em tabelas mensais com médias horárias. Para cada classe de dados (temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média e umidade relativa) foi organizada uma tabela distinta. Já os dados obtidos através das medidas

⁷ Optou-se por realizar o transecto móvel logo no início da noite por motivo de segurança do pesquisador e integridade dos equipamentos.

móveis foram organizados de acordo com o ponto de observação durante o roteiro, sendo que cada transecto possui gráfico próprio. Com as planilhas e tabelas já organizadas foram construídos gráficos, que ilustram o comportamento das médias trabalhadas.

Utilizou-se, ainda, o software SPSS para realizar o cálculo das médias e desvios-padrão da temperatura, umidade relativa e umidade absoluta obtidos durante os meses de pesquisa e para elaborar os gráficos de frequência dos valores das diferenças desses variáveis em relação aos locais de coleta. Por fim, optou-se por analisar separadamente a estação seca da estação chuvosa.

5. Apresentação e Análise dos Resultados

Considerando que qualquer análise introdutória para o estudo de um clima urbano requer uma acurada observação da tipologia do sítio (MONTEIRO, 1990, p.83), o primeiro momento desse capítulo se propõe a realizar uma análise mais aprofundada dos pontos de medida fixa.

5.1 Análise dos Locais de Coleta de Dados

As Figuras 23, 24 e 25 mostram, num raio de 500 metros, as características da região urbana onde está instalada cada estação na cidade de Várzea Grande.

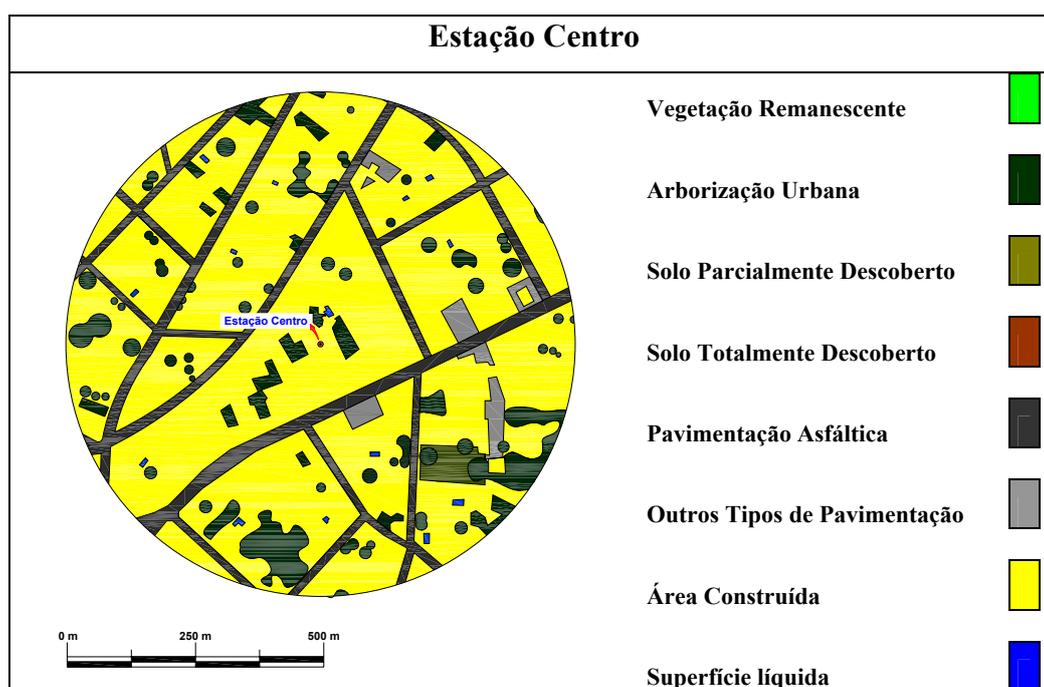


FIGURA 23 – Cobertura do Solo na região da Estação Centro

Como pode ser observada na Figura 23, a região onde está instalada a Estação Centro possui 72,32% de área construída, sendo, dessa forma, classificado (de acordo com a classificação proposta na seção III) como área de alta densidade construída. Com relação à vegetação, esta localidade conta apenas com 9,36% de arborização urbana e não possui nenhum ponto de vegetação remanescente.

Como superfície líquida, destaca-se somente a presença de piscinas existente nos quintais das casas, fazendo com que esse índice seja de apenas 0,50%. A porcentagem total de pavimentação é de 16,74 considerando tanto áreas asfaltadas quanto áreas cobertas com outros tipos de material.

Por fim, destaca-se que não existe nenhuma área de solo completamente descoberto e menos de 1% de solo parcialmente descoberto, o que mostra que essa região possui superfície quase completamente impermeabilizada.

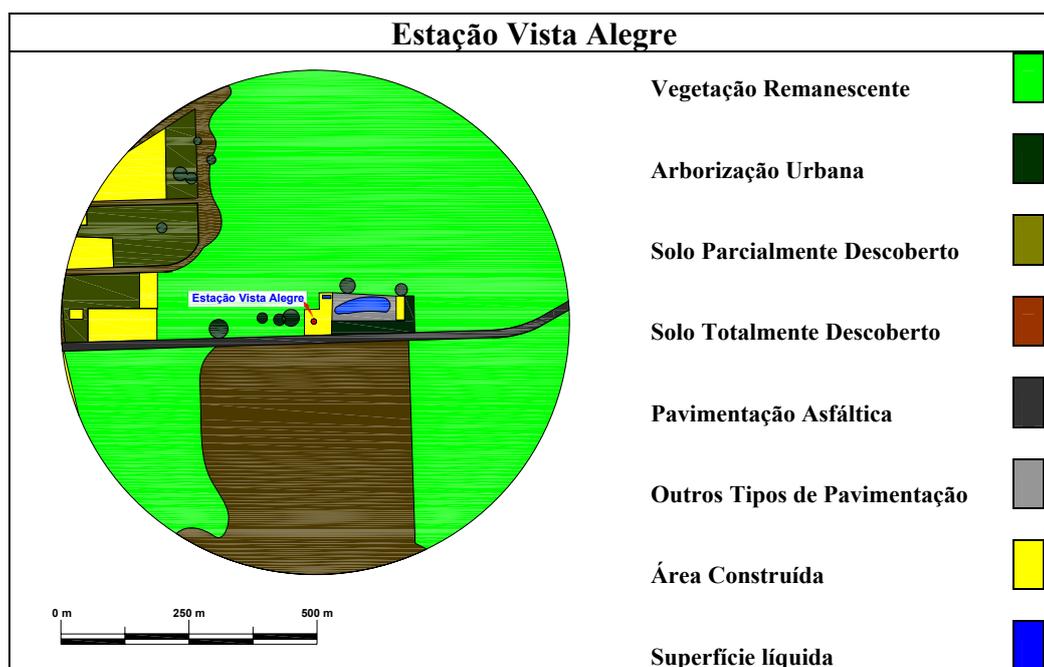


FIGURA 24 – Cobertura do Solo na região da Estação Vista Alegre

Diferentemente da região da Estação Centro (Figura 23), a região da Estação Vista Alegre (Figura 24) possui a menor área construída, 4,36%, e a maior área de vegetação remanescente dos três locais observados, 60,52%. Esta área possui também a menor porcentagem de pavimentação, 2,52%. De acordo com a classificação proposta na seção III, esta região é considerada de baixa densidade de construção.

Apesar da porcentagem de superfície líquida apresentar um valor tão baixo quanto na região da Estação Centro, este local está situado muito próximo do rio Cuiabá. Assim, a influência deste não deve ser desprezada no momento da análise das medidas de temperatura e umidade na região. Quanto à permeabilidade do solo, esta região destaca-se das demais por possuir a maior superfície permeável.

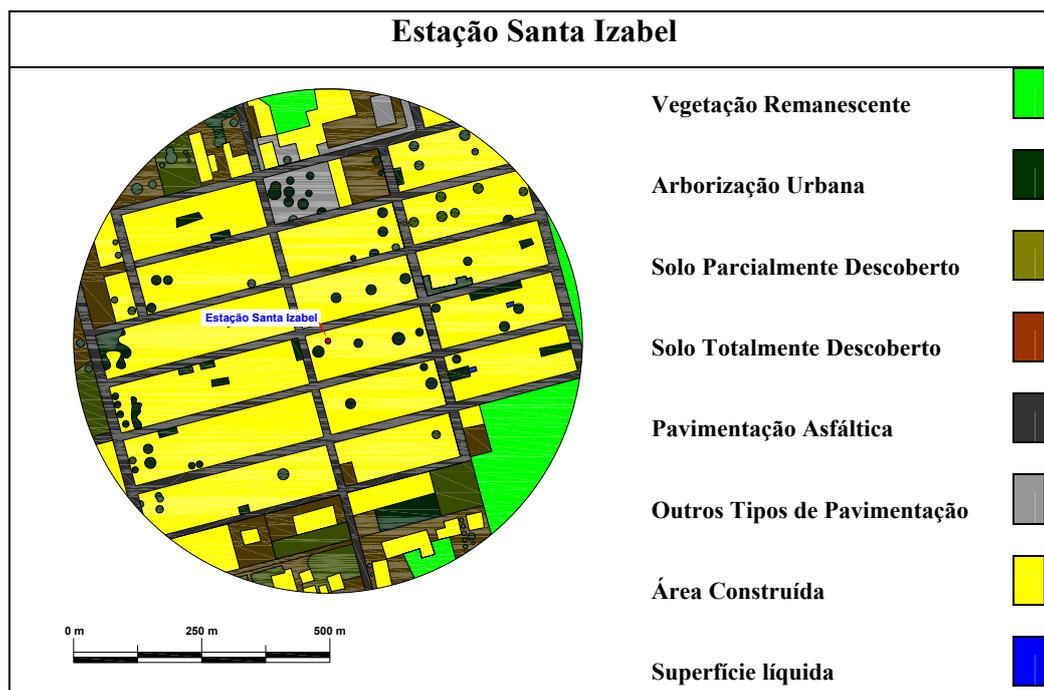


FIGURA 25 – Cobertura do Solo na região da Estação Santa Izabel

Esta região apresenta uma porcentagem de 56,92% de área construída e, apesar de ser classificada como uma região de média densidade de construção, o maior índice de pavimentação, tanto asfáltica quanto de outros materiais, 15,95% e 2,28% respectivamente. Este alto índice de pavimentação pode ser explicado pelo modelo de malha urbana adotada, ortogonal, que gera uma grande quantidade de vias de circulação.

Este local apresenta ainda um total de 6,39% de vegetação remanescente e 5,17% de arborização urbana. A porcentagem de superfície líquida existente é quase nula, 0,05%, sendo também representada por algumas pequenas piscinas. Finalmente, com relação à permeabilidade do solo, essa região não é tão impermeabilizada quanto a região da Estação Centro, nem não tão permeável da Estação Vista Alegre.

A Tabela 03 mostra as porcentagens de cobertura do solo de cada região observada.

TABELA 03 – Quantificação dos parâmetros de cobertura do solo através da leitura das cores.

Parâmetros de Ocupação do Solo	Cores	Estação Centro	Estação Vista Alegre	Estação Santa Izabel
Vegetação Remanescente		0%	60,52%	6,39%
Arborização Urbana		9,63%	1,31%	5,17%
Solo Parcialmente Descoberto		0,81%	5,63%	4,21%
Solo Totalmente Descoberto		0%	25,11%	9,03%
Pavimentação Asfáltica		14,66%	2,02%	15,95%
Outros Tipos de Pavimentação		2,08%	0,50%	2,28%
Área Construída		72,32%	4,36%	56,92%
Superfície líquida		0,50%	0,55%	0,05%

Comparando os dados da Tabela 03 percebe-se que a região da estação Vista Alegre é a que possui a maior parcela de solo coberta pela vegetação original, 60,52%, e também a menor área construída, 4,36%. Em contrapartida, a região da estação centro não possui vegetação remanescente e, se comparada às outras, é a que apresenta a maior porcentagem de área construída, 72,32%. Percebe-se também que a relação entre as porcentagens de solo parcialmente descoberto e totalmente descoberto é inversa ao montante de área construída.

A porcentagem de superfície líquida é homogênea entre as três estações, com valores entre 0,05% até 0,55%, sendo representadas principalmente por piscinas. Já a arborização urbana possui valores que decrescem no sentido Centro - Santa Izabel - Vista Alegre, respectivamente 9,63%, 5,17% e 1,31%. Porém, apesar da estação Vista Alegre ser a que possui a menor porcentagem de arborização urbana é a localidade que possui maior vegetação remanescente, como já foi demonstrado anteriormente.

Com relação à pavimentação, tanto asfáltica quanto de outros tipos, as estações Santa Izabel e Centro possuem valores muito próximos, sendo eles 15,95% de pavimentação asfáltica e 2,28% de outros tipos de pavimentação para a Estação Santa Izabel e 14,66% de pavimentação asfáltica e 2,08% para outros tipos de pavimentação para Estação Centro. A conformação da malha urbana da região da Estação Santa Izabel e a presença de equipamentos urbanos característicos de regiões residenciais, como, por exemplo, praças e quadras de recreação esportiva, justificam os valores discretamente mais altos que o da região da Estação Centro.

Assim, sintetizando os dados da Tabela 03, tem-se o gráfico da Figura 26.

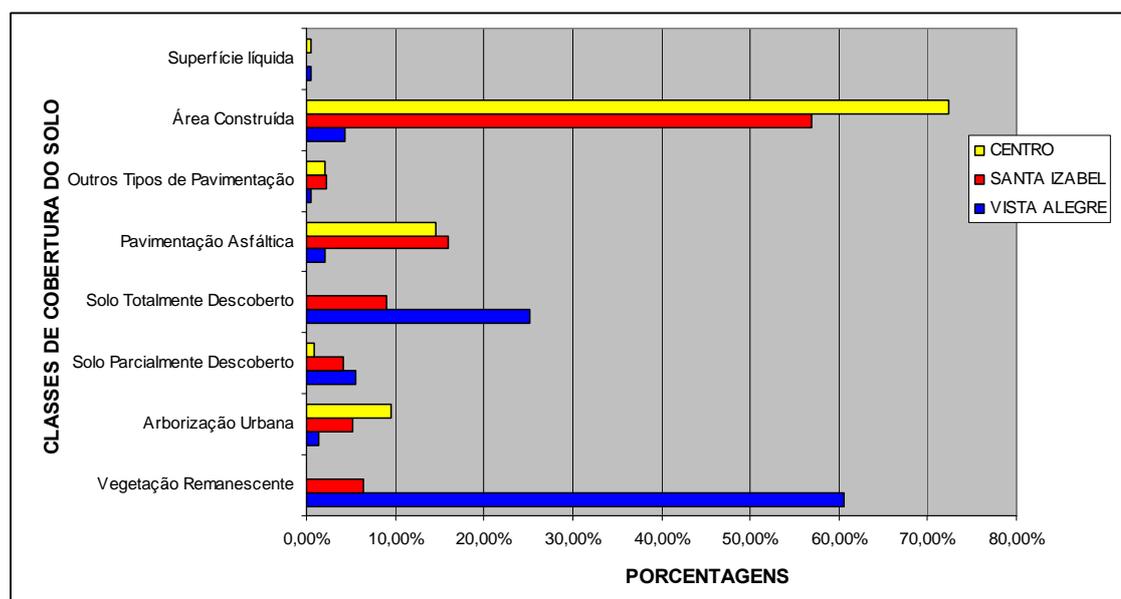


FIGURA 26 – Comparação da cobertura do solo entre as estações Centro, Santa Izabel e Vista Alegre.

Considerando que uma das características mais marcantes do processo de urbanização é a ocupação do solo por construções e como uma das categorias que mais difere entre as estações é a porcentagem de área construída, este parâmetro foi adotado para a realização das correlações entre as medidas de cada estação e urbanização. Outra classe que mostra uma grande disparidade entre os locais é a vegetação remanescente. Como é sabido que a vegetação contribui a manutenção do conforto no clima urbano, esse parâmetro também será utilizado para o estudo da

relação entre o uso do solo da cidade de Várzea Grande e sua interação com os processos climatológicos de cada local.

5.2 Resultado das Medidas Realizadas nos pontos Fixos

5.2.1 Estação Seca – Junho, Julho e Agosto de 2007

5.2.1.1 Médias Horárias da Temperatura

À guisa de visualização da regularidade dos resultados, optou-se por apresentá-los comparativamente, observando-se os meses e as áreas de coleta. Dessa forma, os valores das médias horárias de temperatura de cada estação foram organizados em tabelas mensais.

TABELA 04 – Estatística descritiva das médias de temperatura do mês de junho/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Rural	19,70	30,40	24,64	3,83
Estação Vista Alegre	19,15	31,32	24,52	4,45
Estação Centro	19,64	31,99	25,22	4,40
Estação Santa Izabel	19,99	30,81	25,09	3,86

TABELA 05 – Estatística descritiva das médias de temperatura do mês de julho/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Rural	18,50 °C	29,10 °C	23,61 °C	3,69 °C
Estação Vista Alegre	18,00 °C	30,00 °C	23,62 °C	4,20 °C
Estação Centro	18,50 °C	30,30 °C	24,13 °C	4,12 °C
Estação Santa Izabel	18,66 °C	29,45 °C	23,92 °C	3,73 °C

TABELA 06 – Estatística descritiva das médias de temperatura do mês de agosto/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Rural	18,70 °C	31,00 °C	24,71 °C	4,23 °C
Estação Vista Alegre	18,17 °C	32,10 °C	24,50 °C	4,96 °C
Estação Centro	18,90 °C	32,50 °C	25,32 °C	4,76 °C
Estação Santa Izabel	19,22 °C	31,54 °C	25,15 °C	4,26 °C

As Tabelas 04 e 05 e 06 mostram que, durante os meses da estação seca, as médias de temperatura mais altas, bem como as temperaturas máximas são encontradas sempre na Estação Centro. Já os menores valores são observados na Estação Vista Alegre, com exceção do mês de julho, onde os valores da média mensal de temperatura das estações Vista Alegre e Rural podem ser considerados iguais.

A Figura 27, a seguir, mostra os gráficos das temperaturas médias horárias de cada estação para os meses de junho, julho e agosto. Cada linha colorida do gráfico mostra o comportamento da média de temperatura de uma determinada estação no decorrer do dia. Já os pontos marcam no gráfico o valor da média de temperatura de cada hora.

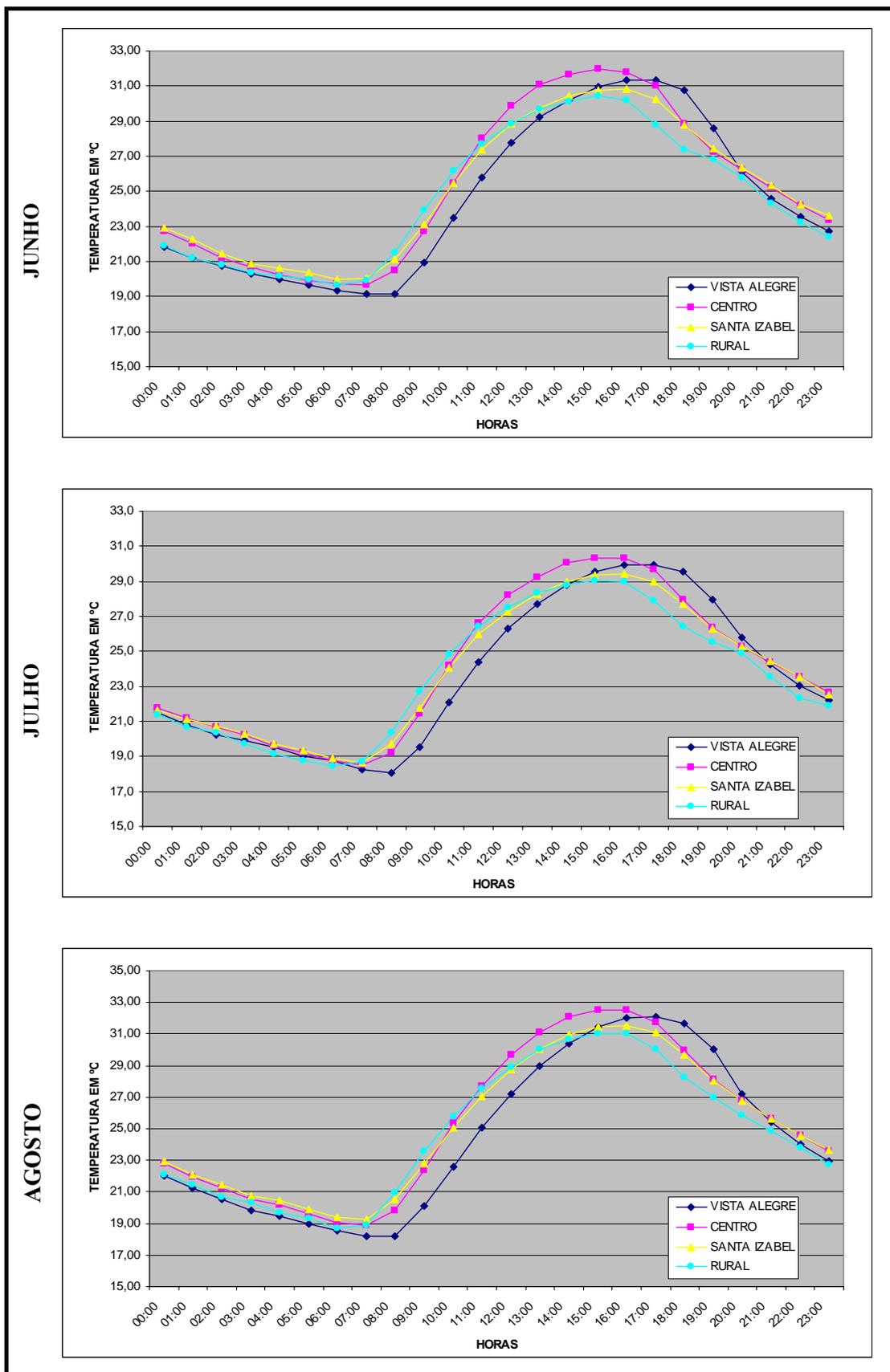


FIGURA 27 – Comparação das médias horárias das temperaturas da estação seca (junho-julho-agosto/2007).

Observando o comportamento da curva correspondente à Estação Centro, nos gráficos exibidos da Figura 27, é possível notar que os maiores valores registrados nos três meses correspondem a pontos dessa linha, sendo eles 31,99 °C às 15:00 horas do mês de junho; 30,30 °C às 15:00 e 16:00 horas do mês de julho; e 32,50 °C também às 15:00 e 16:00 horas do mês de agosto.

Já os menores valores mostrados nos gráficos, ocorrem sempre na linha correspondente a Estação Vista Alegre. Para o mês de junho tem-se o valor de 19,15°C às 7:00 horas, para o mês de julho, 18,00 °C às 8:00 horas e, por fim, para o mês de agosto, 18,17 °C também às 8:00 horas.

No decorrer do dia, as médias registradas nas estações possuem uma amplitude de 10,60 °C até 13,93 °C, sendo que as menores variações, durante os três meses observados, ocorrem sempre na Estação Rural, e as maiores variações ocorrem na Estação Centro em junho e na estação Vista Alegre em julho e agosto. Ou seja, a curva que apresenta menor variação de temperatura ao longo do dia pertence à Estação Rural, e a curva que possui a maior variação de temperatura ao longo do dia pertence à estação Vista Alegre.

Para tecer uma análise comparativa entre o comportamento da média horária de temperatura de cada estação, foi trabalhada a diferença entre as médias horárias da Estação Centro (local em que geralmente foram registrados os maiores valores de média horária de temperatura) em relação às outras estações.

