

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**DIMENSÃO FRACTAL E ILHAS DE CALOR  
URBANAS: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA SOBRE  
AS IMPLICAÇÕES ENTRE A FRAGMENTAÇÃO DAS  
ÁREAS VERDES E O AMBIENTE TÉRMICO DO  
ESPAÇO URBANO**

**MARCELO PAES DE BARROS**

**Orientador: Prof. Dr. CARLO RALPH DE MUSIS**

Cuiabá, MT  
Março de 2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**DIMENSÃO FRACTAL E ILHAS DE CALOR  
URBANAS: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA SOBRE  
AS IMPLICAÇÕES ENTRE A FRAGMENTAÇÃO DAS  
ÁREAS VERDES E O AMBIENTE TÉRMICO DO  
ESPAÇO URBANO**

**MARCELO PAES DE BARROS**

*Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Física Ambiental.*

**Orientador: Prof. Dr. CARLO RALPH DE MUSIS**

Cuiabá, MT  
Março de 2012

### Dados Internacionais de Catalogação na Fonte

B277d Barros, Marcelo Paes de.

Dimensão fractal e ilhas de calor urbanas: uma abordagem sistêmica sobre as implicações entre a fragmentação das áreas verdes e o ambiente térmico do espaço urbano / Marcelo Paes de Barros. – 2012.

xi, 171 f. ; 30 cm : color. (incluem figuras e tabelas)

Orientador: Carlo Ralph de Musis

Tese (doutorado) -- Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2012.

Bibliografia: f. 161-171

1. Cuiabá. 2. Clima urbano. 3. Métricas da paisagem. I. Título.

CDU 536.54:711.4(817.2)

**Catalogação na fonte: Maurício S.de Oliveira CRB/1-1860.**

# DEDICATÓRIA

Para meu Pai, Pedro, Silvana e Eduarda.

## **AGRADECIMENTOS**

- Ao Prof. Dr. Carlo Ralph De Muis, amigo e orientador, pelo constante incentivo e disponibilidade incondicional;
- Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira, cuja dedicação, tornou possível a realização desta pós-graduação;
- Aos Professores Dr. Francisco de Almeida Lobo, Dr<sup>a</sup>. Iramaia Jorge Cabral de Paulo, Dr<sup>a</sup>. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira e Dr. Sérgio Roberto de Paulo, pela confiança e apoio durante toda esta caminhada;
- Aos amigos e companheiros de trabalho e pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), que contribuíram para a realização deste trabalho;
- Aos alunos que me ajudaram a aplicar os questionários e aos moradores dos bairros pela paciência e atenção em responder os mesmos;
- À Universidade Federal de Mato Grosso.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS .....	v
LISTA DE SÍMBOLOS .....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	viii
RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	xi
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 PROBLEMÁTICA .....	1
1.2 JUSTIFICATIVA .....	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1 GEOMETRIA FRACTAL .....	6
2.1.1 A Dimensão Fractal .....	11
2.2 O CLIMA URBANO .....	16
2.2.1 A Evolução Urbana em Forma e Extensão.....	18
2.2.2 O Clima e a Estrutura Urbana.....	22
2.2.3 Métodos e Técnicas para Avaliação do Ambiente Térmico Urbano.....	27
2.2.4 A Influência do Microclima e da Configuração Espacial na Imagem de Residência de um Indivíduo .....	36
3 AMBIENTE URBANO DE ESTUDO: CUIABÁ, MT.....	40
3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	40
3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS .....	41
3.3 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	43
3.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	48
3.5 DESCRIÇÃO DOS BAIRROS .....	50
4 MATERIAIS E MÉTODOS .....	55
4.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	55
4.2 MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS.....	55
4.3 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÕES E DO PERCURSO DO TRANSECTO .....	61
4.4 CÁLCULO DA DIMENSÃO FRACTAL E DEMAIS MÉTRICAS DA PAISAGEM.....	68

4.4.1	Área da Classe ( <i>Class Area – CA</i> ) .....	72
4.4.2	Porcentagem da Paisagem ( <i>Percentage of Landscape – PLAND</i> ).....	72
4.4.3	Número de Fragmentos ( <i>Number of Patches – NP</i> ).....	72
4.4.4	Densidade de Fragmentos ( <i>Patch Density – PD</i> ) .....	73
4.4.5	Índice de Maior Fragmento ( <i>Largest Patch Index – LPI</i> ) .....	73
4.4.6	Área Média do Fragmento ( <i>Mean Patch Area – AREA</i> ) .....	73
4.4.7	Índice de Forma Ponderado pela Área ( <i>Shape Index Area- Weighted Mean – SHAPE</i> ).....	74
4.4.8	Dimensão Fractal dos Fragmentos Ponderada pela Área ( <i>Area- Weighted Mean Patch Fractal Dimension – FRAC</i> ).....	74
4.4.9	Dimensão Fractal Perímetro-Área ( <i>Perimeter-Area Fractal Dimension – PAFRAC</i> ).....	75
4.4.10	Distância Média ao Vizinho Mais Próximo Ponderada pela Área ( <i>Area-Weighted Mean Nearest Neighbor Distance – ENN</i> ) .....	75
4.4.11	Índice de Agregação ( <i>Aggregation Index – AI</i> ) .....	76
4.5	AVALIAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO.....	77
4.5.1	Instrumentação Utilizada.....	77
4.5.2	Roteiro das Medições Meteorológicas .....	80
4.5.3	Tratamento dos Dados .....	83
4.6	AVALIAÇÃO DA PREFERÊNCIA RESIDENCIAL .....	85
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	90
5.1	AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO URBANA DA CIDADE DE CUIABÁ, UTILIZANDO AS MÉTRICAS DA PAISAGEM, AO LONGO DOS ÚLTIMOS 30 ANOS .....	90
5.1.1	Descrição Quantitativa da Dinâmica da Paisagem.....	91
5.1.2	Descrição da Evolução da Complexidade e da Organização Espacial do Ambiente Urbano.....	92
5.2	CARACTERIZAÇÃO MICROMETEOROLÓGICA DO PERÍODO 2010/2011.....	96
5.2.1	Comparação dos Dados Climáticos dos Postos de Controle com a Estação Meteorológica .....	97
5.3	TRATAMENTO DOS DADOS DAS MEDIÇÕES MÓVEIS.....	101
5.3.1	Correção das Medidas Móveis .....	101