Logo, a Figura 28, a seguir, traz os gráficos das seguintes diferenças:

1. $\Delta T_{\text{CENTRO}} - \text{VISTA ALEGRE}$
2. $\Delta T_{\text{CENTRO}} - \text{SANTA IZABEL}$
3. $\Delta T_{\text{CENTRO}} - \text{RURAL}$

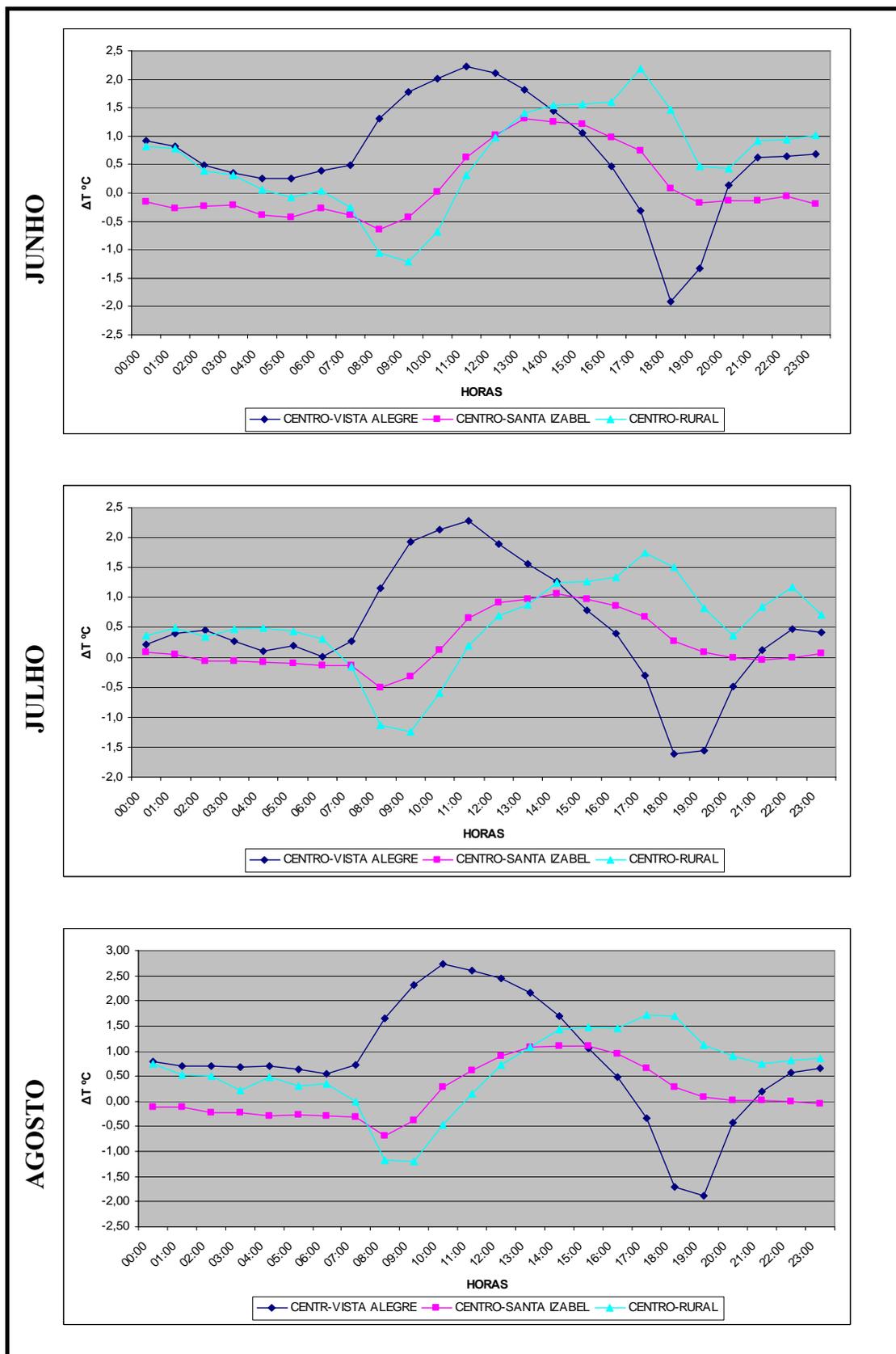


FIGURA 28 – Comparação entre $\Delta T_{\text{CENTRO-VISTA ALEGRE}}$, $\Delta T_{\text{CENTRO-SANTA IZABEL}}$ e $\Delta T_{\text{CENTRO-RURAL}}$ da estação seca (junho-julho-agosto/2007).

Observando-se as curvas contidas nos gráficos da Figura 28, é possível notar que o comportamento das diferenças das médias horárias entre as estações segue sempre um mesmo padrão durante os três meses da estação seca.

As curvas de diferenças térmicas entre as estações Centro e Vista Alegre apresentam seus valores máximos geralmente entre o final da manhã e início da tarde, ou seja, entre as 10:00 e 13:00 horas. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de 2,7 °C, às 10:00 horas do mês de agosto, mostrando que a temperatura do ar na região da Estação Centro estava 2,7° C mais quente que o ar da região da Estação Vista Alegre. Esse valor corresponde ainda à maior diferença encontrada entre todas as estações.

Já as menores diferenças entre essas duas estações acontecem durante toda a madrugada e no início da manhã, entre 00:00 e 07:00 horas, e ao final da tarde, entre 17:00 e 18:00 horas. Às 06:00 horas do mês de julho está localizada a menor diferença, sendo o valor quase nulo. Os valores negativos mostrados no gráfico revelam os momentos em que a temperatura do ar na região da Estação Vista Alegre esteve mais alta do que a temperatura do ar na região da Estação Centro. Os maiores valores negativos foram encontrados às 18:00 horas do mês de junho e às 19:00 horas do mês de agosto.

A média geral das diferenças apresentadas entre a Estação Centro e a Estação Vista Alegre durante os três meses de observação na estação seca é de 0,68 e o desvio padrão é de 1,05. A Figura 29, a seguir, ilustra o comportamento da distribuição de frequência de $\Delta T_{\text{CENTRO} - \text{VISTA ALEGRE}}$.

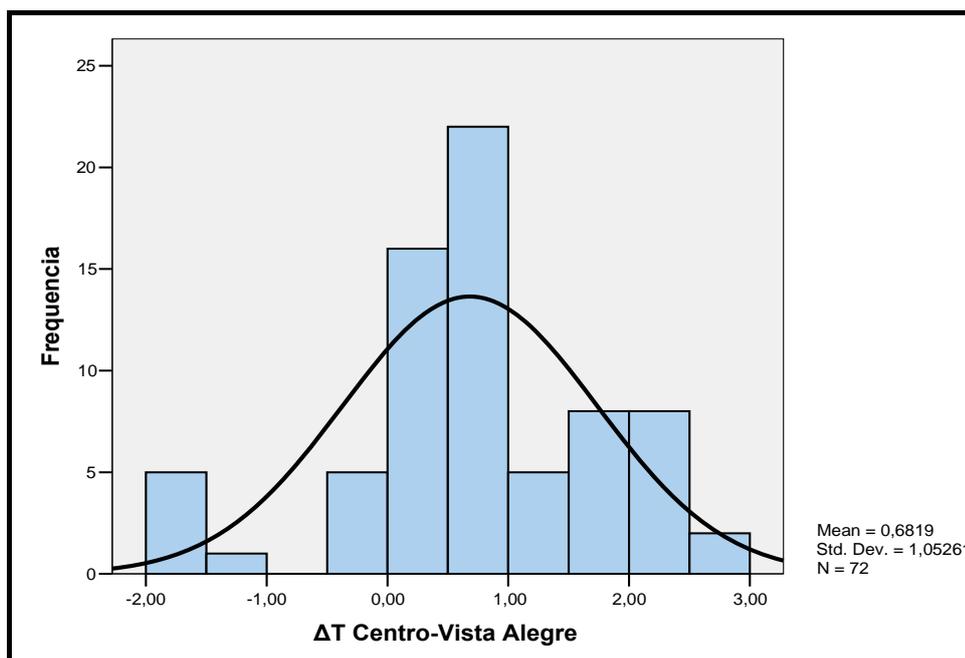


FIGURA 29 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de temperatura da Estação Centro – Estação Vista Alegre (junho-julho-agosto/2007).

O histograma mostra que a maioria dos valores de $\Delta T_{\text{CENTRO} - \text{VISTA ALEGRE}}$ está acima da média, sendo, assim, positivos. Isso evidencia que existe uma tendência da região da Estação Centro apresentar, quase sempre, valores mais altos do que a região da Estação Vista Alegre.

Retomando novamente o conjunto de gráficos exibidos anteriormente na Figura 28, porém analisando agora as curvas de diferenças térmicas entre as estações Centro e Santa Izabel, observa-se que os valores máximos aparecem sempre durante à tarde, geralmente entre 13:00 e 17:00 horas. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de 1,3 °C, às 13:00 horas do mês de junho, mostrando que a temperatura do ar na região da Estação Centro estava 1,3 °C mais quente que o ar da região da Estação Santa Izabel.

Os momentos onde se detectou a menor diferença acontecem durante a noite e a madrugada, das 20:00 até às 06:00 horas. Os valores mais próximos de zero foram encontrados no mês de julho e agosto, ambos às 22:00 horas.

Os valores negativos explicitam os momentos em que a média horária da temperatura do ar da Estação Santa Izabel esteve mais alta que a média horária da temperatura do ar da Estação Centro. Às 08:00 horas do mês de agosto foi registrada

a maior diferença negativa, $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, mostrando que nesse momento a região da Estação Santa Izabel estava $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ mais quente que a região da Estação Centro.

A distribuição de frequência dos valores de $\Delta T_{\text{CENTRO} - \text{SANTA IZABEL}}$, durante os três meses de observação na estação seca, está ilustrada no histograma da Figura 30.

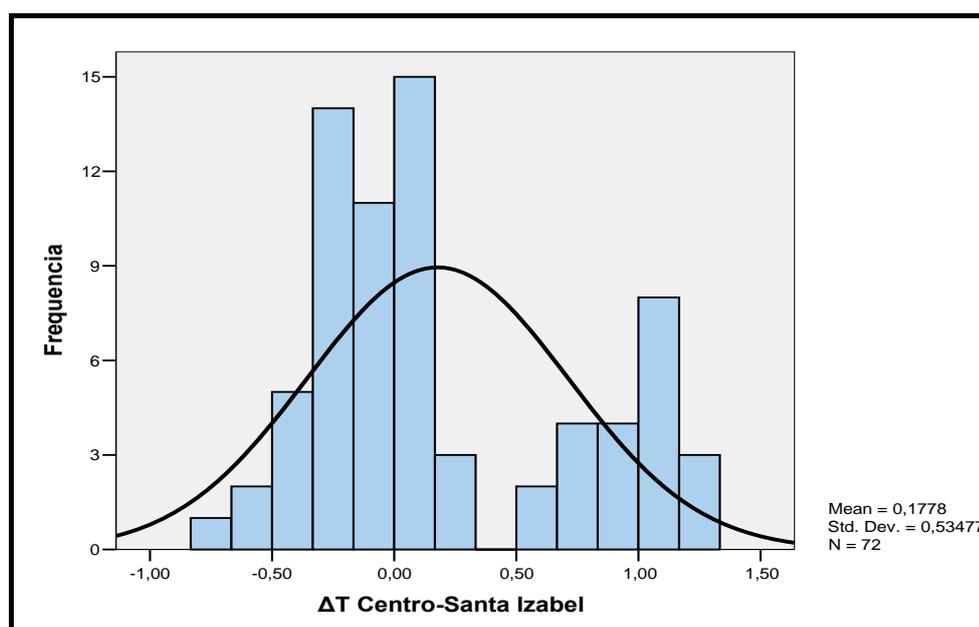


FIGURA 30 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de temperatura da Estação Centro – Estação Santa Izabel (junho-julho-agosto/2007).

Sabendo que a média geral das diferenças encontradas entre as estações Centro e Santa Izabel, foi de $0,17$ e o desvio padrão foi de $0,53$, percebe-se que grande parte dos valores de $\Delta T_{\text{CENTRO} - \text{SANTA IZABEL}}$ estão próximos e abaixo da média. Esse resultado revela que, apesar da região da estação Santa Izabel estar localizada numa área suburbana de média densidade urbana, suas médias horárias de temperatura estiveram muitas vezes mais elevadas que a da estação instalada na região do Centro, que possui uma densidade populacional mais elevada.

Por fim, novamente na Figura 28, a última curva analisada é a de diferenças térmicas entre as estações Centro e Rural. Nessa curva é possível observar que os valores máximos aparecem no final da tarde e início da noite, ou seja, entre às 17:00 e 19:00 horas. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de $2,19\text{ }^{\circ}\text{C}$,

às 17:00 horas do mês de junho, mostrando que a temperatura do ar na região da Estação Centro estava 2,19 °C mais quente do que o ar da região da Estação Rural.

O período correspondente ao final da madrugada e começo da manhã, entre 04:00 e 07:00 horas, mostra a menor diferença entre as médias horárias das duas estações, e no período seguinte que se estende das 07:00 às 11:00 horas estão localizados os valores negativos representando os momentos em que a região da Estação Rural esteve mais quente que a região da Estação Centro, sendo que o maior valor dessa diferença foi de 1,22 °C e aconteceu às 09:00 do mês de julho e também às 09:00 do mês de agosto.

A média geral das diferenças apresentadas entre a Estação Centro e a Estação Rural durante os três meses de observação na estação seca é de 0,56 e o desvio padrão é de 0,78. Analisando a Figura 31, referente à distribuição de frequência resultados de $\Delta T_{\text{CENTRO} - \text{RURAL}}$, percebe-se que a maioria dos valores apresentados estão localizados próximos à média e possuem valores positivos.

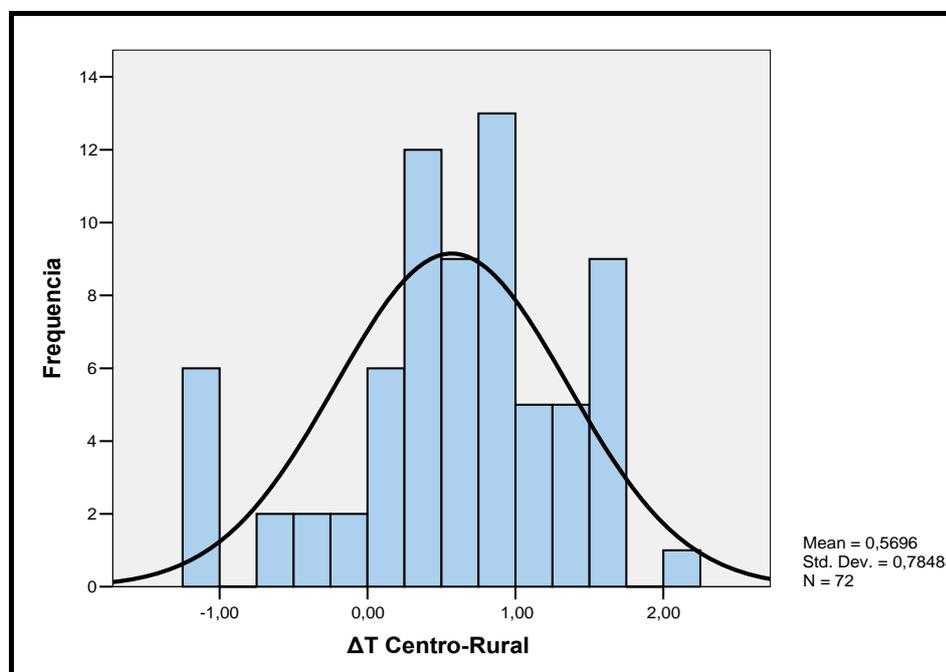


FIGURA 31 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de temperatura da Estação Centro – Estação Rural (junho-julho-agosto/2007).

Esse histograma revela que as médias horárias de temperatura do ar na Estação Centro na maioria das vezes é maior que na Estação Rural, e que, nos momentos em que a Estação Rural esteve mais quente, a diferença de temperatura foi menor do que nos momentos em que a Estação Centro esteve mais quente.

5.2.1.2 Médias horárias da umidade relativa

As tabelas 07, 08 e 09 mostram os valores das médias mensais de umidade relativa para os meses de junho, julho e agosto de 2007.

TABELA 07 – Estatística descritiva das médias de umidade relativa do mês de junho/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Vista Alegre	43,40%	87,50%	68,35%	16,28%
Estação Centro	38,00%	80,50%	60,90%	15,63%
Estação Santa Izabel	42,00%	80,80%	62,86%	13,99%
Estação Rural	39,60%	80,10%	62,23%	14,86%

TABELA 08 – Estatística descritiva das médias de umidade relativa do mês de julho/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Vista Alegre	43,60%	82,50%	64,77%	14,27%
Estação Centro	39,10%	76,00%	58,17%	13,36%
Estação Santa Izabel	43,20%	77,10%	60,62%	12,15%
Estação Rural	40,90%	77,20%	59,15%	13,10%

TABELA 09 – Estatística descritiva das médias de umidade relativa do mês de agosto/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Vista Alegre	33,90%	74,80%	55,99%	15,14%
Estação Centro	30,00%	66,90%	48,76%	13,23%
Estação Santa Izabel	33,80%	67,50%	51,10%	12,00%
Estação Rural	31,00%	67,50%	49,20%	12,72%

Observando a coluna dos valores máximos, pode-se notar que o pico da umidade ocorre sempre na Estação Vista Alegre, bem como as maiores médias. Por sua vez, os menores valores de umidade relativa são encontrados sempre na Estação Centro.

O comportamento das médias horárias de umidade relativa durante cada mês de observação da estação seca é mostrado na Figura 32.

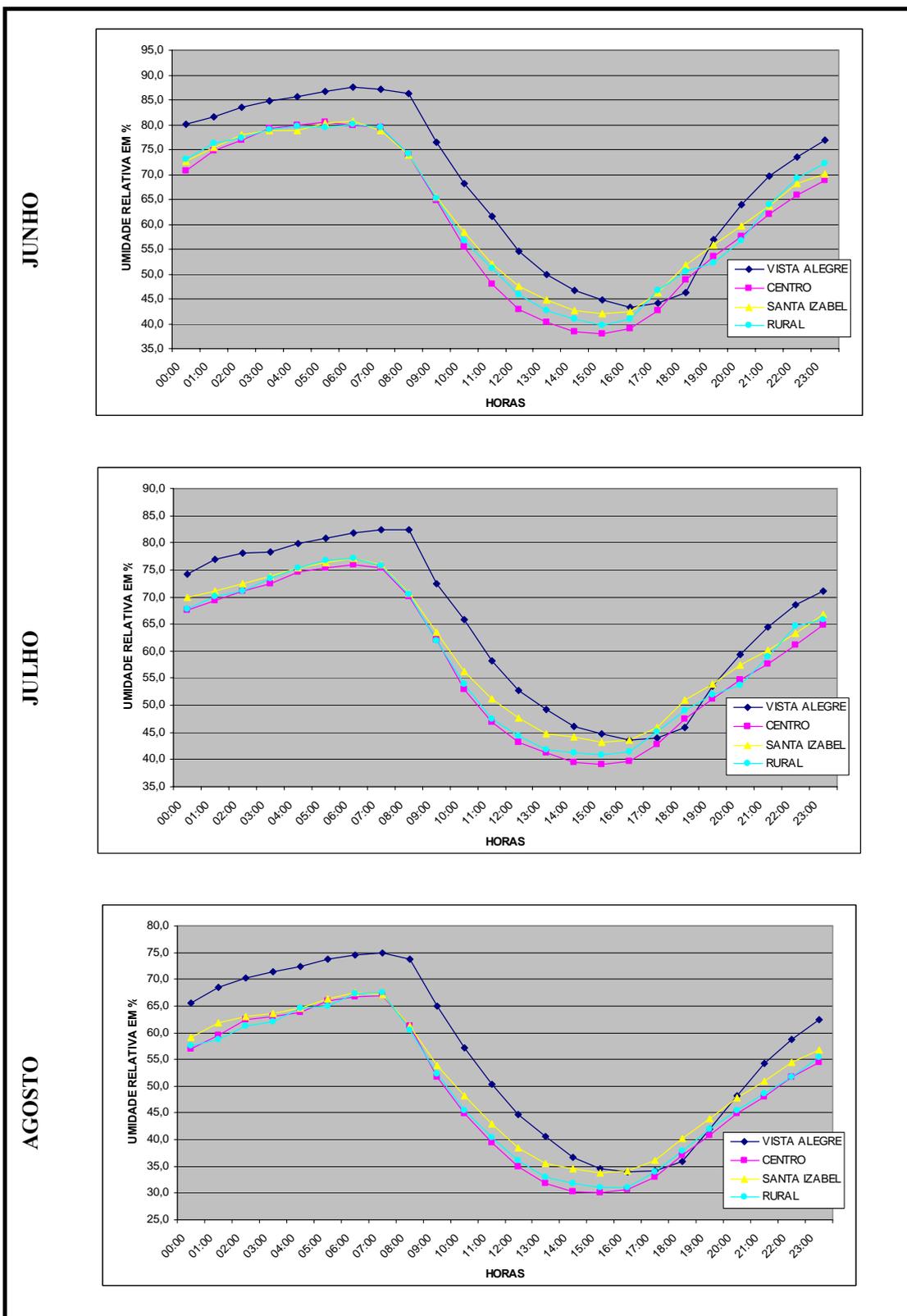


FIGURA 32 – Comparação entre as médias horárias de umidade relativa da estação seca (junho-julho-agosto/2007).

A curva referente à Estação Vista Alegre mostra que, durante quase todo o dia, esta região possui umidade relativa maior do que as outras regiões estudadas. Somente no final da tarde e início da noite, das 17:00 até 20:00 horas, é que os valores de umidade relativa dessa região se aproximam aos das outras regiões. Os maiores valores de umidade relativa obtidos durante os meses de observação da estação seca pertencem a curva dessa estação, sendo eles: 87,50% às 06:00 horas do mês de junho; 82,50% às 07:00 horas do mês de julho; 74,80% às 07:00 do mês de agosto. Já os menores valores são encontrados sempre na curva referente à Estação Centro, sendo eles: 38,00% às 15:00 horas do mês de junho; 39,10% às 15:00 horas do mês de julho; 30,00% às 15:00 horas do mês de agosto.

Como pode ser observado, os maiores e menores valores ocorrem sempre no mesmo horário ou em horários muito próximos, mostrando que a umidade relativa apresenta um padrão de comportamento que se repete diariamente no decorrer dos meses.

A curva referente à Estação Rural possui um comportamento bem próximo ao da Estação Centro, apresentando valores muito próximos. O momento em que se tem maior diferenciação entre as duas estações é o período entre 12:00 e 18:00 horas, que mostra valores de umidade relativa um pouco maiores para a Estação Rural.

No decorrer do dia, as médias de umidade relativa registradas nas estações possuem uma amplitude de 33,7% até 42,5%, sendo que as menores variações, durante os três meses observados, ocorrem sempre na Estação Santa Izabel, e as maiores variações ocorrem na Estação Vista Alegre.

Da mesma maneira como foi realizada uma análise comparativa entre as linhas representativas de cada estação para a temperatura, será realizado também a comparação entre as linhas de umidade relativa de cada estação. Para tanto, foram trabalhadas a diferença entre as médias horárias da Vista Alegre em relação às outras estações, pois a Estação Vista Alegre é a que apresentou os maiores valores de UR%.

Assim, têm-se as seguintes diferenças:

1. $\Delta UR\%_{VISTA ALEGRE - CENTRO}$
2. $\Delta UR\%_{VISTA ALEGRE - SANTA IZABEL}$
3. $\Delta UR\%_{VISTA ALEGRE - RURAL}$

O resultado obtido com a diferença das médias horárias de UR% para os três meses de observação na estação seca é exibido nos gráficos da Figura 33.

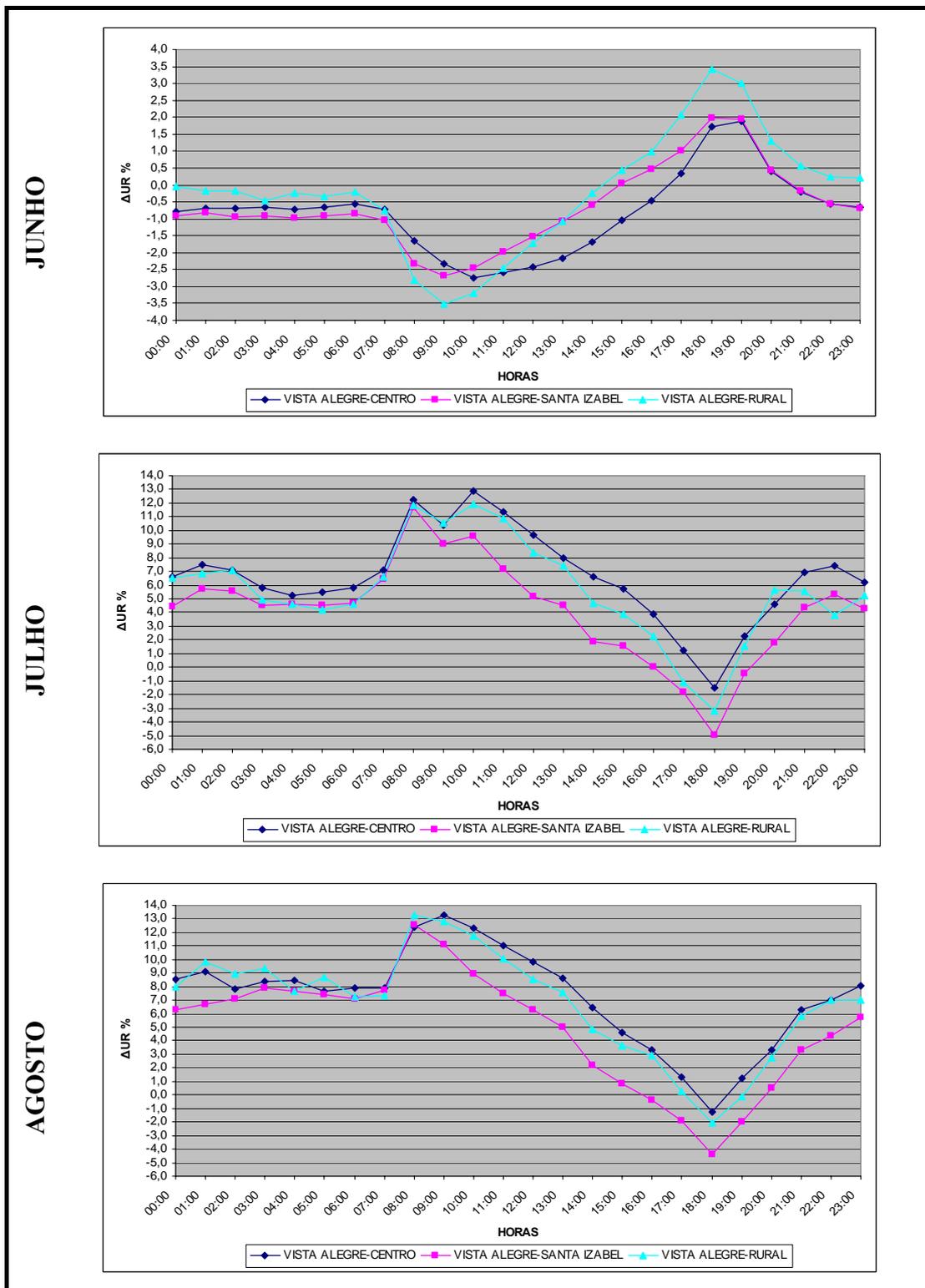


FIGURA 33 – Comparação entre $\Delta UR\%$ VISTA ALEGRE-CENTRO, $\Delta UR\%$ VISTA ALEGRE-SANTA IZABEL e $\Delta UR\%$ VISTA ALEGRE-RURAL da estação seca (junho-julho-agosto/2007).

As curvas dos gráficos da Figura 33 mostram que o comportamento das diferenças das médias horárias de UR% entre as estações segue sempre um mesmo padrão de comportamento durante os três meses observados na estação seca.

As curvas correspondentes à diferença entre as estações Vista Alegre e Centro, apresentam seus valores máximos sempre no final da manhã, no período compreendido entre 10:00 e 12:00 horas. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de 13,60%, às 11:00 horas do mês de junho, mostrando que a umidade relativa do ar na região da Estação Centro estava 13,60% menor que região da Estação Vista Alegre. Esse valor corresponde ainda à maior diferença encontrada entre todas as estações. As menores diferenças entre essas duas estações acontecem sempre ao final da tarde às 17:00 horas. Durante o mês de julho, está localizada a menor diferença, 1,20%. Os valores negativos mostrados no gráfico revelam os momentos em que a UR% do ar na região da Estação Centro esteve mais alta que a da região da Estação Vista Alegre. Observa-se, assim, que os momentos onde se detecta este comportamento estão sempre compreendidos no final da tarde, das 17:00 às 19:00 horas. A maior diferença negativa apontada nos gráficos é de -2,7% e ocorre às 18:00 horas do mês de junho.

A média geral das diferenças apresentadas entre a Estação Vista Alegre e a Estação Centro durante os três meses de observação na estação seca é de 7,09 e o desvio padrão é de 3,50. A Figura 34 ilustra o comportamento da distribuição de frequência de $\Delta UR\%_{VISTA\ ALEGRE - CENTRO}$.

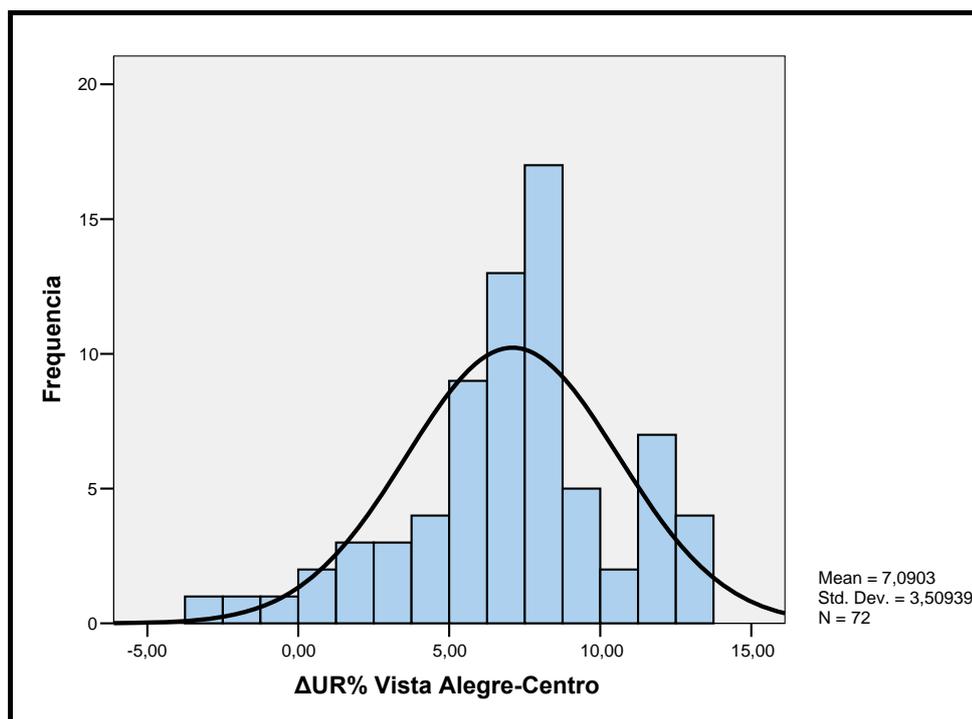


FIGURA 34 – Distribuição da freqüência das diferenças entre as médias de umidade relativa da Estação Vista Alegre – Estação Centro (junho-julho-agosto/2007).

A maioria dos valores observados estão próximos da média e são positivos, evidenciando que a região da Estação Vista Alegre apresenta, na maioria das vezes, valores de UR% mais altos que a região da Estação Centro.

Retomando o conjunto de gráficos exibidos anteriormente na Figura 33, porém, agora, analisando as curvas correspondentes à diferença de umidade entre as estações Vista Alegre e Santa Izabel, observa-se que valores máximos aparecem sempre durante o início da manhã, às 08:00 horas. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de 12,6%, às 08:00 horas do mês de agosto.

A menor diferença ocorre sempre durante a metade da tarde até início da noite, das 16:00 às 20:00 horas. O valor mais próximo de zero, 0,1%, foi encontrado no mês de julho, às 16:00 horas.

Os valores negativos apontam os momentos em que a média horária da umidade relativa do ar da Estação Santa Izabel esteve mais alta que a média horária da umidade relativa da Estação Vista Alegre. Às 18:00 horas do mês de junho foi registrada a maior diferença negativa, -5,6%.

A média geral das diferenças encontrada para os três meses de observação durante a estação seca foi de 4,83 e o desvio padrão foi de 3,96. A Figura 35 mostra o comportamento da distribuição de frequência de $\Delta UR\%_{\text{VISTA ALEGRE} - \text{SANTA IZABEL}}$.

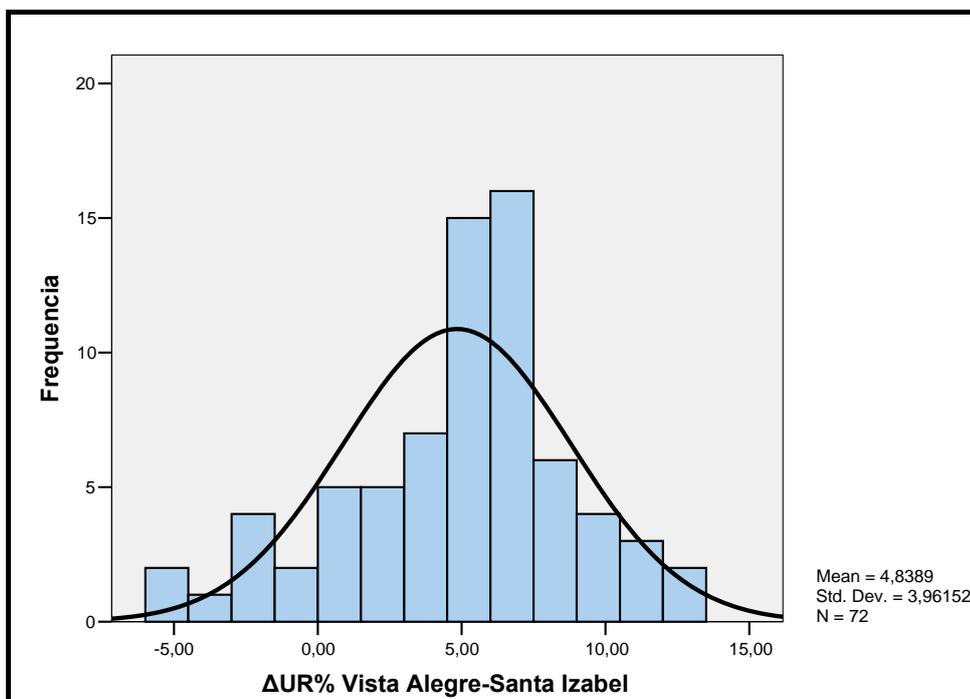


FIGURA 35 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de umidade relativa da Estação Vista Alegre – Estação Santa Izabel (junho-julho-agosto/2007).

A maioria dos valores observados é positiva e está acima da média, mostrando que a região da Estação Santa Izabel apresenta, na maioria das vezes, valores de UR% menores que a região da Estação Vista Alegre. Ou seja, a região da Estação Santa Izabel geralmente é mais seca que a região da Estação Vista Alegre.

Por fim, novamente na Figura 33, a última curva, do conjunto de gráficos, analisada corresponde à diferença entre as estações Vista Alegre e Rural. Nessa curva é possível observar que valores máximos aparecem sempre entre as 8:00 e 11:00 horas da manhã. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de 13,3%, às 08:00 horas do mês de agosto.

O período correspondente ao final da tarde e começo da noite, entre às 17:00 e 19:00 horas, apresenta as menores diferenças. A menor diferença entre as duas estações, -0,1%, foi encontrada às 19:00 horas do mês de agosto. Nesse mesmo

período estão localizados também os valores negativos, sendo que o maior valor dessa diferença foi de -4,3% e aconteceu às 18:00 do mês de junho.

A média geral das diferenças apresentadas entre a Estação Vista Alegre e a Estação Rural durante os três meses de observação na estação seca é de 6,17 e o desvio padrão é de 3,77. O histograma da Figura 36 ilustra a distribuição de frequência dos valores de $\Delta UR\%_{VISTA\ ALEGRE - RURAL}$

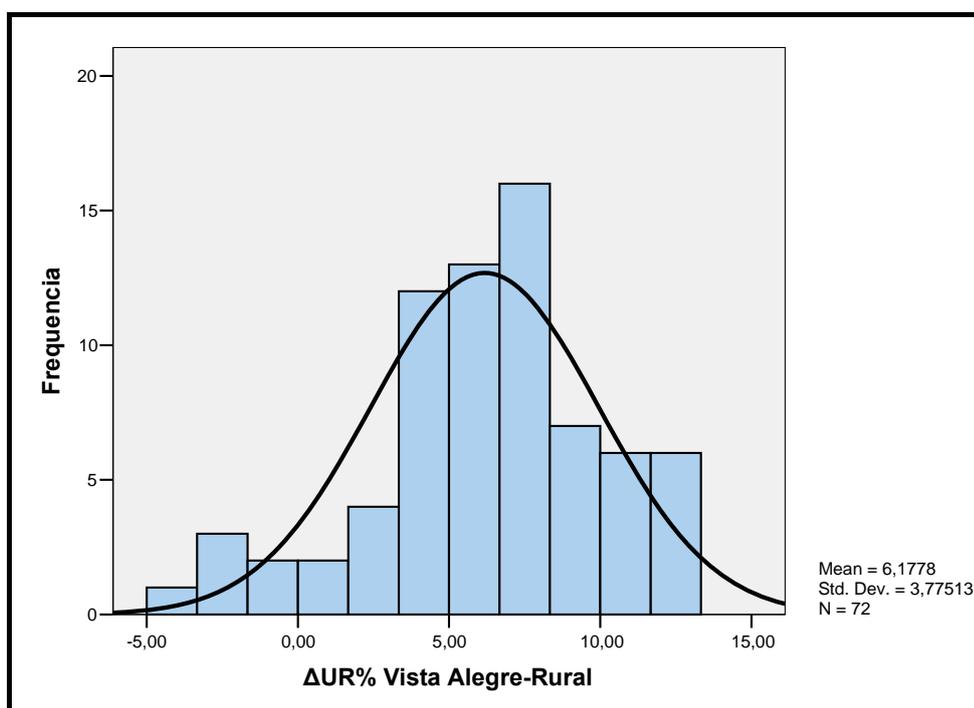


FIGURA 36 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de umidade relativa da Estação Vista Alegre – Estação Rural (junho-julho-agosto/2007).

Como pode ser observado, a maioria dos valores de $\Delta UR\%_{VISTA\ ALEGRE - RURAL}$ são positivos e se concentram próximos e um pouco acima da média. Tal comportamento evidencia que, na maior parte do tempo, a umidade relativa do ar na região da Estação Vista Alegre é superior à da região da Estação Rural.

5.2.1.3 Médias horárias da umidade absoluta

As tabelas 10, 11 e 12 mostram os valores das médias mensais de umidade absoluta para os meses de junho, julho e agosto de 2007.

TABELA 10 – Estatística descritiva das médias de umidade absoluta do mês de junho/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Vista Alegre	13,93 g/m ³	16,02 g/m ³	14,83 g/m ³	0,57 g/m ³
Estação Centro	12,75 g/m ³	14,52 g/m ³	13,69 g/m ³	0,61 g/m ³
Estação Santa Izabel	13,24 g/m ³	15,02 g/m ³	14,17 g/m ³	0,62 g/m ³
Estação Rural	12,28 g/m ³	14,43 g/m ³	13,62 g/m ³	0,60 g/m ³

TABELA 11 – Estatística descritiva das médias de umidade absoluta do mês de julho/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Vista Alegre	12,07 g/m ³	14,58 g/m ³	13,48 g/m ³	0,62 g/m ³
Estação Centro	11,59 g/m ³	13,03 g/m ³	12,39 g/m ³	0,48 g/m ³
Estação Santa Izabel	11,95 g/m ³	13,70 g/m ³	12,86 g/m ³	0,52 g/m ³
Estação Rural	11,63 g/m ³	12,86 g/m ³	12,27 g/m ³	0,33 g/m ³

TABELA 12 – Estatística descritiva das médias de umidade absoluta do mês de agosto/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Vista Alegre	11,32 g/m ³	12,80 g/m ³	12,02 g/m ³	0,54 g/m ³
Estação Centro	10,28 g/m ³	11,67 g/m ³	10,97 g/m ³	0,48 g/m ³
Estação Santa Izabel	10,74 g/m ³	12,27 g/m ³	11,51 g/m ³	0,55 g/m ³
Estação Rural	9,93 g/m ³	11,24 g/m ³	10,75 g/m ³	0,43 g/m ³

Observando a coluna dos valores máximos, pode-se notar que o pico de umidade absoluta ocorre sempre na Estação Vista Alegre, bem como as maiores médias. Já os menores valores de umidade absoluta são encontrados na Estação Centro, no mês de julho, e na Estação Rural, nos meses de junho e agosto.

O comportamento das médias horárias de umidade absoluta durante cada mês de observação da estação seca é mostrado na Figura 37.

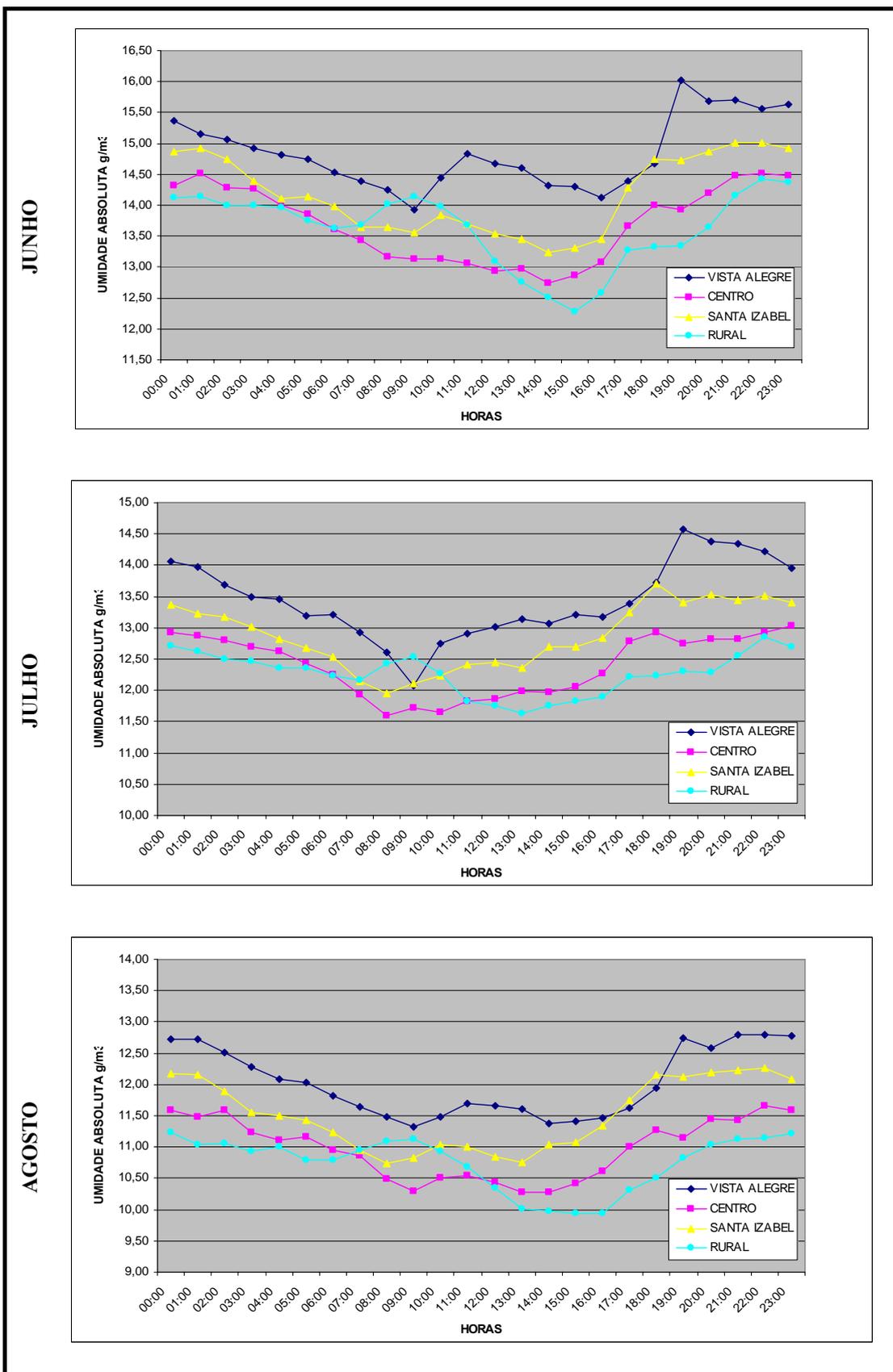


FIGURA 37 – Comparação entre as médias horárias de umidade absoluta da estação seca (junho-julho-agosto/2007).

A curva referente à Estação Vista Alegre mostra que, durante quase todo o dia, esta região possui umidade absoluta maior do que as outras regiões estudadas. Somente no final da tarde, entre 17:00 e 18:00 horas, os valores de umidade absoluta dessa região se aproximam dos valores das demais estações, chegando a serem iguais ou, até mesmo, menores do que os da região da Estação Santa Izabel. Os maiores valores de umidade absoluta, nos três meses de estação seca, pertencem a curva dessa estação, sendo eles: 16,02 g/m³, às 19:00 horas do mês de junho; 14,58 g/m³, às 19:00 horas do mês de julho; e 12,80 g/m³, às 21:00 do mês de agosto.

Os menores valores, por sua vez, são encontrados nas curvas referentes às Estações Centro e Rural. Nos meses de junho e agosto, os menores valores acontecem na região da Estação Rural, sendo eles: 12,28 g/m³, às 15:00 horas, e 9,93g/m³, às 16:00 horas, respectivamente. Já no mês de julho, o menor valor encontrado é de 14,58 g/m³, às 19:00 horas, na região da Estação Centro.

A curva referente à Estação Centro possui um comportamento bem próximo ao da Estação Rural, apresentando valores muito próximos, sendo que a curva da Estação Centro está sempre um pouco acima daquela da Estação Rural, exceto no período compreendido entre 07:00 e 12:00 horas, quando os valores da região da Estação Rural se mostram maiores do que os da região da Estação Centro.

No decorrer do dia, as médias de umidade absoluta registradas nas estações possuem uma amplitude de 1,23 g/m³ até 2,51 g/m³, sendo que as menores variações, durante o mês de junho, ocorrem na Estação Centro e, nos meses de julho e agosto, na Estação Rural. As maiores variações, por sua vez, ocorrem na Estação Rural, no mês de junho, na estação Vista Alegre, no mês de julho, e na Estação Santa Izabel, no mês de agosto.

Para comparar as diferenças de umidade absoluta entre as estações foram trabalhadas as diferenças entre as médias horárias da Estação Vista Alegre em relação às outras estações. Assim, têm-se as seguintes diferenças:

1. $\Delta U_{A \text{ VISTA ALEGRE} - \text{CENTRO}}$
2. $\Delta U_{A \text{ VISTA ALEGRE} - \text{SANTA IZABEL}}$
3. $\Delta U_{A \text{ VISTA ALEGRE} - \text{RURAL}}$

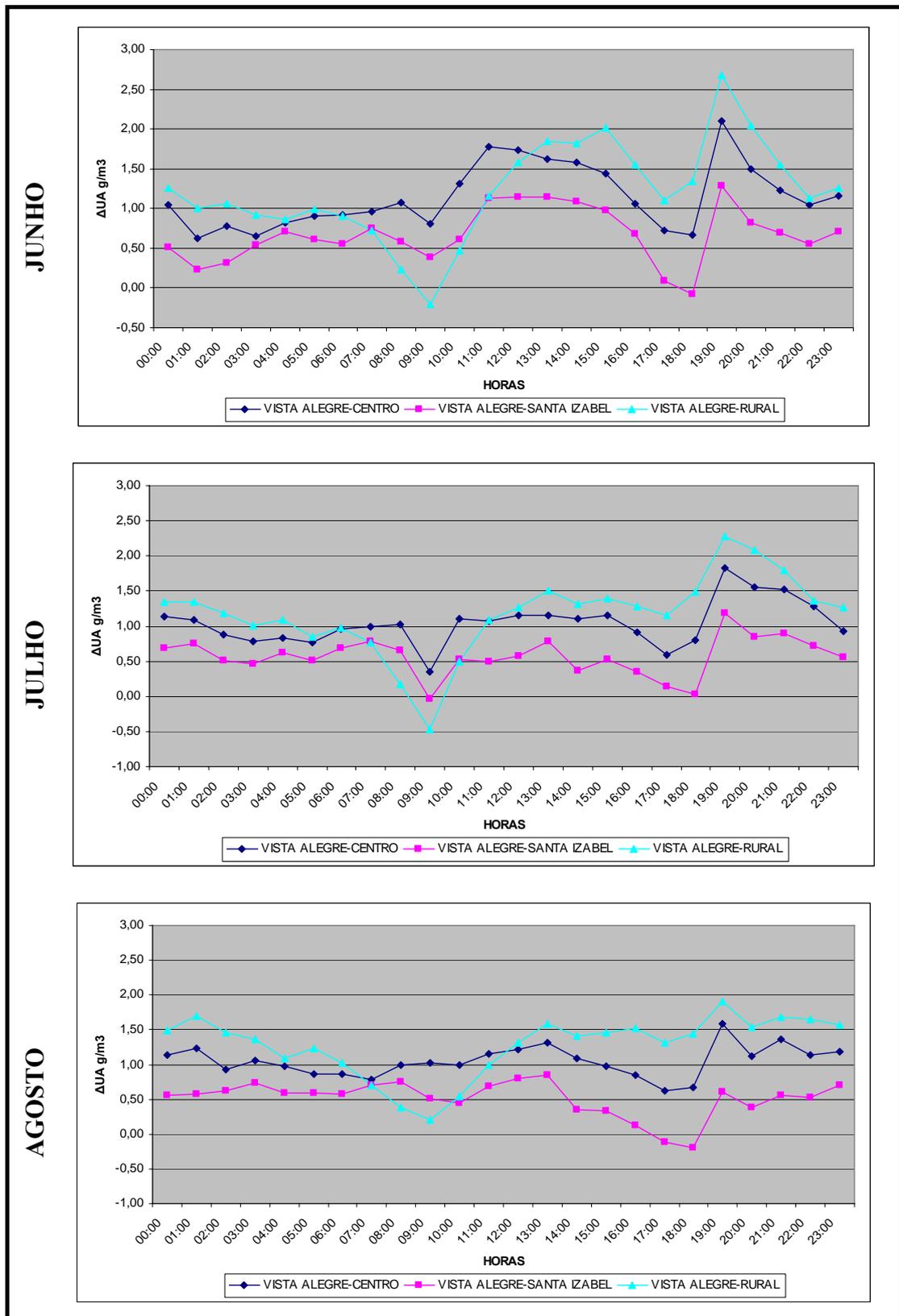


FIGURA 38 – Comparação entre $\Delta U_{\text{VISTA ALEGRE-CENTRO}}$, $\Delta U_{\text{VISTA ALEGRE-SANTA IZABEL}}$ e $\Delta U_{\text{VISTA ALEGRE-RURAL}}$ da estação seca (junho-julho-agosto/2007).

A Figura 38 mostra que o comportamento de $\Delta U_{\text{VISTA ALEGRE-CENTRO}}$, e $\Delta U_{\text{VISTA ALEGRE-SANTA IZABEL}}$ segue sempre um mesmo padrão durante os três meses observados na estação seca.

As curvas correspondentes à diferença entre as estações Vista Alegre e Centro apresentam seus valores máximos sempre às 19:00 horas. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de $2,10 \text{ g/m}^3$, no mês de junho. A menor diferença entre essas duas estações foi de $0,35 \text{ g/m}^3$ e ocorreu no mês de julho, às 09:00 horas.

A média geral das diferenças apresentadas entre a Estação Vista Alegre e a Estação Centro no período da seca é de $1,07 \text{ g/m}^3$ e o desvio padrão é de $0,31 \text{ g/m}^3$. A Figura 39 ilustra o comportamento da distribuição de frequência de $\Delta U_{\text{VISTA ALEGRE - CENTRO}}$.

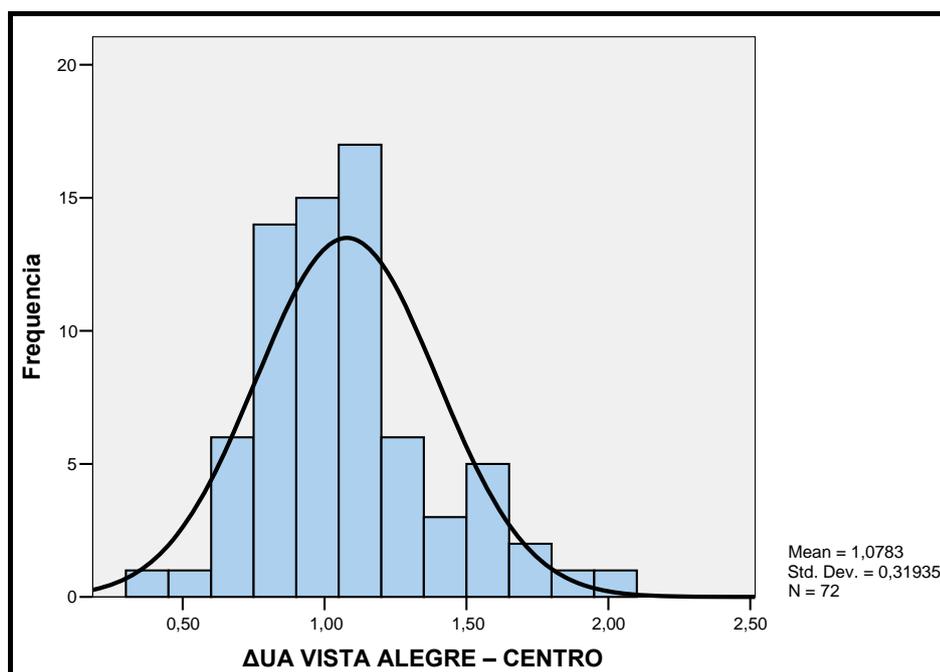


FIGURA 39 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de umidade absoluta da Estação Vista Alegre – Estação Centro (junho-julho-agosto/2007).

A maioria dos valores observados estão próximos e um pouco abaixo da média, sendo sempre positivos. Este comportamento evidencia que a região da Estação Vista Alegre apresenta umidade absoluta sempre maior do que da Estação Centro e que essa diferença, geralmente, está compreendida entre $0,70 \text{ g/m}^3$ e $1,20 \text{ g/m}^3$.

Retomando o conjunto de gráficos exibidos anteriormente na Figura 38, porém, agora, analisando as curvas correspondentes à diferença de umidade entre as estações Vista Alegre e Santa Izabel, observa-se que valores máximos aparecem às 19:00 horas, durante os meses de junho e julho, e às 13:00 horas, durante o mês de agosto. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de $1,29 \text{ g/m}^3$, às 19:00 horas do mês de junho.

A menor diferença ocorre sempre entre 16:00 e 18:00 horas. O valor mais próximo de zero encontrado foi $0,09 \text{ g/m}^3$ e ocorreu no mês de junho, às 17:00 horas.

Os valores negativos apontam os momentos em que a média horária da umidade absoluta do ar da Estação Santa Izabel esteve mais alta que a média horária da umidade absoluta da Estação Vista Alegre. Às 18:00 horas do mês de agosto foi registrada a maior diferença negativa, $-0,20 \text{ g/m}^3$.

A média geral das diferenças encontradas para os três meses da estação seca foi de $0,58 \text{ g/m}^3$ e o desvio padrão foi de $0,29 \text{ g/m}^3$. A Figura 40 mostra o comportamento da distribuição de frequência de $\Delta U_{\text{VISTA ALEGRE} - \text{SANTA IZABEL}}$.

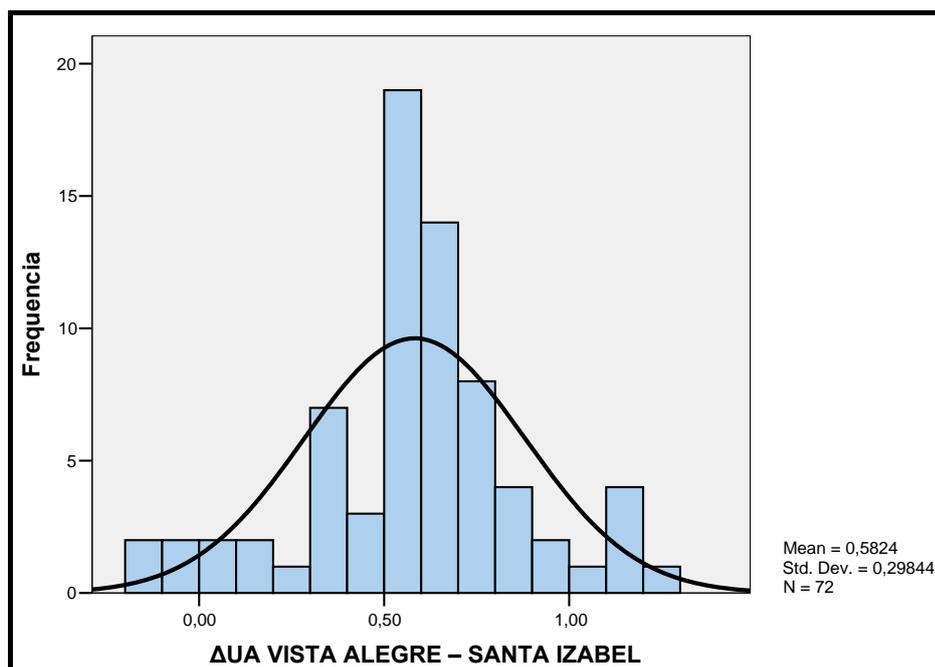


FIGURA 40 – Distribuição da freqüência das diferenças entre as médias horárias de umidade absoluta da Estação Vista Alegre – Estação Santa Izabel (junho-julho-agosto/2007).

A maioria dos valores observados é positiva e está acima da média, mostrando que a região da Estação Santa Izabel apresenta, geralmente, valores de umidade absoluta menores do que a região da Estação Vista Alegre. Os valores entre $0,50 \text{ g/m}^3$ e $0,70 \text{ g/m}^3$ são os que ocorrem com maior freqüência.

Por fim, novamente na Figura 38, a última curva analisada corresponde à diferença entre as estações Vista Alegre e Rural. Nessa curva é possível observar que valores máximos aparecem sempre às 19:00 horas. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de $2,68 \text{ g/m}^3$, no mês de junho. Esse valor corresponde ainda à maior diferença encontrada entre todas as estações.

O período entre 08:00 e 09:00 horas apresenta as menores diferenças. A menor diferença entre as duas estações, $0,18 \text{ g/m}^3$, foi encontrada às 08:00 horas do mês de junho. Nesse mesmo período estão localizados também os valores negativos, sendo que o maior valor dessa diferença foi de $-0,46 \text{ g/m}^3$ e aconteceu às 09:00 do mês de julho.

A média geral das diferenças apresentadas entre a Estação Vista Alegre e a Estação Rural durante os três meses de observação na estação seca é de $1,22 \text{ g/m}^3$ e o

desvio padrão é de $0,53 \text{ g/m}^3$. O histograma da Figura 41 ilustra a distribuição de frequência dos valores de $\Delta UR\%_{\text{VISTA ALEGRE} - \text{RURAL}}$

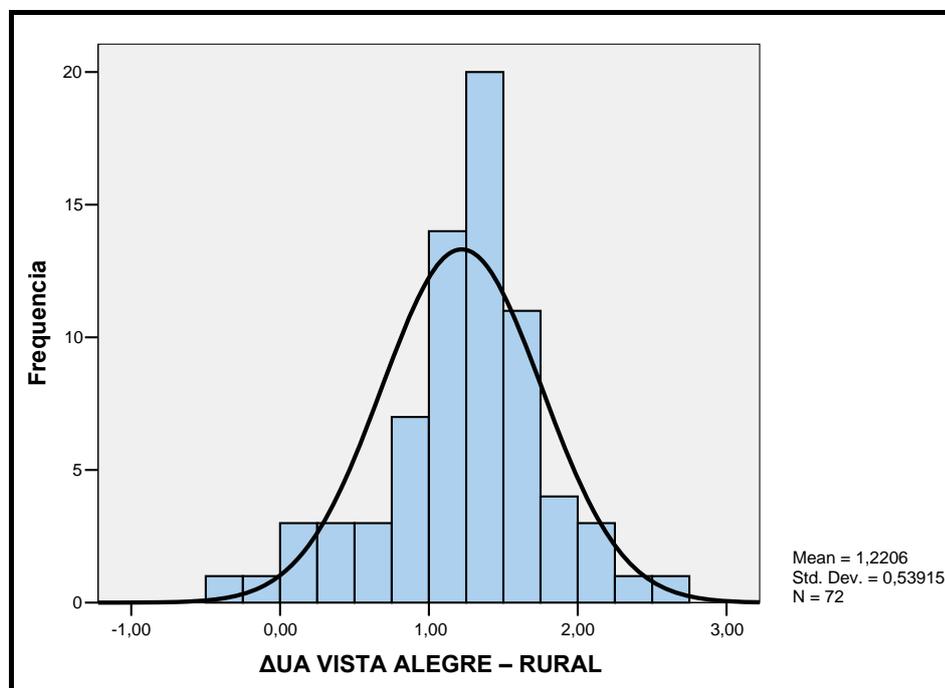


FIGURA 41 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias horárias de umidade absoluta da Estação Vista Alegre – Estação Rural

Como pode ser observado, a maioria dos valores de $\Delta UA_{\text{VISTA ALEGRE} - \text{RURAL}}$ são positivos e se concentram próximos e um pouco acima da média. Tal comportamento evidencia que, na maior parte do tempo, a umidade absoluta do ar na região da Estação Vista Alegre é superior à da região da Estação Rural. Nota-se, ainda, que os valores que aparecem com maior frequência estão entre $1,00 \text{ g/m}^3$ e $1,50 \text{ g/m}^3$.

5.2.2 Estação Chuvosa – Novembro e Dezembro/2007 e Janeiro/2008

5.2.2.1 Médias horárias de temperatura

Assim como os dados da estação seca, os dados da estação chuvosa são apresentados comparativamente, observando-se os meses e as áreas de coleta.

TABELA 13 – Estatística descritiva das médias horárias de temperatura do mês de novembro/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Rural	23,60 °C	30,50 °C	26,50 °C	2,32 °C
Estação Vista Alegre	24,20 °C	31,70 °C	27,30 °C	2,59 °C
Estação Centro	24,10 °C	31,80 °C	27,35 °C	2,65 °C
Estação Santa Izabel	23,90 °C	30,80 °C	26,87 °C	2,39 °C

TABELA 14 – Estatística descritiva das médias horárias de temperatura do mês de dezembro/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Rural	23,70 °C	30,70 °C	26,52 °C	2,43 °C
Estação Vista Alegre	24,20 °C	31,50 °C	27,26 °C	2,58 °C
Estação Centro	24,20 °C	32,20 °C	27,51 °C	2,77 °C
Estação Santa Izabel	23,80 °C	31,00 °C	26,87 °C	2,51 °C

TABELA 15 – Estatística descritiva das médias horárias de temperatura do mês de janeiro/2008

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Rural	23,40 °C	28,30 °C	25,70 °C	1,77 °C
Estação Vista Alegre	23,90 °C	29,40 °C	26,40 °C	1,95 °C
Estação Centro	23,80 °C	31,50 °C	27,13 °C	2,82 °C
Estação Santa Izabel	23,50 °C	29,10 °C	26,05 °C	1,95 °C

As tabelas 13, 14 e 15 mostram que, durante os meses da estação chuvosa, as médias de temperatura, bem como as temperaturas máximas e temperaturas mínimas, apresentam valores bem próximos nos quatro locais observados, revelando um comportamento térmico homogêneo. Porém, assim como nos meses de seca, as maiores médias mensais são encontradas sempre na região da Estação Centro, 27,51°C (média do mês de dezembro da Estação Centro). Os maiores valores de temperatura máxima também são encontrados nessa região.

Já as menores médias de temperatura são encontradas sempre na região da Estação Rural, diferenciando-se do resultado encontrado para o período de seca, quando os menores valores médios ocorriam na região Vista Alegre a maior parte do tempo. O menor valor médio encontrado durante o período chuvoso foi de 23,40°C (média do mês de janeiro da Estação Rural). A Figura 42 mostra os gráficos das temperaturas médias horárias de cada Estação durante os meses de novembro, dezembro e janeiro.

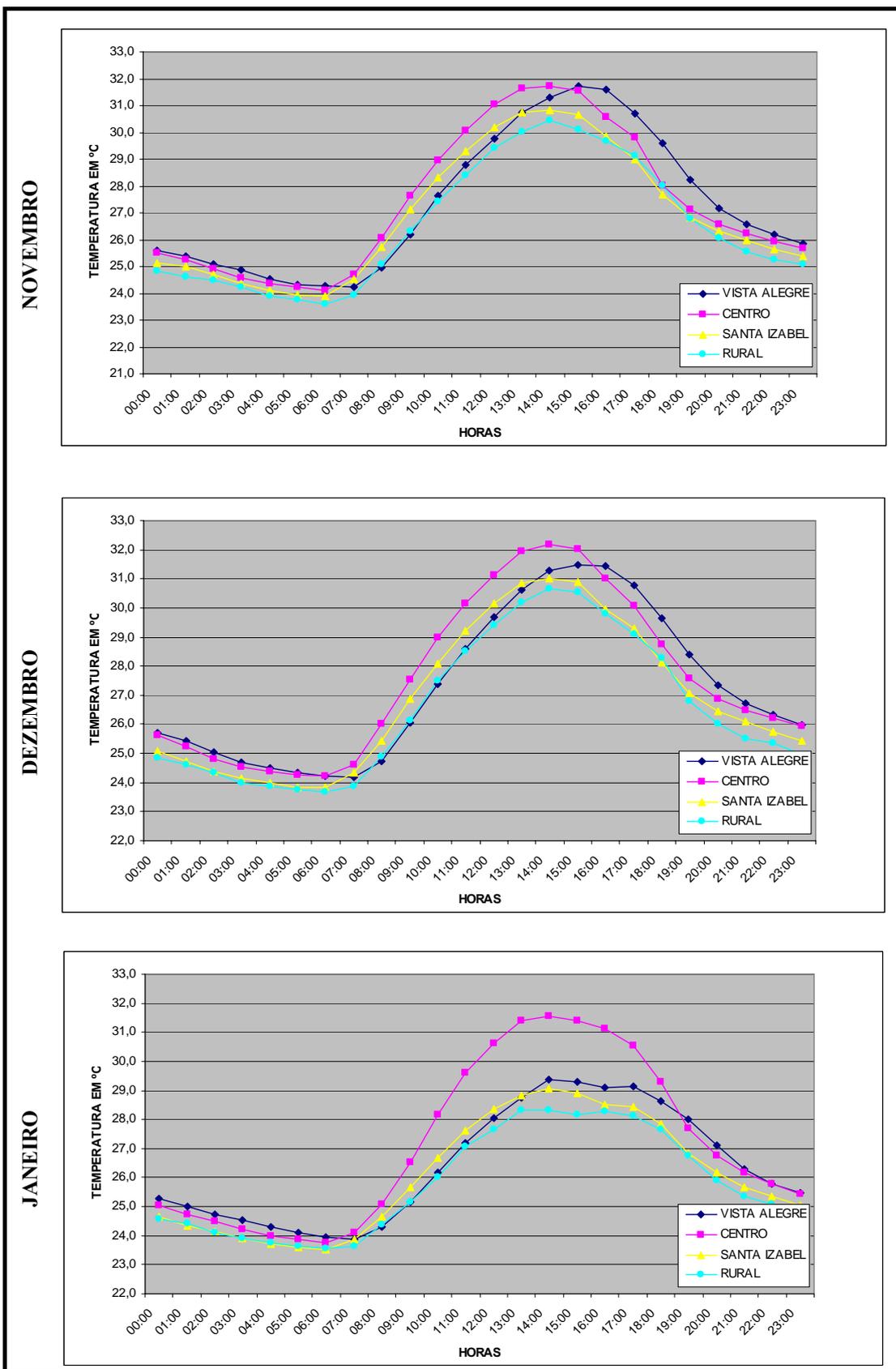


FIGURA 42 – Comparação entre os gráficos das médias horárias das temperaturas na estação chuvosa (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

Observando-se o comportamento da curva correspondente à Estação Centro é possível notar que os maiores valores registrados nos três meses correspondem a pontos dessa linha, sendo eles 31,80°C para mês de novembro; 32,20°C para o mês de dezembro; e 31,50°C para o mês de janeiro, valores que ocorrem sempre às 14:00 horas.

Conforme observado anteriormente nas tabelas, os menores valores evidenciados ocorrem sempre na linha correspondente à Estação Rural. Para o mês de novembro, tem-se o valor de 23,60°C às 7:00 horas; para o mês de dezembro, 23,70°C às 6:00 e 7:00 horas e, por fim, para o mês de janeiro, 23,40°C também às 7:00 horas.

No decorrer do dia, as médias registradas nas estações possuem uma amplitude de 4,90°C até 7,70 °C, sendo que as menores variações, durante o período chuvoso, ocorrem sempre na Estação Rural, e as maiores variações ocorrem na Estação Centro. Ou seja, a curva que apresenta menor variação de temperatura ao longo do dia pertence à Estação Rural, e a curva que possui a maior variação de temperatura ao longo do dia pertence à estação Rural.

É interessante destacar, ainda, que as curvas referentes à Estação Rural e à Estação Santa Izabel possuem um comportamento muito semelhante com valores de médias horárias muito próximas.

A diferença entre as médias horárias da Estação Centro em relação às outras estações evidencia a diferença entre o comportamento da região mais urbanizada em relação às outras regiões.

1. $\Delta T_{\text{CENTRO}} - \text{VISTA ALEGRE}$
2. $\Delta T_{\text{CENTRO}} - \text{SANTA IZABEL}$
3. $\Delta T_{\text{CENTRO}} - \text{RURAL}$

O resultado obtido com a diferença das médias horárias é exibido na Figura 43, a seguir:

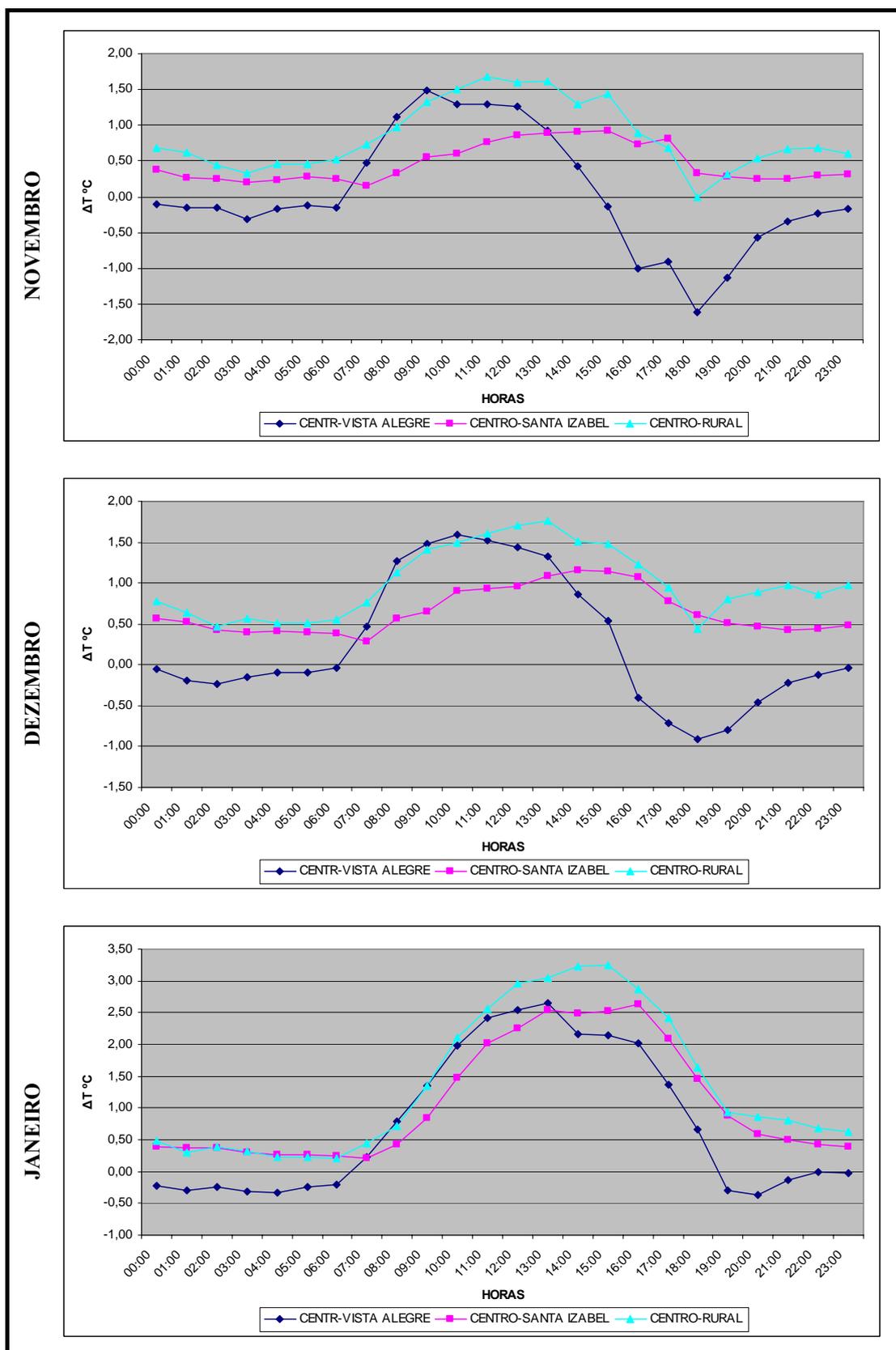


FIGURA 43 – Comparação entre $\Delta T_{\text{CENTRO-VISTA ALEGRE}}$, $\Delta T_{\text{CENTRO-SANTA IZABEL}}$ e $\Delta T_{\text{CENTRO-RURAL}}$ da estação chuvosa (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

Observando os gráficos da Figura 43, nota-se que as diferenças das médias horárias entre as estações são muito pequenas, evidenciando uma situação de regularidade no perfil térmico da cidade durante os três meses da estação chuvosa.

A diferença entre as estações Centro e Vista Alegre apresenta seus valores máximos geralmente entre o período da manhã até o início da tarde. As maiores diferenças encontradas entre essas estações foram: 1,5 °C às 09:00 horas do mês de novembro, 1,6 °C às 10:00 horas no mês de dezembro e 2,6 °C às 13:00 horas do mês de janeiro. Logo, a maior diferença encontrada entre essas duas estações foi a do mês de janeiro.

Já as menores diferenças entre essas duas estações ocorrem no período noturno até um pouco depois do nascer do sol, entre 21:00 e 07:00 horas. Os valores negativos, que revelam os momentos em que a temperatura do ar na região da Estação Vista Alegre estava mais alta do que na região da Estação Centro, aparecem no mesmo período. O momento em que houve a maior diferença, quando a temperatura do ar na Estação Vista Alegre esteve mais alta do que a temperatura do ar na região da Estação Centro, foi às 18:00 horas do mês de novembro, com o valor de -1,6 °C.

A média geral das diferenças apresentadas entre a Estação Centro e a Estação Vista Alegre durante os três meses de observação na estação chuvosa é de 0,34 e o desvio padrão é de 0,96.

A Figura 44 ilustra o comportamento da distribuição de frequência de $\Delta T_{\text{CENTRO} - \text{VISTA ALEGRE}}$ através de um histograma. Pode-se observar que, de uma forma geral, os valores acompanham a curva normal do histograma, com exceção dos valores entre -0,3 e 0,0 que aparecem numa frequência muito maior que os outros valores. Assim, nota-se que 44% dos valores de $\Delta T_{\text{CENTRO} - \text{VISTA ALEGRE}}$ estão concentrados entre -0,3 e 0,0.

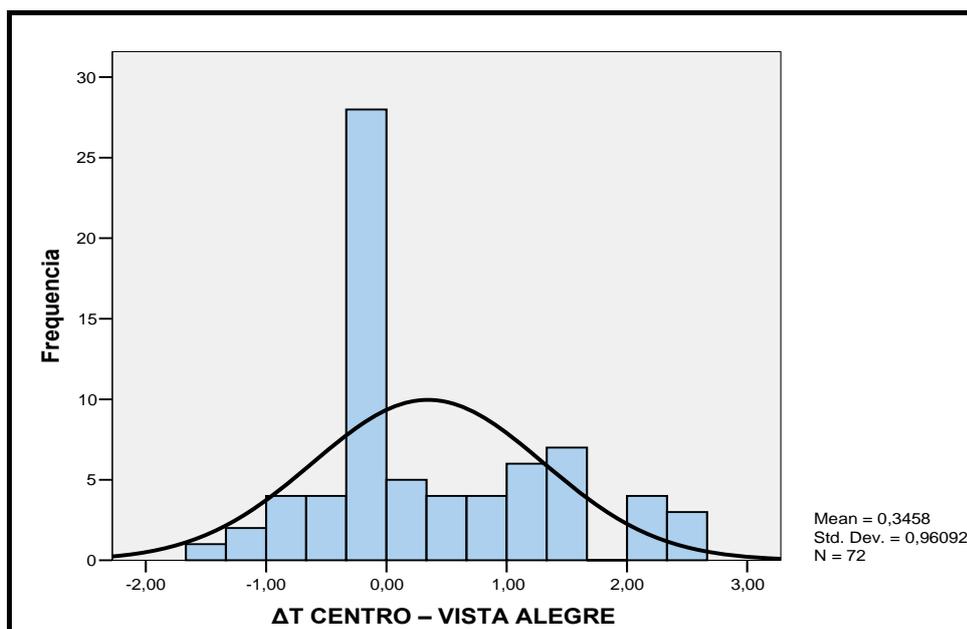


FIGURA 44 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de temperatura da Estação Centro – Estação Vista Alegre (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

Retomando o conjunto de gráficos exibidos anteriormente, na Figura 43, e analisando as diferenças entre as estações Centro e Santa Izabel, observa-se que os valores máximos aparecem sempre à tarde, geralmente entre 14:00 e 16:00 horas. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de 2,6°C, às 16:00 horas do mês de janeiro, ocasião em que a temperatura do ar na região da Estação Centro estava 1,3 °C mais quente do que na região da Estação Santa Izabel.

Os momentos em que se detectou a menor diferença aconteceram durante a noite e madrugada até o momento do nascer do sol, das 20:00 às 06:00 horas. Os valores mais próximos de zero foram encontrados no mês de novembro e janeiro, ambos às 07:00 horas. Por fim, observa-se que não houve valores negativos durante os meses de observação na estação chuvosa.

A média geral das diferenças encontradas entre as estações Centro e Santa Izabel, para os três meses de observação durante a estação chuvosa foi de 0,73 e o desvio padrão foi de 0,61. O histograma da Figura 45 mostra a distribuição de frequência $\Delta T_{\text{CENTRO} - \text{SANTA IZABEL}}$:

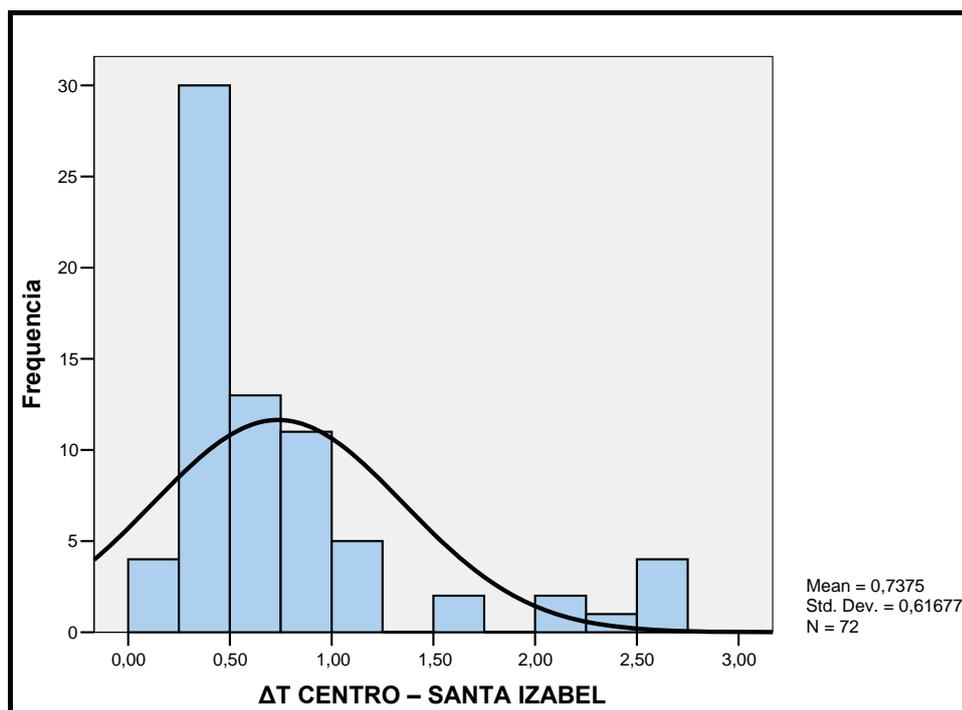


FIGURA 45 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de temperatura da Estação Centro – Estação Santa Izabel. (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

Por fim, novamente na Figura 43, a última curva analisada é a correspondente à diferença entre as estações Centro e Rural. Nessa curva é possível observar que os valores máximos aparecem no período vespertino, geralmente entre 13:00 e 17:00 horas. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de 3,30°C, às 16:00 horas do mês de janeiro, mostrando que a temperatura do ar na região da Estação Centro estava 3,30°C mais quente do que na região da Estação Rural.

O período da madrugada, entre 02:00 e 05:00 horas, corresponde aos momentos em que houve as menores diferenças entre as médias horárias das duas estações. A menor diferença foi de 0,2°C, detectada às 5:00 horas do mês de janeiro.

A média geral das diferenças apresentadas entre a Estação Centro e a Estação Rural durante os três meses de observação na estação chuvosa é de 1,06 e o desvio padrão é de 0,77. A Figura 41 corresponde ao histograma de frequência das médias de $\Delta T_{\text{CENTRO} - \text{RURAL}}$.

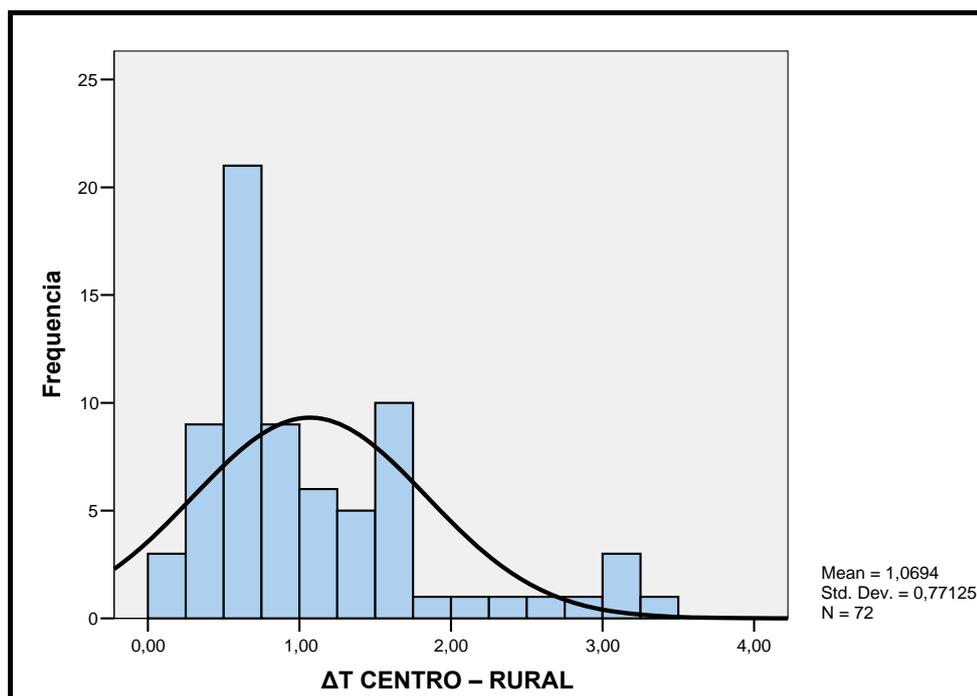


FIGURA 46 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de temperatura da Estação Centro – Estação Rural (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

Percebe-se que a maioria dos valores apresentados localiza-se próxima, porém um pouco abaixo, da média e possui valores positivos. Essa distribuição revela que as médias horárias de temperatura do ar na Estação Centro são geralmente maiores do que na Estação Rural, e que, nos momentos em que a Estação Rural esteve mais quente, a diferença de temperatura foi menor do que nos momentos em que a Estação Centro esteve mais quente.

5.2.2.3 Médias horárias da umidade relativa

As tabelas 16, 17 e 18 mostram os valores das médias mensais de umidade relativa para os meses novembro e dezembro de 2007 e janeiro de 2008:

TABELA 16 – Estatística descritiva das médias de umidade relativa do mês de novembro 2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Vista Alegre	61,40%	87,70%	76,72%	9,48%
Estação Centro	56,30%	84,40%	72,09%	10,15%
Estação Santa Izabel	61,70%	87,30%	76,15%	9,22%
Estação Rural	58,30%	86,60%	74,10%	9,84%

TABELA 17 – Estatística descritiva das médias de umidade relativa do mês de dezembro 2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Vista Alegre	62,50%	90,00%	78,02%	9,69%
Estação Centro	54,30%	85,90%	72,42%	10,94%
Estação Santa Izabel	60,30%	89,90%	77,72%	10,09%
Estação Rural	57,20%	88,40%	75,87%	10,79%

TABELA 18 – Estatística descritiva das médias de umidade relativa do mês de janeiro 2008

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Vista Alegre	71,60%	91,60%	82,70%	7,15%
Estação Centro	60,70%	88,30%	76,35%	10,03%
Estação Santa Izabel	69,60%	89,80%	91,27%	7,57%
Estação Rural	68,20%	88,90%	80,04%	7,79%

De acordo com as tabelas 16, 17 e 18, as maiores médias de umidade relativa são encontradas na região da Estação Vista Alegre durante os meses de novembro e dezembro e na região da estação Santa Izabel no mês de janeiro, sendo que os valores observados são 76,72%, 78,02% e 91,27%, respectivamente. Já a menor média é observada sempre na região da Estação Centro, e o menor valor de média encontrada durante os três meses foi de 72,09%.

Assim como na estação seca, os valores máximos observados no período da estação chuvosa ocorrem sempre na Estação Vista Alegre. Os valores mínimos de umidade relativa observados na estação chuvosa também apresentam o mesmo comportamento do período da seca, ou seja, os menores valores são detectados na região da Estação Centro.

O comportamento das médias horárias de umidade relativa durante cada mês de observação da estação chuvosa é mostrado na Figura 47.

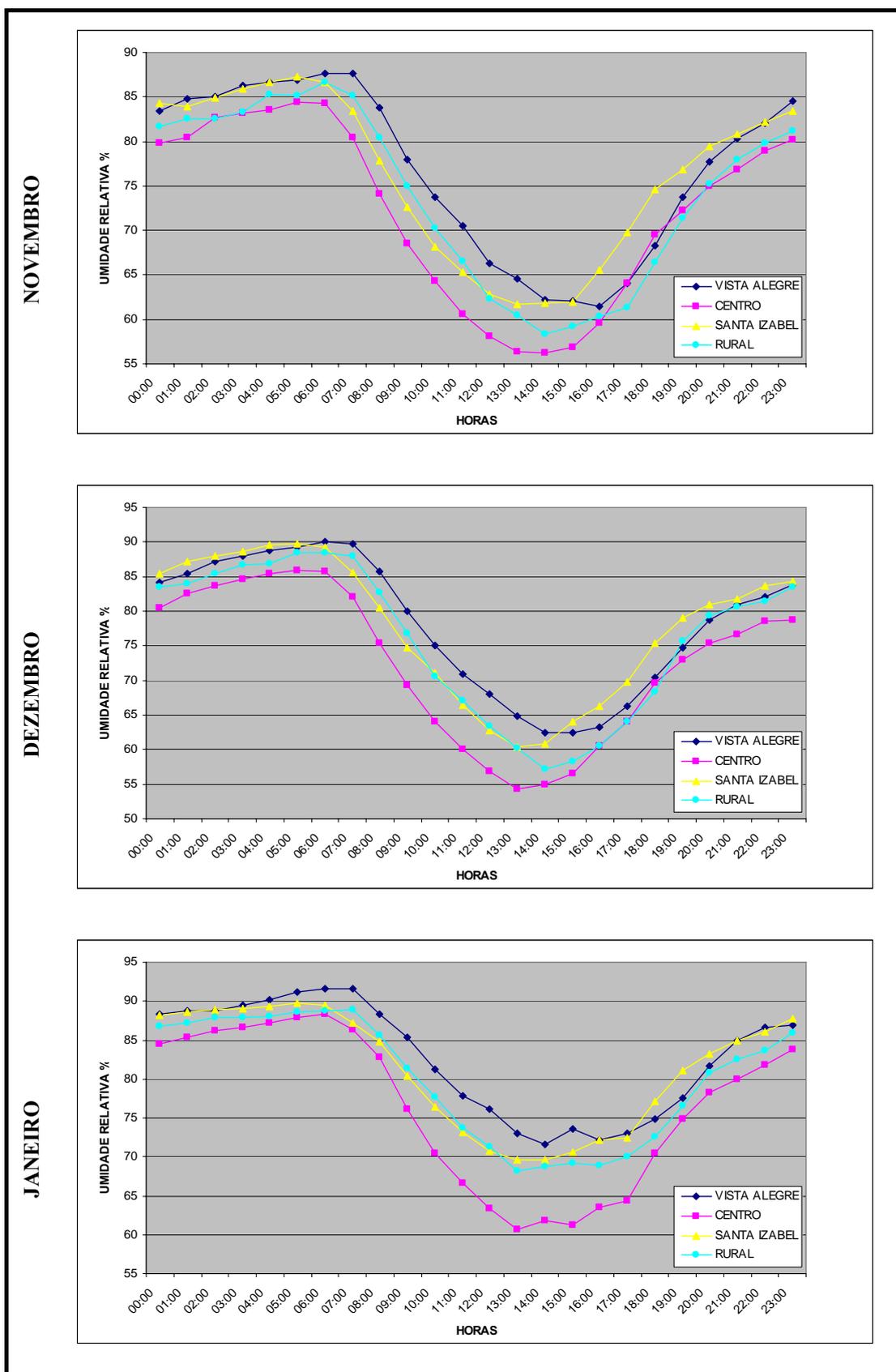


FIGURA 47 – Comparação entre as médias horárias de umidade relativa da estação chuvosa (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

A curva referente à Estação Vista Alegre mostra que, durante todo o período da manhã até o início da tarde, esta região possui umidade relativa maior do que as outras regiões estudadas. Durante este período, a curva da Estação Vista Alegre evidencia o maior valor observado durante os três meses da estação chuvosa, 91,60%, às 7:00 horas do mês de janeiro. Em contrapartida, entre toda a manhã e início da tarde, a região da Estação Centro apresenta valores de umidade relativa menores do que os das outras estações. O menor valor observado durante os três meses da estação chuvosa ocorre também nessa região, sendo ele 54,30%, às 13:00 horas do mês de dezembro.

Durante o período do final da tarde e início da noite, observa-se que os valores de umidade relativa encontrados são bem próximos, porém a região da Estação Santa Izabel evidencia uma tendência a apresentar valores um pouco mais altos do que os das outras regiões.

Como se observa na Figura 47, os maiores valores ocorrem no mesmo horário ou em horários muito próximos. A repetição das máximas e mínimas sempre em horários próximos evidencia que a umidade relativa apresenta um padrão de comportamento que se repete diariamente no decorrer dos meses.

No decorrer do dia, as médias de umidade relativa registradas nas estações possuem uma amplitude de 20% até 31,60%. As menores variações, durante os três meses observados, ocorrem na Estação Santa Izabel durante o mês de novembro e na Estação Vista Alegre durante os meses de dezembro e janeiro. Já as maiores variações são observadas na Estação Rural no mês de novembro e na Estação Centro nos meses de dezembro e janeiro.

A Figura 48 mostra os resultados por meio da diferenças das médias horárias de UR% para os três meses de observação na estação chuvosa.

1. $\Delta UR\%$ VISTA ALEGRE – CENTRO
2. $\Delta UR\%$ VISTA ALEGRE – SANTA IZABEL
3. $\Delta UR\%$ VISTA ALEGRE – RURAL

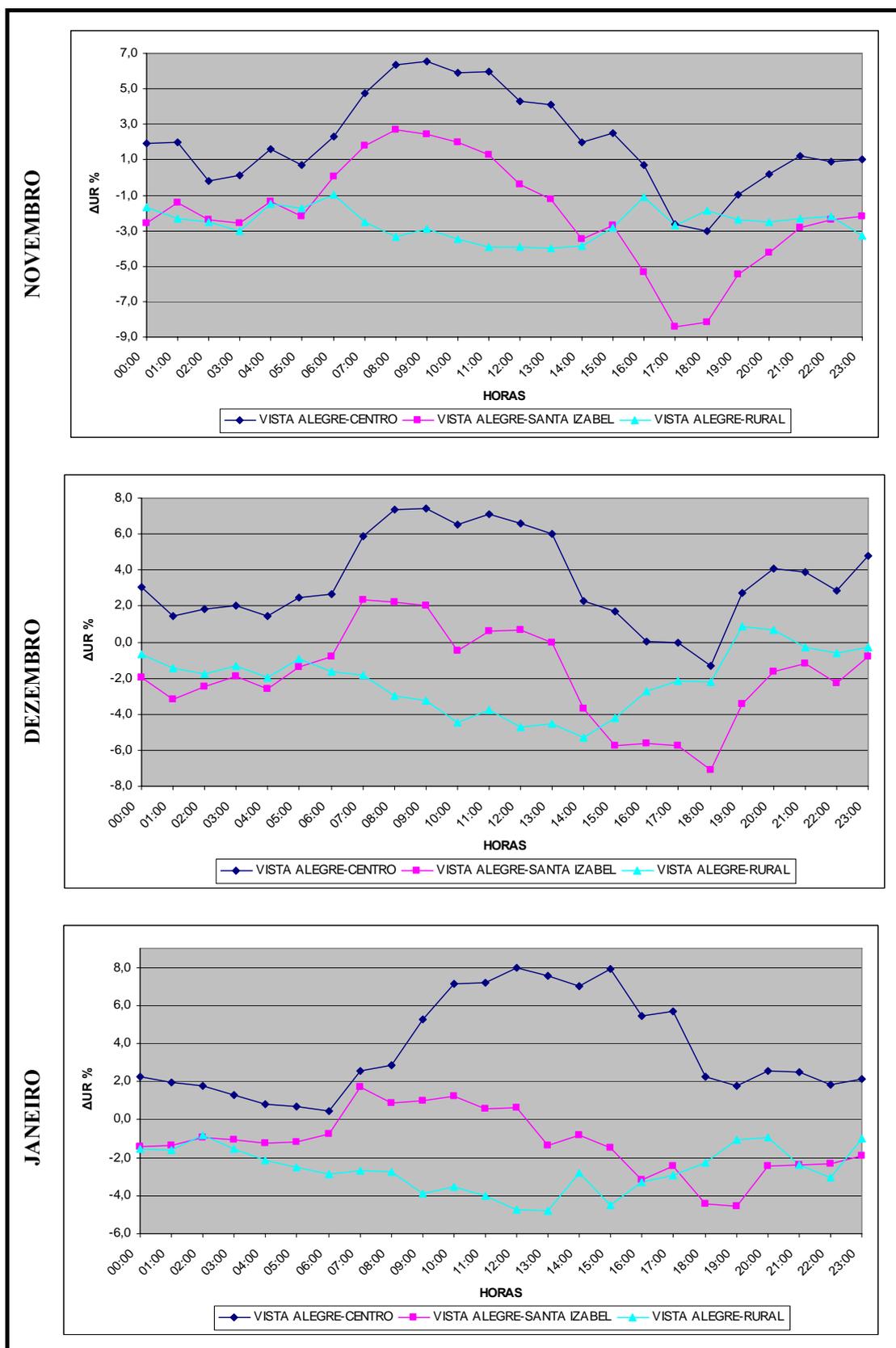


FIGURA 48 – Comparação entre $\Delta UR\%_{CENTRO-VISTA ALEGRE}$, $\Delta UR\%_{CENTRO-SANTA IZABEL}$ e $\Delta UR\%_{CENTRO-RURAL}$ da estação chuvosa (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

A Figura 48 mostra que as diferenças das médias horárias de UR% entre os pontos observados seguem sempre um mesmo padrão de comportamento durante os três meses da estação chuvosa.

As curvas correspondentes à diferença entre as estações Vista Alegre e Centro apresentam seus valores máximos sempre durante o final da manhã e início da tarde, no período compreendido entre 10:00 e 13:00 horas. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de 12,70%, às 12:00 horas do mês de janeiro. Esse valor corresponde ainda à maior diferença encontrada entre todas as estações. As menores diferenças entre essas duas estações acontecem sempre ao final da tarde e início da noite, das 17:00 as 19:00 horas. Durante o mês de novembro, está localizada a menor diferença, 0,1%, às 17:00 horas. Por fim, o momento onde se detecta que a umidade relativa na Estação Centro estava mais alta que na Estação Vista Alegre está localizado no final da tarde, às 18:00 horas, sendo de -1,2% o valor da diferença entre as duas estações.

A média geral das diferenças apresentadas entre a Estação Vista Alegre e a Estação Centro durante os três meses de observação na estação chuvosa é de 5,52 e o desvio padrão é de 3,42. A Figura 49 ilustra o comportamento da distribuição de frequência de $\Delta UR\%_{\text{VISTA ALEGRE} - \text{CENTRO}}$.

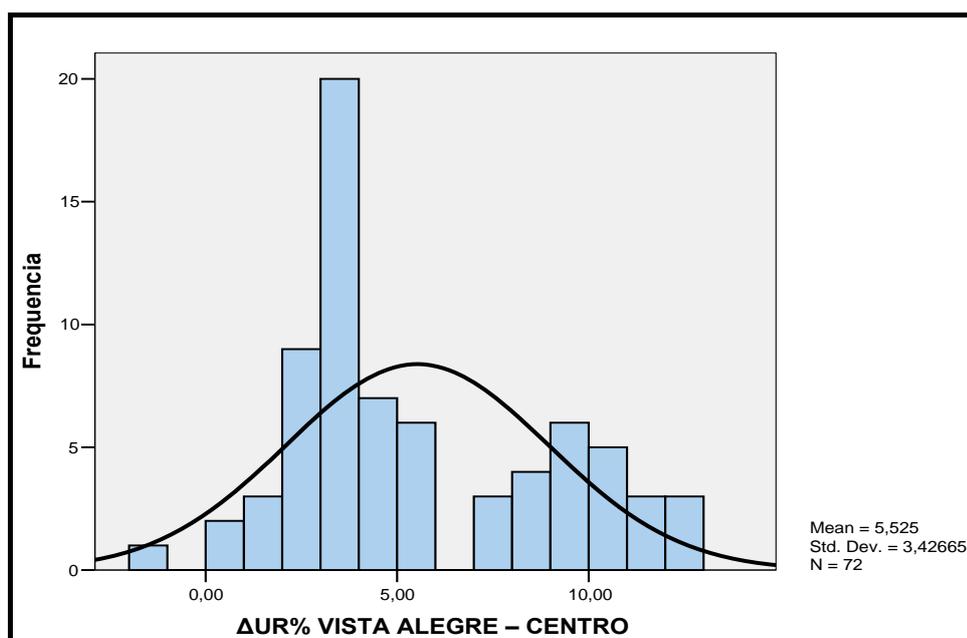


FIGURA 49 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de umidade relativa entre a Estação Vista Alegre – Estação Centro (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

A maioria dos valores observados está próxima, porém um pouco abaixo, da média, sendo em quase sua maioria positivos. Isso evidencia que a região da Estação Vista Alegre apresenta, na maioria das vezes, valores de UR% mais altos do que a região da Estação Centro.

Retomando a Figura 48 e analisando as curvas correspondentes à diferença de umidade entre as estações Vista Alegre e Santa Izabel, observa-se que valores máximos aparecem sempre durante a manhã. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de 5,50%, às 09:00 horas do mês de novembro. Já a menor diferença ocorre sempre durante à tarde, das 14:00 às 16:00 horas. O valor mais próximo de zero, 0,10%, foi encontrado no mês de janeiro, às 16:00 horas.

Os valores negativos apontam os momentos em que a umidade relativa do ar da Estação Santa Izabel esteve mais alta que a média horária da umidade relativa da Estação Vista Alegre. Esses momentos ocorrem durante o final da tarde, toda noite e madrugada. A maior diferença negativa foi registrada em novembro, à 18:00 horas, com valor de -4,90%.

A média geral das diferenças encontradas para esses três meses de observação foi de 0,76 e o desvio padrão foi de 3,02. A Figura 50 mostra o comportamento da distribuição de frequência de $\Delta UR\%_{VISTA\ ALEGRE - SANTA\ IZABEL}$.

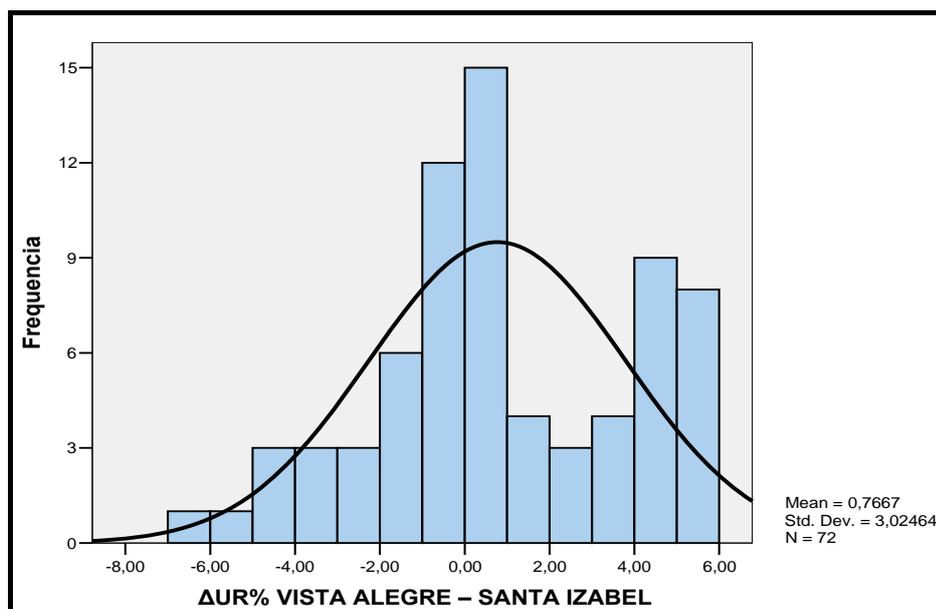


FIGURA 50 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de umidade relativa da Estação Vista Alegre – Estação Santa Izabel (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

A distribuição de frequência mostra que os valores tendem a acompanhar a curva normal do histograma, sendo que a maior concentração de valores se dá próxima e um pouco abaixo da média, 0,76. Como existe uma grande variação de valores, pode-se concluir que a umidade relativa da Estação Santa Izabel varia bastante em relação à umidade da Estação Vista Alegre.

Finalizando a análise da umidade relativa durante novembro, dezembro e janeiro, observa-se, na Figura 48, a curva correspondente à diferença entre as estações Vista Alegre e Rural. Nessa curva é possível observar que valores máximos aparecem sempre entre as 12:00 e 13:00. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de 4,8%, às 13:00 horas do mês de janeiro.

O período correspondente ao final da noite e toda a madrugada, entre às 23:00 e 05:00 horas, apresenta as menores diferenças. A menor diferença entre as duas estações, 0,3%, foi encontrada às 23:00 horas do mês de dezembro. Quase não são encontrados valores negativos nas curvas representativas da diferença entre as Estações Vista Alegre e Rural, o que evidencia que, em quase todo o período de observação, a umidade relativa na região Vista Alegre é maior que na região Rural.

A média geral das diferenças apresentadas entre a Estação Vista Alegre e a Estação Rural durante os meses de novembro, dezembro e janeiro é de 2,47 e o desvio padrão é de 1,31. O histograma da Figura 51 ilustra a distribuição de frequência dos valores de $\Delta UR\%_{VISTA\ ALEGRE - RURAL}$

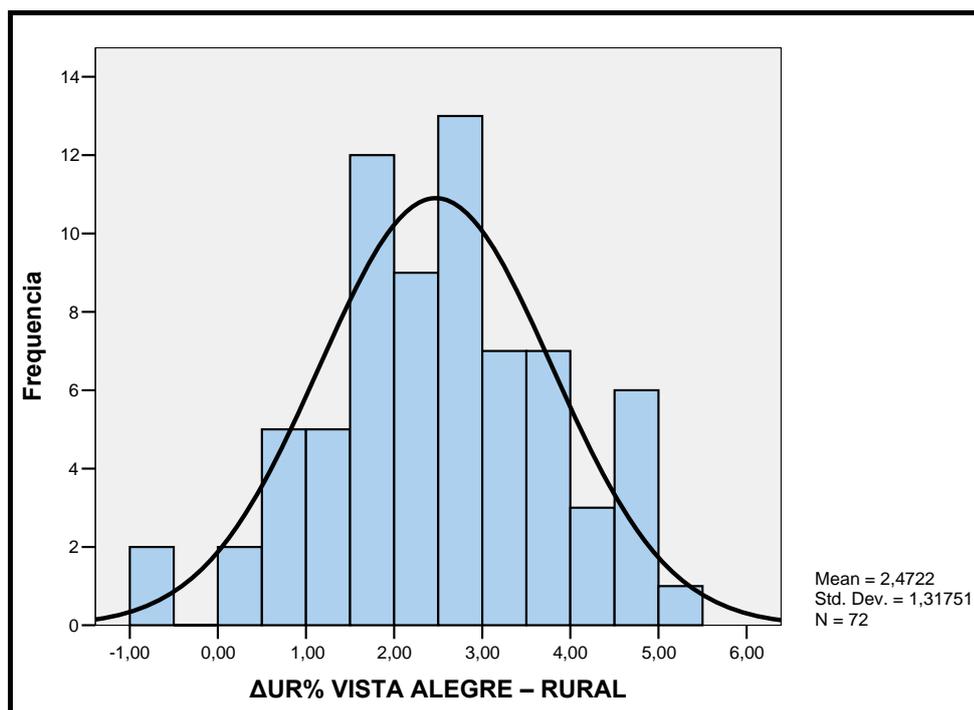


FIGURA 51 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de umidade relativa da Estação Vista Alegre – Estação Rural (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

Como se pode observar, a maioria dos valores de $\Delta UR\%_{VISTA\ ALEGRE - RURAL}$ é positiva e se distribui seguindo a tendência da curva normal do histograma. Esse comportamento evidencia que a média de umidade relativa obtida durante os meses da estação chuvosa é representativa para a diferença entre essas duas estações.

5.2.2.3 Médias da umidade absoluta da estação chuvosa

TABELA 19 – Estatística descritiva das médias de umidade absoluta do mês de novembro/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Rural	17,75 g/m ³	18,83 g/m ³	18,40 g/m ³	0,25 g/m ³
Estação Vista Alegre	19,20 g/m ³	20,66 g/m ³	19,93 g/m ³	0,43 g/m ³
Estação Centro	18,17 g/m ³	19,28 g/m ³	18,73 g/m ³	0,29 g/m ³
Estação Santa Izabel	18,65 g/m ³	20,08 g/m ³	19,43 g/m ³	0,62 g/m ³

TABELA 20 – Estatística descritiva das médias de umidade absoluta do mês de dezembro/2007

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Rural	18,04 g/m ³	19,35 g/m ³	18,83 g/m ³	0,33 g/m ³
Estação Vista Alegre	19,42 g/m ³	20,99 g/m ³	20,22 g/m ³	0,43 g/m ³
Estação Centro	18,30 g/m ³	19,97 g/m ³	19,98 g/m ³	0,47 g/m ³
Estação Santa Izabel	18,88 g/m ³	20,71 g/m ³	19,70 g/m ³	0,54 g/m ³

TABELA 21 – Estatística descritiva das médias de umidade absoluta do mês de janeiro/2008

	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
Estação Rural	18,68 g/m ³	19,58 g/m ³	18,97 g/m ³	1,06 g/m ³
Estação Vista Alegre	19,59 g/m ³	21,52 g/m ³	20,54 g/m ³	0,54 g/m ³
Estação Centro	18,93 g/m ³	20,58 g/m ³	19,63 g/m ³	0,49 g/m ³
Estação Santa Izabel	18,77 g/m ³	20,88 g/m ³	19,81 g/m ³	0,72 g/m ³

As tabelas 19, 20 e 21 mostram que as maiores médias de umidade absoluta são encontradas na região da Estação Vista Alegre durante os três meses de observação da estação chuvosa, sendo que o maior valor observado foi de 20,54 g/m³, no mês de janeiro. As menores médias, por sua vez, pertencem à região da Estação Centro, e o menor valor encontrado foi de 18,40 g/m³, no mês de novembro.

Assim como na estação seca, os valores máximos observados nesse período chuvoso ocorrem sempre na Estação Vista Alegre e os valores mínimos na região da Estação Centro. Porém, observa-se que a diferença entre os maiores e menores valores é bem menor nessa época de chuvas.

O comportamento das médias horárias de umidade absoluta durante cada mês de observação da estação seca é mostrado na Figura 52.

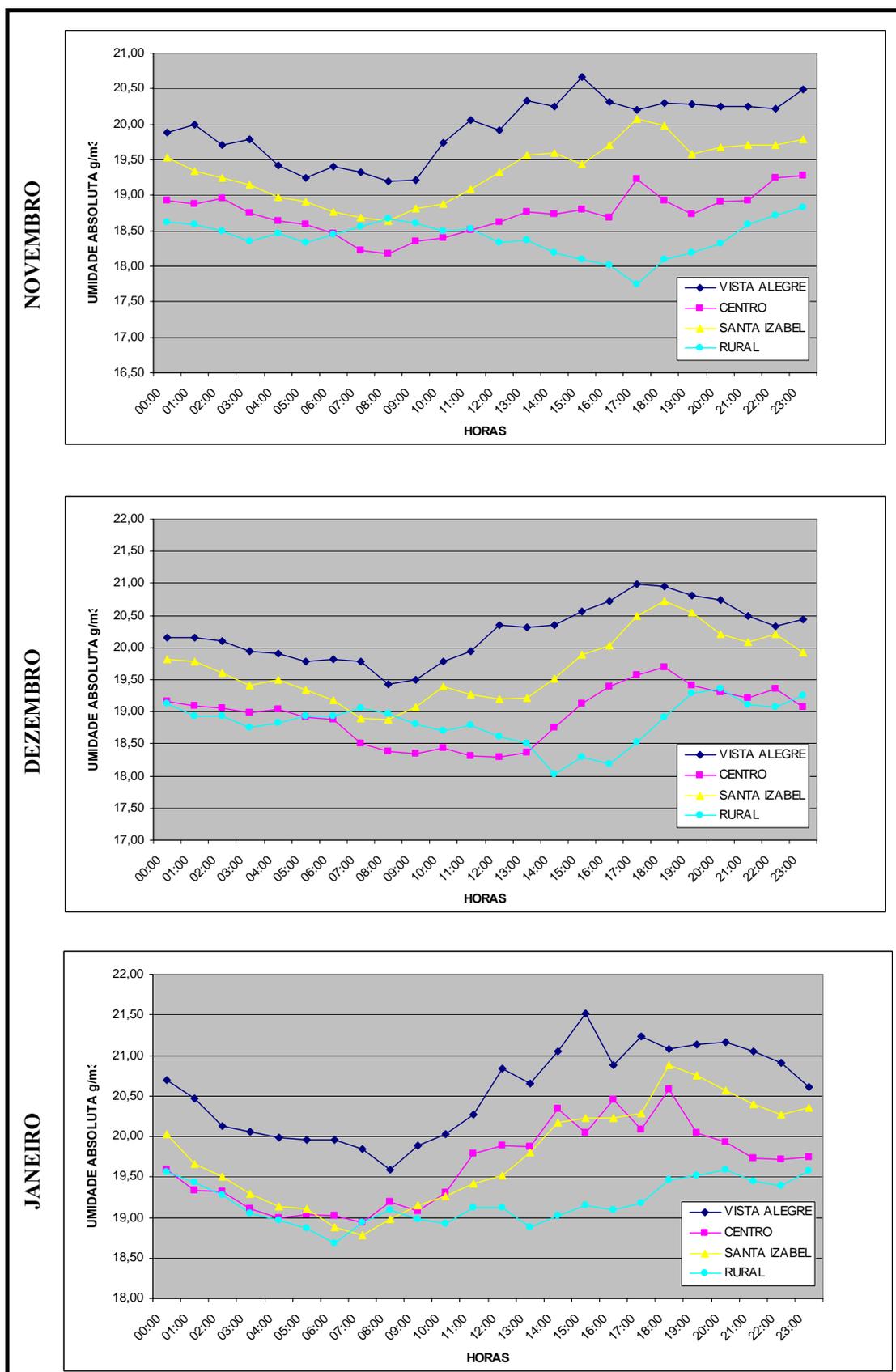


FIGURA 52 – Comparação entre os gráficos das médias horárias de umidade absoluta da estação chuvosa (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

Observando o comportamento da curva correspondente à Estação Vista Alegre, é possível notar que os maiores valores registrados nos três meses correspondem a pontos dessa linha, sendo eles $20,66 \text{ g/m}^3$, às 15:00 horas, para mês de novembro; $20,99 \text{ g/m}^3$, às 17:00 horas, para o mês de dezembro; e $21,52 \text{ g/m}^3$, às 15:00 horas, para o mês de janeiro.

Os menores valores de umidade absoluta mostrados ocorrem sempre na linha correspondente à Estação Rural. Para o mês de novembro tem-se o valor de $17,75 \text{ g/m}^3$, às 17:00 horas, para o mês de dezembro, $18,04 \text{ g/m}^3$, às 14:00 horas e, por fim, para o mês de janeiro, $18,68 \text{ g/m}^3$, às 6:00 horas.

No decorrer do dia, as médias registradas nas estações possuem uma amplitude de $0,9 \text{ g/m}^3$ até $2,11 \text{ g/m}^3$, sendo que as menores variações, durante o período chuvoso observado, ocorrem sempre na Estação Rural, e as maiores variações ocorrem na Estação Santa Izabel. Ou seja, a curva que apresenta menor variação de temperatura ao longo do dia pertence à Estação Rural, e a curva que possui a maior variação de temperatura ao longo do dia pertence à estação Rural.

A Figura 53 ilustra a comparação entre a região da Estação Vista Alegre, região de maior umidade absoluta, com as outras regiões estudadas, através dos gráficos das seguintes diferenças:

1. $\Delta U A_{\text{VISTA ALEGRE} - \text{CENTRO}}$
2. $\Delta U A_{\text{VISTA ALEGRE} - \text{SANTA IZABEL}}$
3. $\Delta U A_{\text{VISTA ALEGRE} - \text{RURAL}}$

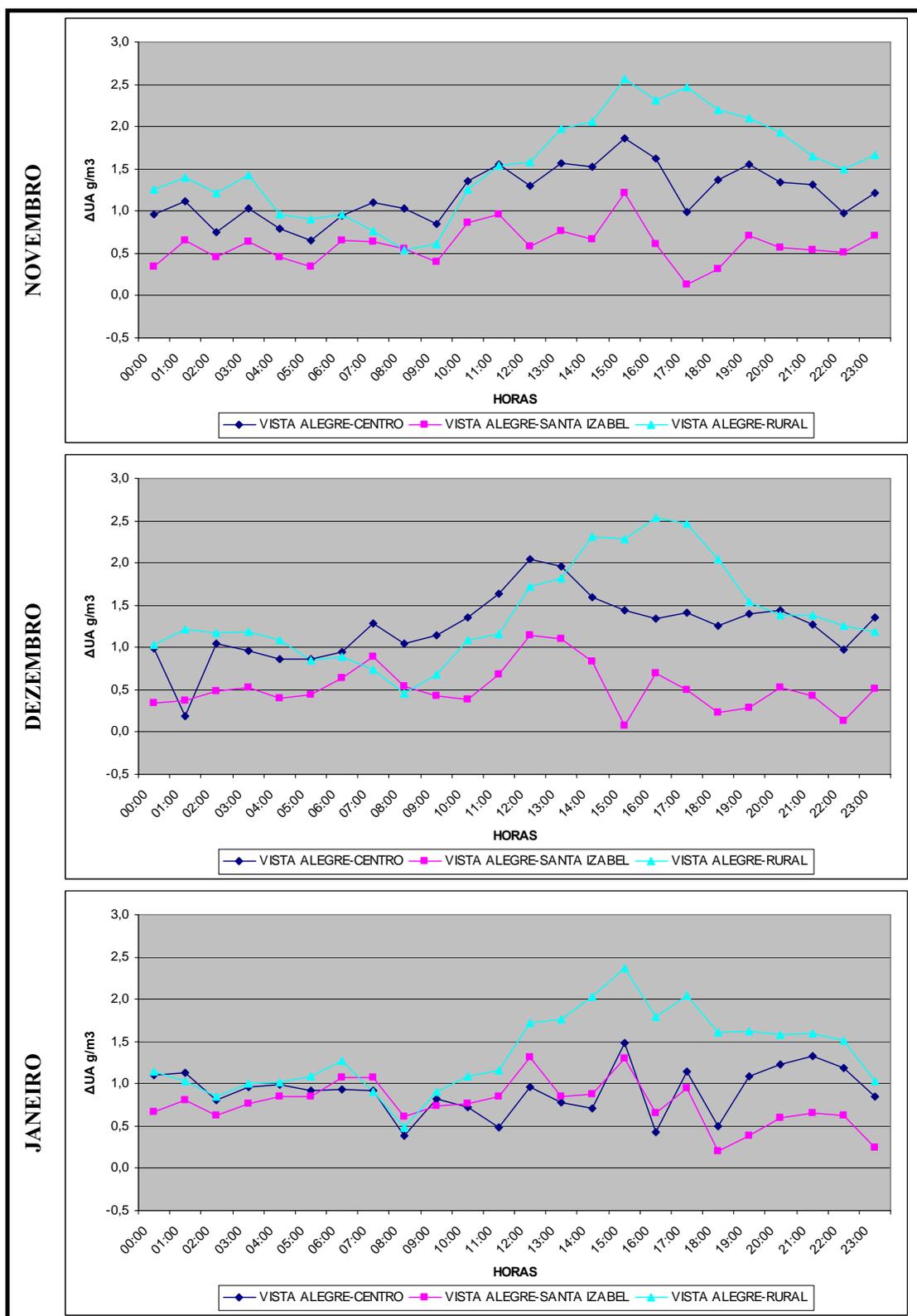


FIGURA 53 – Comparação entre $\Delta U_{A_{CENTRO-VISTA ALEGRE}}$, $\Delta U_{A_{CENTRO-SANTA IZABEL}}$ e $\Delta U_{A_{CENTRO-RURAL}}$ da estação chuvosa (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

Observando as curvas dos gráficos da Figura 53, nota-se que as diferenças das médias horárias de umidade absoluta entre as estações variam sempre entre 0 e $2,5\text{g/m}^3$, sendo que essa variação segue sempre o mesmo comportamento durante os meses de novembro, dezembro e janeiro. Isso evidencia uma situação de regularidade no perfil de umidade absoluta da cidade durante os três meses da estação chuvosa.

Observando as curvas referentes à diferença entre a Estação Vista Alegre e a Estação Santa Izabel, notam-se as menores diferenças encontradas durante os três meses da estação chuvosa, sendo que o menor valor encontrado foi de $0,13\text{g/m}^3$.

A média geral das diferenças apresentadas entre a Estação Vista Alegre e a Estação Centro na estação chuvosa é de $1,11\text{g/m}^3$, e o desvio padrão é de $0,35\text{g/m}^3$. A Figura 54 ilustra o comportamento da distribuição de frequência de $\Delta U A_{\text{VISTA ALEGRE - CENTRO}}$ através de um histograma.

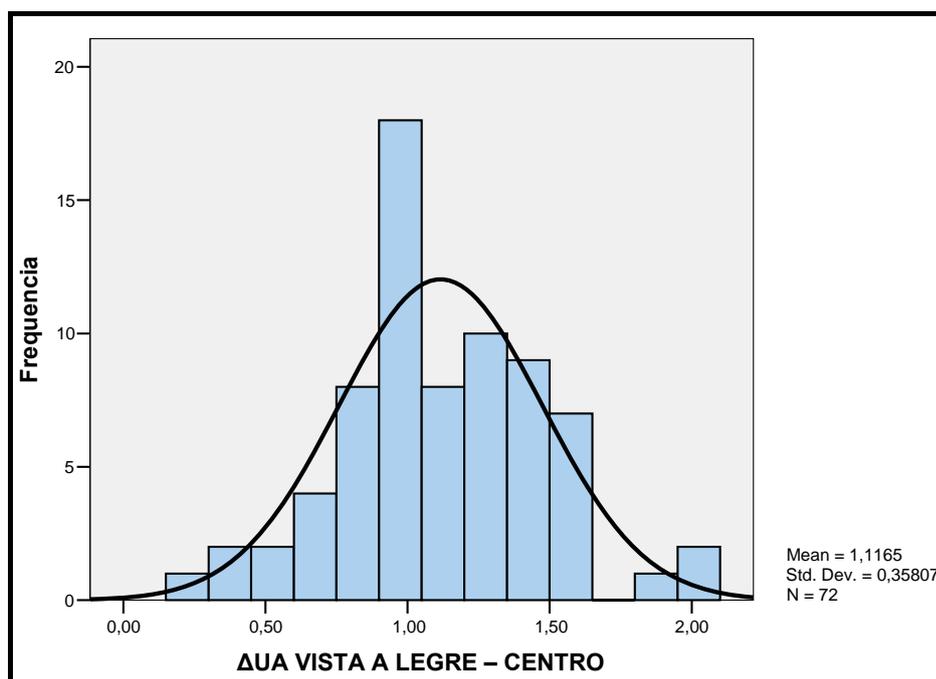


FIGURA 54 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de temperatura da Estação Centro – Estação Vista Alegre (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

De uma forma geral, os valores acompanham a curva normal do histograma, com exceção dos valores mais próximos a $1,00\text{g/m}^3$, que aparecem com maior frequência, sendo representados pela maior barra do histograma.

Retomando o conjunto de gráficos exibidos anteriormente, na Figura 53 e analisando as diferenças entre as Estações Vista Alegre e Santa Izabel, observa-se que os valores máximos aparecem durante o início da tarde, entre 12:00 e 15:00 horas. A maior diferença encontrada entre essas duas estações foi de 1,31 g/m³, às 12:00 horas do mês de janeiro.

As menores diferenças foram detectadas durante o final da tarde e no período da noite. O valor mais próximo de zero encontrado foi de 0,13 g/m³, acontecendo em dois momentos: no mês de novembro, às 17:00 horas, e no mês de dezembro, às 22:00 horas. Por fim, observa-se que não houve valores negativos na estação chuvosa.

A média geral das diferenças encontradas entre as Estações Vista Alegre e Santa Izabel, no período da seca, foi de 0,62 g/m³ e o desvio padrão foi de 0,27 g/m³. O histograma da Figura 55 mostra a distribuição dos valores de $\Delta U A_{VISTA ALEGRE - SANTA IZABEL}$.

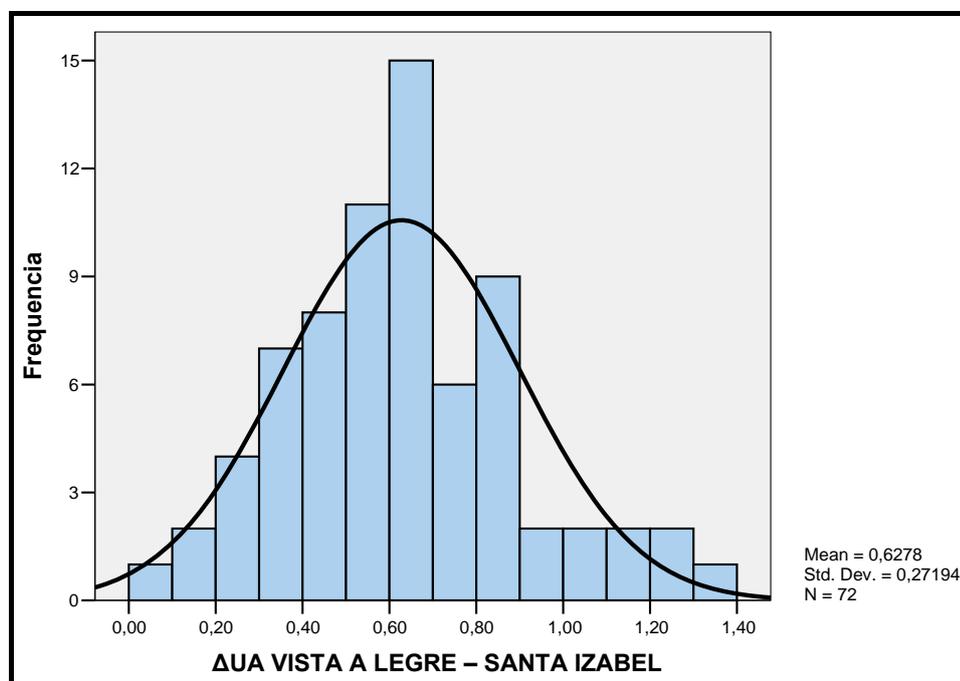


FIGURA 55 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de temperatura da Estação Centro – Estação Santa Izabel (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

Por fim, novamente na Figura 53, a última curva analisada correspondente à diferença entre as Estações Vista Alegre e Rural, onde se encontram os maiores valores de ΔUA observados durante os meses de novembro, dezembro e janeiro.

As maiores diferenças entre essas duas estações apresentam seus valores máximos sempre no início da tarde, das 12:00 às 15:00 horas. Os maiores valores mostrados nos gráficos foram: $1,86\text{g/m}^3$, às 15:00 horas do mês de novembro, $2,05\text{g/m}^3$, às 12:00 horas no mês de dezembro e $1,48\text{g/m}^3$, às 15:00 horas do mês de janeiro. Já as menores diferenças foram encontradas sempre às 8:00 horas, durante os três meses. O menor valor observado é de $0,46\text{g/m}^3$ e ocorreu no mês dezembro.

A média geral das diferenças apresentadas entre a Estação Vista Alegre e a Estação Rural no período chuvoso é de $1,42\text{g/m}^3$ e o desvio padrão é de $0,53\text{g/m}^3$. A Figura 56 corresponde ao histograma de frequência das médias de $\Delta UA_{\text{VISTA ALEGRE}} - \text{RURAL}$.

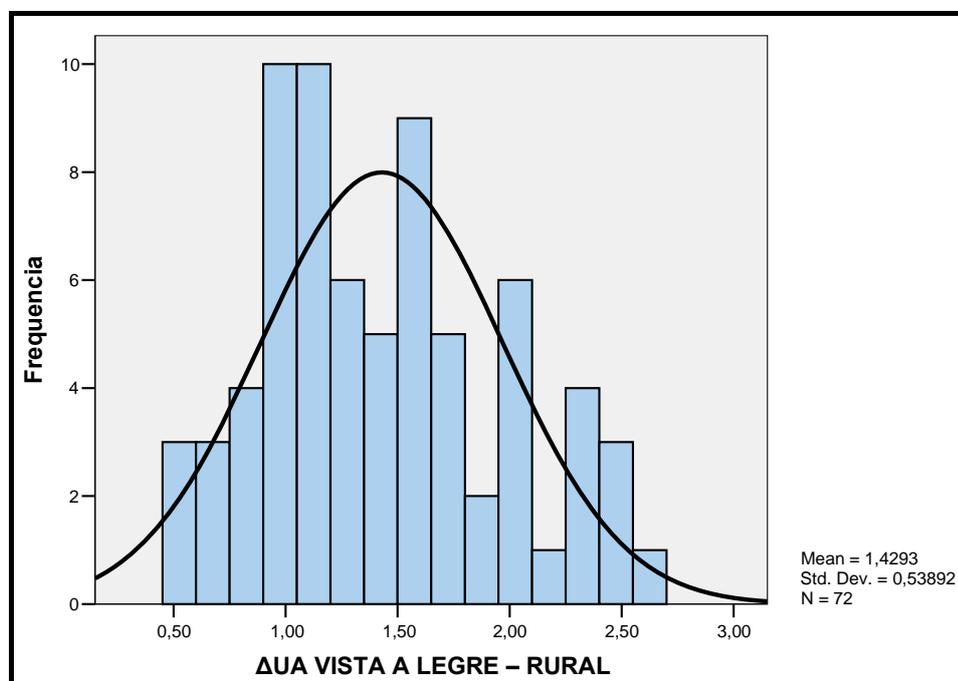


FIGURA 56 – Distribuição da frequência das diferenças entre as médias de temperatura da Estação Centro – Estação Rural (novembro e dezembro/2007 e janeiro/2008).

Percebe-se que a maioria dos valores apresentados distribui-se acompanhando a curva normal do histograma, porém é possível notar que alguns valores, próximos de $1,00 \text{ g/m}^3$, $1,50 \text{ g/m}^3$ e $2,00 \text{ g/m}^3$, aparecem um pouco acima da média esperada.

5.3 Resultado das Medidas Móveis de Temperatura

Neste subitem serão apresentados e analisados os dados de temperatura coletados através das medidas itinerantes. Assim como nos dados coletados através das estações fixas, os dados das medidas móveis também foram organizados considerando a época de coleta, ou seja, estação seca e estação chuvosa.

Durante a estação seca foram realizadas seis medições. Durante esse período, as condições de tempo mantiveram-se estáveis, sem ocorrência de chuvas e vento fraco ou inexistente. Em alguns dias, o céu apresentava-se claro e limpo, porém, em outros, estava coberto por fumaça decorrente de queimadas. A temperatura é geralmente elevada e a umidade do ar é baixa, mas é comum, nessa época do ano, a entrada de frentes frias, ocasionando quedas de temperatura, constituindo-se no fenômeno da friagem.

As Figuras 57, 58 e 59 ilustram o comportamento do perfil térmico horizontal medido pelo transecto. O perfil da ocupação do solo é esquematizado no eixo em paralelo ao eixo horizontal dos gráficos.

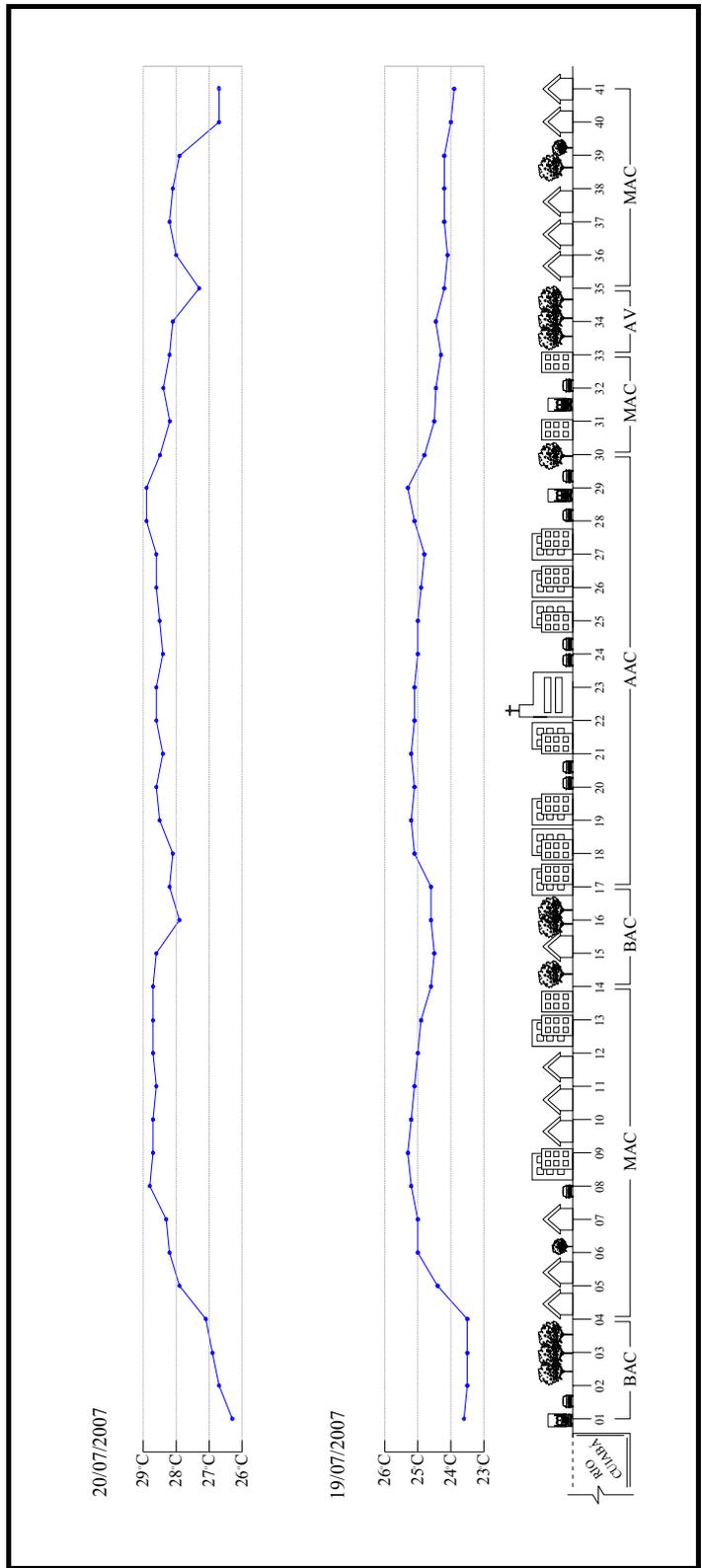


FIGURA 57 – Variações horizontais da temperatura associada ao perfil e urbanização da cidade. Julho.
 (AAC - Alto adensamento construtivo; MAC - Médio adensamento construtivo; BAC – Baixo adensamento construtivo; AV - Área Verde)

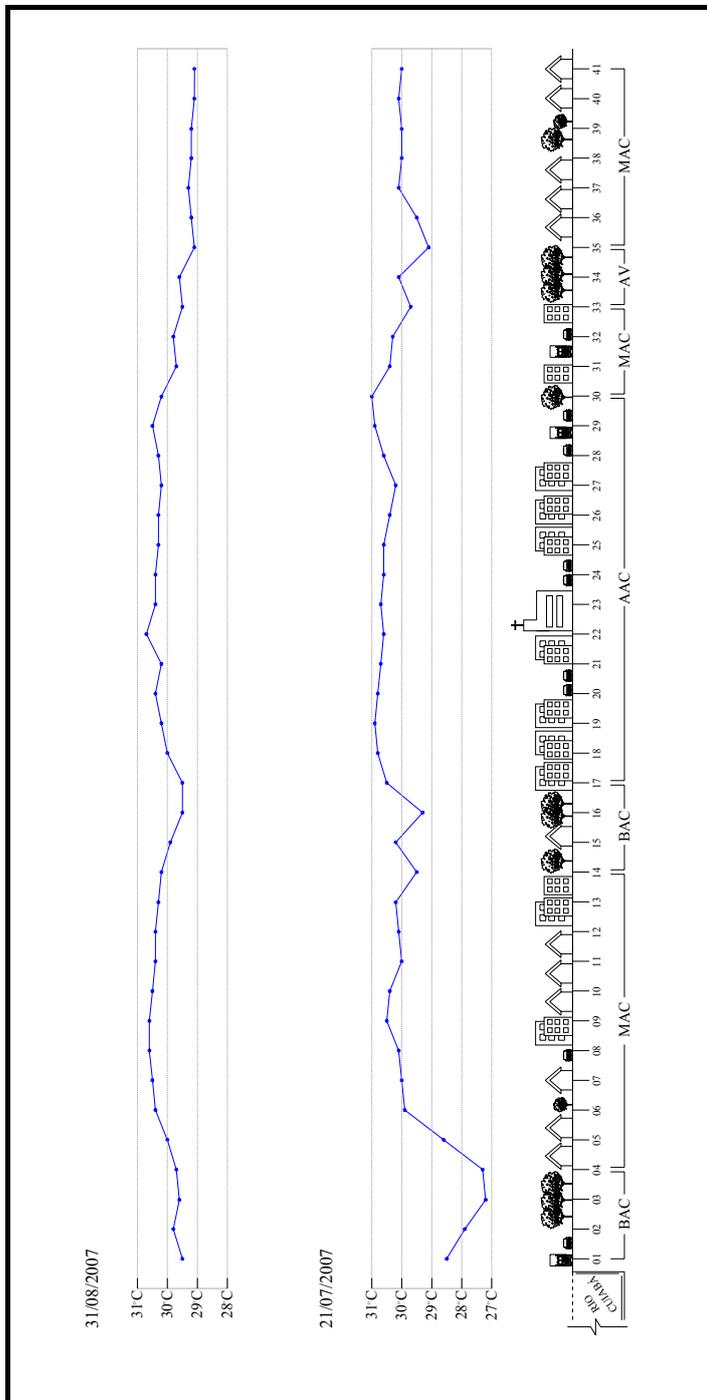


FIGURA 58 – Variações horizontais da temperatura associada ao perfil e urbanização da cidade. Jul/Ago
 (AAC - Alto adensamento construtivo; MAC - Médio adensamento construtivo; BAC – Baixo adensamento construtivo; AV - Área Verde)

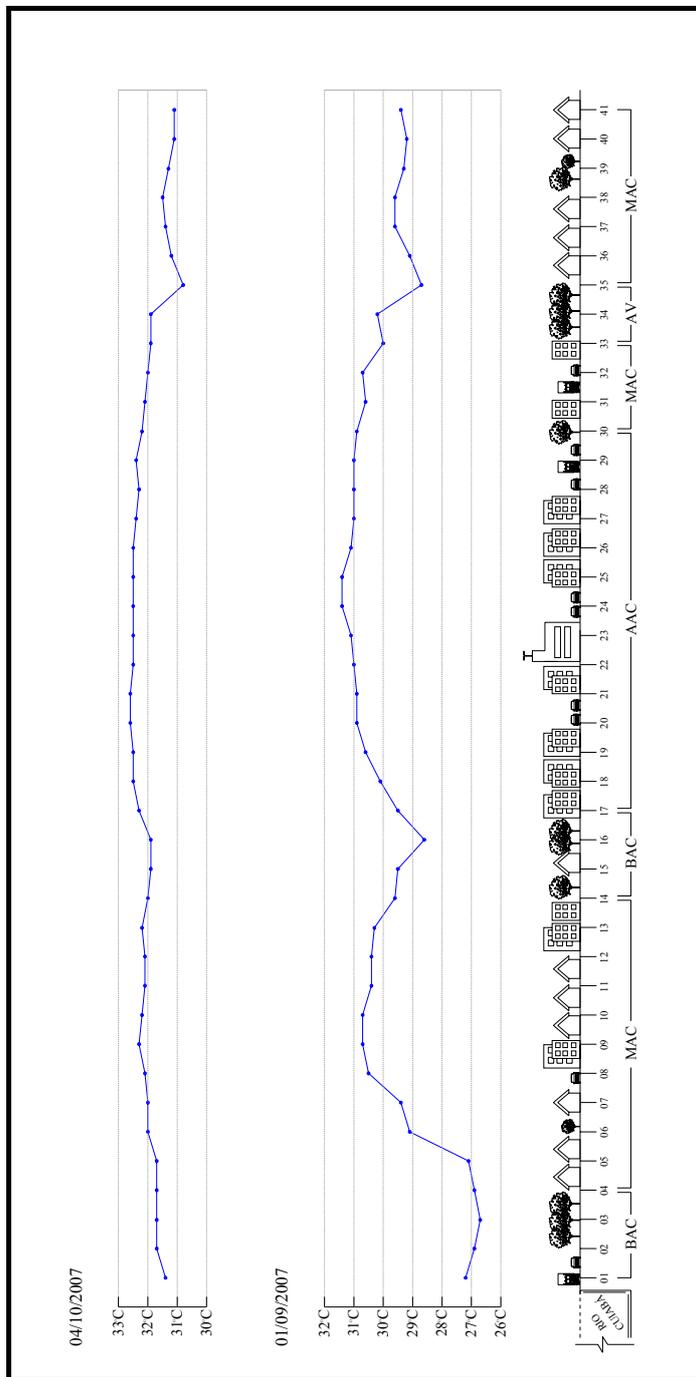


FIGURA 59 – Variações horizontais da temperatura associada ao perfil e urbanização da cidade. Set/Out. (AAC - Alto adensamento construtivo; MAC - Médio adensamento construtivo; BAC – Baixo adensamento construtivo; AV - Área Verde)

A Tabela 22 mostra os pontos onde foram encontradas as maiores e menores temperaturas para cada transecto realizado.

TABELA 22 – Comparação entre as maiores e menores temperaturas encontradas durante a estação seca em medição por transecto.

Dia do Transecto	Temperatura máxima	Ponto da Temp. Máx.	Temperatura mínima	Ponto da Temp. Mín.	Amplitude térmica
19/07/2007	25,3 °C	29	23,5 °C	2, 3, 4	1,8 °C
20/07/2007	28,9 °C	28, 29	26,3 °C	1	2,6 °C
21/07/2007	31,0 °C	30	27,2 °C	3	3,8 °C
31/08/2007	30,7 °C	22	29,1 °C	40, 41	1,6 °C
01/09/2007	31,4 °C	24, 25	26,7 °C	3	4,7 °C
04/10/2007	32,6 °C	20, 21	30,8 °C	35	1,8 °C

Pode ser observado que as maiores temperaturas são encontradas no final da Avenida Couto Magalhães e início da Avenida Júlio Campos, essas regiões têm em comum o tráfego intenso e o baixo índice de área verde. Já as menores temperaturas sempre ocorreram em regiões com vegetação remanescente, ou seja, em locais com alto índice de área verde. A maior amplitude térmica encontrada para a estação seca foi no dia 01 de setembro de 2007 e corresponde ao valor de 4,7°C, já o menor valor, 1,6°C ocorreu no dia 31 de agosto de 2007.

Nota-se ainda que as diferenças de temperatura encontradas no transecto móvel são maiores do que as encontradas pela medição fixa. Tal fato pode ser explicado pela altura do sensor de temperatura, que, no transecto, está instalado a uma altura média de 1,60m do solo, e, por isso, acaba captando uma maior influência da urbanização nas variáveis observadas. Assim, percebem-se mais nitidamente as variações climáticas das diversas tipologias da cidade.

5.4 Síntese dos Resultados

Os resultados obtidos mostraram que os maiores valores de temperatura e os menores valores de umidade relativa são encontrados nos grandes corredores comerciais da cidade – áreas de alta densidade urbana, impermeabilização completa do solo, arborização escassa e fluxo constante e intenso de veículos.

Dessa forma, análise dos dados evidenciou para Várzea Grande a tendência de um perfil térmico muito próximo ao modelo tradicional, hipotetizado por Oke (1987) (conforme seção II), pois muitas vezes o pico de temperatura coincidiu com a área mais urbanizada da cidade (os corredores comerciais). Porém, optou-se por não considerar a ilha de calor nessa cidade como um fenômeno consolidado, mas sim em processo de formação, uma vez que as diferenças térmicas e de umidade decorrentes do uso do solo urbano apresentam valores bem menores dos que os encontrados nos trabalhos de Maitelli (1994), Zamparoni (1995), Rosa (1999), Duarte (2000), Pinho (2003), para outras localidades de Mato Grosso.

A cidade de Várzea Grande possui uma conformação urbana bastante peculiar. Conforme dito na seção III, não existe a presença de um centro comercial bem definido, mas sim de corredores comerciais que se estendem ao longo das vias de maior fluxo, mesclando-se com áreas residenciais, numa organização notadamente horizontal, ou seja, quase sem a presença de grandes edifícios. Esta forma de organização urbana pode contribuir para a minimização do processo de formação de bolsões de calor.

“No caso de Várzea Grande”, o impacto da urbanização sobre o clima é mais evidente na estação seca, quando se tem uma maior estabilidade atmosférica. Já na estação chuvosa, onde se observa uma maior instabilidade atmosférica, os efeitos da urbanização no clima são minimizados. Logo, não é possível perceber diferenças notáveis entre as diversas tipologias de ocupação do solo monitoradas.

Observou-se, ainda, que as regiões onde se encontravam as condições mais amenas e agradáveis estavam sempre situadas próximas a locais de vazios urbanos com presença de vegetação nativa. É sabido que a presença da vegetação auxilia de forma relevante no processo de amenização climática do meio urbano, pela criação

de microclimas agradáveis, que contribuem para o conforto ambiental e para o bem-estar dos cidadãos.

Contudo, os resultados da região rural em comparação com os das regiões urbanas desautorizam a imagem do campo como *locus amoenus*, lugar-comum da ideologia anti-cidade. O microclima da região rural monitorada apresentou, em muitos momentos, condições mais severas do que o das áreas urbanas. Por exemplo, no mês de julho, a região da Estação Rural esteve até 1,22° C mais quente do que a região da Estação Centro, que apresentava a maior temperatura observada na região urbana. Os resultados de umidade absoluta também evidenciaram que a área rural apresentou, na maioria das vezes, os menores valores observados. Dessa forma, é possível refutar a idéia de que as regiões rurais representam sempre um oásis do conforto climático, independente de suas características naturais. No caso em questão, a vegetação esparsa, o solo altamente compactado e a inexistência de corpos d'água próximo ao local monitorado colaboraram para tal resultado. Por fim, é válido ressaltar que a urbanização, quando feita através de um processo bem planejado, pode contribuir para amenização das adversidades climáticas.

6. Conclusão

Nesse estudo investigou-se a relação existente entre o clima da cidade de Várzea Grande e o uso e ocupação do solo. Chegando, agora, ao final da análise, é hora de tecer algumas considerações a respeito dos resultados obtidos ao longo do caminho trilhado nessa pesquisa.

É fato que o processo de urbanização altera o clima nas cidades, porém, nem sempre essa alteração gera impactos negativos. No caso da cidade de Várzea Grande – localizada numa região tropical, na depressão cuiabana, caracterizada pela baixa velocidade dos ventos e alta temperatura do ar ao longo do ano – os efeitos da urbanização podem alterar negativamente o clima. Contudo, há exemplos de processos de urbanização onde o planejamento melhorou o clima original do local, como no caso de Sevilha, onde Escuela Suprema de Ingeniería de Sevilla desenvolveu e realizou, no âmbito da Feira Internacional EXPO '92, um conjunto de espaços exteriores diferentes, extremamente atrativos e com um excelente desempenho, em termos de conforto. Em alguns destes espaços exteriores foi possível baixar, em pleno verão, a temperatura em 10°C, quando comparada com a temperatura exterior local.

Durante a pesquisa de campo, constatou-se que a cidade apresenta inúmeros vazios urbanos, provavelmente decorrentes da especulação imobiliária. Em vista dos resultados evidenciados por essa pesquisa, sugere-se a implantação de uma política de ampliação de áreas de preservação da vegetação nativa e de criação de áreas verdes, como, por exemplo, parques, como faz a prefeitura de Sacramento na Califórnia (EUA), incentivando a preservação, manutenção e criação de áreas verdes, mediante política de incentivos fiscais.

Sugere-se, assim, a implementação de ações de planejamento urbano, ou seja, a regularização dos loteamentos respeitando as porcentagens de área verde exigidas pela legislação, reordenação do fluxo de veículos, com a finalidade de conter o processo de formação da ilha de calor e de minimizar as influências da urbanização no clima.

Reconhece-se que, para traçar um perfil completo do comportamento térmico e de umidade da cidade de Várzea Grande, seriam necessários muitos outros pontos de observação, além dos utilizados neste trabalho. Ressente-se, também, da falta de informações acerca do processo de urbanização e da inexistência de mapas e cadastros atualizados da cidade.

Por fim, investigações como a realizada nesse estudo podem contribuir para reforçar o respaldo científico e a justificativa de políticas públicas tanto para a manutenção do processo de organização do crescimento urbano quanto para as políticas de preservação ambiental. Diante disso, reafirma-se a necessidade de instrumentos básicos para o gerenciamento urbano, como o plano diretor (com um sistema de gestão que trabalhe os aspectos sociais, urbanos e ambientais conjuntamente), serem encarados com responsabilidade e seriedade pelo poder público.

7. Referências Bibliográficas

7.1 Bibliografia Citada

ADEBAYO, Y. R. A note on the effect of urbanization on temperature in Ibadan. **Journal of Climatology**, Horin-Nigéria, Vol. 07. p. 185-192. 1987.

ALMEIDA JÚNIOR, N. L. **Proposta Metodológica para Controle Natural da Temperatura em Meio Urbano: O Caso de Cuiabá/MT**. 2005. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2005.

ALMEIDA, S.; BRITO, J. R. S. Estudo de Clima Urbano na Estação Seca em Chapada dos Guimarães. In: **XI Encontro de Iniciação Científica**, 2003, Cuiabá. Anais. Cuiabá: PROPEQ/EdUFMT, 2003.

ASSIS, E. S. **Impactos da forma urbana na mudança climática: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano**. 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1988.

BAPTISTA, G. M. M. Ilhas urbanas de calor. **Scientific American Brazil**. São Paulo, Ano 01, N°08, 2003.

BARBUGLI, R. A. **Influência do ambiente construído na distribuição da temperatura do ar em Araraquara/SP**. 2004. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos. 2004.

BERTALANFFY, L. The theory of open systems: goals, strategies and their evaluation. **The South African Geographical Journal**. Vol. 54. 1972

BLANKENSTEIN, S; KUTTLER, W. Mobile measurements of downward longwave radiation in street canyons. In: FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 2003, Ploand. **Book of Abstracts**. Lodz: Departament of Meteorology and Climatology of University of Lodz, 2003. p.43.

BRANDÃO, A. M. P. M. A ilha de calor de outono na cidade do Rio de Janeiro: Configurações em situações sinóticas constantes. In SANT'ANNA NETO, J. L; ZAVANTINI, J. A. (org.). **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000.

CABRAL, E. **Análise das alterações climáticas na cidade de São Paulo (1887-1995) no contexto da expansão de sua mancha urbana**.1997. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

COLTRI, P. P. **Influência do uso do solo na intensidade das ilhas de calor no município de Piracicaba**. 2006. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.

COSTA, A. D. L. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos: Uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN**. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2003.

COSTA, J. E. F. M. **Estudo da influência da área verde no clima urbano**. 1999. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 1999.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. A ilha térmica de Porto Alegre: Contribuição ao estudo do clima urbano. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, Série Monografia, n.08, 1980.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. Aspectos conceituais do sistema clima urbano: uma breve revisão bibliográfica sobre as ilhas de calor. **Caderno de Geociências**. Rio de Janeiro, Nº15, julho/setembro de 1995.

DUBREUIL, V. ; NEDELEC, V. ; MAITELLI, G. T., BARIOU, R. . Estudo da Urbanização e suas consequências sobre as temperaturas noturnas em Sinop/Mato Grosso. Revista **Mato-grossense de Geografia**, Cuiabá/MT, v. 07, p. 25-39, 2003.

DOURADO, S. C. **Ilhas de Calor e Urbanização na Amazônia Mato-grossense**. 2000. Trabalho e Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2000.

DUARTE, D.H.S. **Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos Na Região de Tropical Continental**. 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

GARCIA, D. Ilhas de Calor. *Arquitetura & Ambiente*. Minas Gerais, 2007. Disponível em <<http://arquiambiental.blogspot.com>>. Acessado em 25.02.2008.

GIVONI, B. Impact of planted areas on urban environmental quality: a review. **Atmospheric Environment**. Oxford, Vol. 25 b. nº03, 1991.

GUARIM, G. **Diagnóstico Florístico e Faunístico de Cuiabá**. Relatório Final para Prefeitura Municipal de Cuiabá. Cuiabá, 1990.

JAUREGUI, E. (1979) – La Isla de Calor em Toluca, México. **Boletim Del Instituto de Geografia**, México, nº 9, 1979

KLISIK, K; FORTUNIAK, K. Observed UHI intensity in Lodz – definition and typical values. In: FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 2003, Ploand. **Book of Abstracts**. Lodz: Departament of Meteorology and Climatology of University of Lodz, 2003. p.51.

LANDESBURG, H. E. The urban climate. **International Geophysics Series**. **Institute for Physical Science and Technology**. Maryland, Vol. 28, 1981.

LOMBARDO, M. A **Ilhas de Calor nas Metrôpoles – O exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

_____. O Clima e a cidade. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 4. 1997, Salvador. **Anais**. Salvador, 1997.

LOMBARDO, M. A. Vegetação e Clima. In: III ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA. 3, 1990. **Anais**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba, 1990.

MAITELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá – MT**. 1994. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

MAITELLI, G. T. Temperature trends through urbanization in a tropical continental city of Cuiabá/MT, Brazil, 1920-1992.. In: **2ª European Conference on Applied Climatology, ECAC 98**, 1998, Viena/Austria. 2ª European Conference on Applied Climatology, ECAC 98. Viena/Austria: Central Institute for Meteorology and Geodynamics, 1998. p. CD 02-CD 07.

MAITELLI, G. T. . Urban Heat Islands in the Amazon Basin: the cities of Sinop and Lucas do Rio Verde, Mato Grosso/Brasil. In: **Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium**, 1999, Sidney. 15 International Congress of Biometeorology & International Conference on Urban Climatology. Sidney/Austrália: Wesley Conference Centre, 1999. v. CD. p. 2.15-2.20

MAITELLI, G.T., ZAMPARONI, CAGP & LOMBARDO. M. A. Ilha de Calor em Cuiabá/MT: Uma abordagem de Clima Urbano Local. In: III ENCONTRO NACIONAL DOS ESTUDOS SOBRE MEIO AMBIENTE. 3. 1991, Londrina. **Anais**. Vol. 1. Londrina, 1991.

MAITELLI, G.T; CHILETTO E.D; ALMEIDA JUNIOR, N. L. Intensidade da ilha de calor em Cuiabá/MT, na estação chuvosa. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. 13, 2004, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza, 2004.

MASCARÓ, Juan Lins. **Loteamentos Urbanos**. 1 ed. Porto Alegre: L. Mascaró, 2003.

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; ZAVANTINI, J. A. (org). **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: EDUEM, 2000.

MONTEIRO, C. A. F. e MENDONÇA, F. (org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular os estudos geográficos do clima urbano do Brasil. **GEOSUL**. Florianópolis, p.7-19, 1990.

_____. **Teoria e Clima Urbano**. (Série Teses e Monografias). São Paulo: IGEOG-USP, 1976.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

OKE, T. R. Review of urban climatology. **WMO Tech.** Note 169. Geneva, N°539, 1979.

_____. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**. Reino Unido, Vol. 108, n. 455, p. 1-24. Janeiro, 1982.

_____. The micrometeorology of the urban forest. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. London, Series B, 1989.

_____. **Boundary Layer Climates**. Second Edition Routledge, London: Mathuem & CO, 1987.

_____. Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites. In: **Air Pollution Modeling and its Application XVII**, Borrego, C. and A.-L. Norman, (eds.), Springer, 2004

OKE, T. R., KALANDA, B. D. e STEYN, D. G. Parameterization of the heat storage in urban areas. **Urban Ecology** 5, p. 45-54, Abril 1981.

PINHO, J. G. **A evolução da intensidade da ilha de calor em Cuiabá-MT: 1990 a 2002**. 2003. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2003.

RIBEIRO, M. S. **Patrimônio cultural urbano: preservação e desenvolvimento**. 2000. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de Brasília. Brasília, 2000.

ROSA, G. R. **Clima urbano e o uso do solo na Amazônia Mato-Grossense: O exemplo de Sinop.** 1999. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 1999.

SAMPAIO, A. H. L. **Correlação entre uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador.** 1981. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 1981.

SANTOS, E. E. **Uso e ocupação do solo e enchentes urbanas em área tropical: o exemplo de Cuiabá/MT.** 2002. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2002

SEZERINO, M. L; MONTEIRO, C. A. F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. **GEOSUL.** Florianópolis, ano V, Nº09, p. 20-60, primeiro semestre, 1990.

SILVA, A. P. M. **Mudanças Climáticas Urbanas.** 1998. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande: 1998.

SOUZA, S.C. **Análise das variações espaciais de temperatura e umidade do ar em área urbana de Várzea Grande/MT.** 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2004.

SOUZA, S. C; MAITELLI, G. T. Mudanças climáticas na interface superfície urbanizada atmosfera. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina.** Universidade de São Paulo, 20 a 26 de março de 2005.

STULPNAGEL, A. V. The importance of vegetation for the urban climate. **Urban Ecology**, 1990.

TARIFA, J. R. AZEVEDO T. R.. (org). **Os climas na cidade de São Paulo - teoria e prática.** Coleção Novos Caminhos. São Paulo: GEOUSP, 2001.

TARIFA, J. R. **O ritmo e a prática do estudo do clima de São Paulo (1970-2000).** São Paulo: Reitoria de Cultura e Extensão da USP, 2001.

TERJUNG, W. H. e ROURKE, P. A. Relative influence of vegetation on urban energy Budgets and surface temperatures boundary layers. **Meteorology**. Vol. 21., 1981.

TIRONE, L. Espaços de Atenuação Climática. **Construção Sustentável**. Intemper, 2007. Disponível em < <http://www.construcaosustentavel.pt>> Acesso em 25.02.2008

VIDAL, R.D.M. **A influência da morfologia urbana nas alterações da temperatura do ar na cidade de Natal**. 1994. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

YAMASHITA, S; IMAMURA I. R; MONTEIRO, C. A. F. Observation of heat island in Patos and Campina Grande, Northeast Brazil. **Japan Latin American Studies**, p. 145-156, 1988

ZAMPARONI, C. A. G. P. **Desmatamento, urbanização do campo e variabilidade climática na Amazônia Mato-Grossense**. 2001. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

_____. **Ilha de calor em Barra do Bugres e Tangará da Serra: uma contribuição ao estudo de clima urbano em cidades de pequeno porte em área tropical**. 1995 Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.

ZAMPARONI, C. A. G. P; LOMBARDO, M. A. Heat island in a small tropical city. In: ICUC'96 – INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATOLOGY, 1996, Alemanha. **Book of Abstracts**. Essen: Institute of Ecology of University of Essen, Germany, 1996.

7.2 Bibliografia Consultada

AMORIM, M.C.C.T. **O clima urbano de Presidente Prudente-SP**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

ASSIS, E. S. **Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor: análise de desempenho de áreas verdes urbanas em clima tropical**. Rio de

Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990.

BRANDÃO, A. M. P. M. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (org.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BRASIL – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1970.

BRASIL – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1980.

BRASIL – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1990.

BRASIL – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico do Brasil**. Rio de Janeiro, 2000.

BRASIL – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem Populacional**. Rio de Janeiro, 1990.

CAMPBELL, G. S. **An Introduction to environmental biophysics**. Nova Iorque: Heidelberg Science Library, 1977.

CAVALHEIRO, Felisberto. Urbanização e Alterações Ambientais. In: TAUK, S. M. (organizadora). **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2 ed. São Paulo: UNESP, 1995.

CHILETTO, E. C. **Caracterização Climática da Região do Lago de Manso: Um Estudo Comparativo com a Área Urbana da Grande Cuiabá**. 2005 Dissertação Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2005.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. Considerações sobre a poluição do ar em Curitiba-PR face a seus aspectos de urbanização. In: **R. RAEGA**, UFPR, Vol. 4, p.101-110.2000.

DORNELLAS, J.P.F.; BARROS, T.C.P.; ZAMPARONI, C.A. G.P. O Ambiente Urbano e o Clima Local. . In: **II Encontro de Geografia de Mato Grosso e I Seminário de Pós-Graduação em Geografia**, 2004, Cuiabá/MT. CD

DUARTE, D. H. S. **O clima como parâmetro de projeto para a região de Cuiabá**. 1995. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – EESC/USP, 1995

DUARTE D; MAITELLI G. Urban Climate study in the mid-west region of Brazil. Relations between urban land use and microclimate conditions. ENERGY ECOLOGY ARCHITECTURE, PLEA'99. Austrália. **Anais**. Bisbane, Austrália Vol. 2. p. 801-806. 1999.

GIVONI, B. Urban design in different climates. **W.M.O Tech**. Geneva, No.346, 1989.

JAUREGUI, E. Aspects of heat-island development in Guadalajara, México. **Atmospheric Environment**. Grã-Bretanha, Vol.26 B, N° 03, p. 391-396. 1992.

LAMBERTS, R.. **Desempenho Térmico de Edificações**. Apostila. Florianópolis. 2000

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LOMBARDO, M. A. Mudanças climáticas recentes e ação antrópica. **Revista do Dep. de Geografia. FFCLCH**. São Paulo, 1994.

_____. O Processo de Urbanização e a Qualidade Ambiental – Efeitos Adversos no Clima. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, Vol.52, n.4, p. 161-166, 1990.

MAITELLI, G. T. & WILLIAMS, J. The Climate Os a Riverside City in The Amazonian Basin: Urban-Rural Differences in Temperature and Humidity, **Amazonian Deforestation and Climate**. Inglaterra, 1996.

MAITELLI, G. T. ; PINHO, J. G. ; SOUZA, S. C. . Ilhas de Calor na Depressão Cuiabana: uma comparação entre as cidades de Cuiabá e Várzea Grande. In: **V Encontro Nacional de Pós-Graduação em Geografia**. Florianópolis: MIDIA, 2003. p. 217-221.

MAITELLI, G. T. ; PINHO, J. G. ; SOUZA, S. C. . The magnitude of Urban Heat Island in the tropical continental areas in Brazil. In: **Fifth International Conference on Urban Climate**. Lodz: Joanna Wibig and Iwona Gadja-Pijanowska, 2003. v. CD-ROM. p. P2.17-21.

MARTINS, C. Q. **Efeitos do Uso do Solo no Aquecimento do Ar em ambientes Urbanos de Cuiabá/MT**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2005.

MASCARÓ, L. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: Sagra – D.C.Luzzatto Editores, 1996.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA- Modificação do clima e informe sobre mudanças climáticas. Brasília D.F. 1997.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA- Protocolo de Quito à Convenção sobre Mudanças Climáticas. Dezembro de 1997. Brasília, D.F. 2001.

MONTEITH, J. L. **Principles of environmental physics**. Londres: Edward Arnold, 1972.

NASCIMENTO, J. A. S. **Aspectos Geomórficos Naturais e Questão Ambiental da Bacia de Drenagem do Rio Acre, Amazônia, Brasil**. 1995. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.

OLIVEIRA, P. M. P. **Cidade apropriada ao clima e a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano**. Brasília: UNB, 1985

ROMERO, Marta Adriana B. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

S'ANTANNA NETO, J. L. O Clima e a Organização do Espaço, **Boletim de Geografia - Universidade Estadual de Maringá**, Maringá, Ano 16, n. 01 , 1998.

_____. Por uma Geografia do Clima – Antecedentes Históricos, Paradigmas Contemporâneos e Uma Nova Razão Para Um Novo Conhecimento, in **Terra Livre** São Paulo, n. 17, 2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. & ZAVATINI, J. A. (org). **Variabilidade e Mudanças Climáticas – Implicações Ambientais e Socioeconômicas**. Maringá: EDUEM, 2000.

ZAVATTINI, J. A. A produção brasileira em climatologia: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático. **Terra Livre**, São Paulo, Vol. 19, p. 65-100. 2003.