5.3.2	Avaliação dos Dados das Medidas Móveis .....	103
5.3.3	Tratamento Geoestatístico das Medidas Móveis .....	104
5.4	RELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA DO AR E A MORFOLOGIA DO BAIRRO .....	112
5.4.1	Descrição Quantitativa da Paisagem dos Bairros .....	113
5.4.2	Descrição da Complexidade e da Organização Espacial da Paisagem dos Bairros.....	115
5.4.3	A Influência da Morfologia na Temperatura Média dos Bairros .....	117
5.5	RELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA DO AR E A ÁREA DOS FRAGMENTOS ARBÓREOS DOS AMBIENTES URBANOS.....	119
5.5.1	Raios de Influência para a Estação Seca .....	120
5.5.2	Raios de Influência para a Estação Chuvosa.....	124
5.6	ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS A PARTIR DOS MAPAS DOS AMBIENTES TÉRMICOS DA ÁREA DE ESTUDO .....	130
5.6.1	Discussão dos Resultados da Estação Seca .....	130
5.6.2	Discussão dos Resultados da Estação Chuvosa.....	136
5.7	RELAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR COM A FRAGMENTAÇÃO DAS ÁREAS VERDES DE UM RECORTE DESTE AMBIENTE .....	145
5.8	ESTUDO DOS ASPECTOS QUE CONSTITUEM A IMAGEM DE RESIDÊNCIA DOS MORADORES DA ÁREA DE ESTUDO .....	150
5.8.1	Avaliação do Grau de Saturação do Padrão de Respostas.....	150
5.8.2	Análise dos Aspectos Que Constituem a Imagem de Residência da População dos Bairros .....	152
6	CONCLUSÃO .....	157
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	160
7	BIBLIOGRAFIAS .....	161
7.1	BIBLIOGRAFIAS CITADAS .....	161
7.2	BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS .....	170

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Sequência de construção da Curva de Koch.....	7
Figura 02 – Sequência de construção da conjunto Poeira de Cantor. ....	7
Figura 03 – Conjuntos de Julia. ....	8
Figura 04 – Conjunto de Mandelbrot.....	10
Figura 05 – Auto-similaridade estatística de uma samambaia.....	11
Figura 06 – Relações da dimensão de Hausdorff-Besicovitch. ....	13
Figura 07 – Planos de padrões de cidades.....	21
Figura 08 – Modelo de variograma.....	32
Figura 09 – Exemplos de distribuições de fragmentos arbóreos em um ambiente urbanizado. ....	34
Figura 10 – Mapa base da área de estudo. ....	45
Figura 11 – Mapas de Usos dos Solos de 1980 a 2010.....	46
Figura 12 – Vetor deslocamento do baricentro das áreas urbanizadas. ....	47
Figura 13 – Regiões administrativas do município de Cuiabá.....	48
Figura 14 – Ocorrência de APPs e ZIAs na Região Leste de Cuiabá.....	50
Figura 15 – Área de estudo. ....	53
Figura 16 – Roteiro metodológico para a fusão de imagens.....	57
Figura 17 – Imagens sintéticas e classificadas dos bairros Jardim das Américas, Vertical e Horizontal, e Renascer. ....	59
Figura 18 – Imagens sintéticas e classificadas dos bairros Jardim Itália, Santa Cruz e Conjunto Habitacional Maria de Lourdes. ....	60
Figura 19 – Transecto, posto de controle e pontos de referência do Jardim das Américas Vertical. ....	62
Figura 20 – Transecto, posto de controle e pontos de referência do Jardim das Américas Horizontal. ....	63
Figura 21 – Transecto, posto de controle e pontos de referência do Renascer. ....	64
Figura 22 – Transecto, posto de controle e pontos de referência do Jardim Itália. ....	65
Figura 23 – Transecto, posto de controle e pontos de referência do Santa Cruz. ....	66

Figura 24 – Transecto, posto de controle e pontos de referência do Conjunto Habitacional Maria de Lourdes.....	67
Figura 25 – Imagens representativas das classes de ocupação dos solos.....	69
Figura 26 – Recortes das imagens classificadas (2,5 km x 2,5 km). ....	69
Figura 27 – Exemplo das áreas de influência de um ponto de medição. ....	70
Figura 28 – Equipamento para medições fixas nos postos de controle. ....	77
Figura 29 – Instrumental para medições móveis. ....	78
Figura 30 – GPS e medidor de radiação solar.....	79
Figura 31 – Medidor de Estresse Térmico utilizado nos postos de controle. ....	80
Figura 32 – Calibração dos equipamentos. ....	81
Figura 33 – Evolução de algumas métricas da paisagem para o período 1980/2010. ....	94
Figura 34 – Temperatura e umidade do ar, máxima, média e mínima, e precipitação acumulada, diárias para o período de setembro de 2010 a agosto de 2011.....	97
Figura 35 – Médias horárias da temperatura do ar, em °C, nos postos de controle e na Estação Meteorológica do Aeroporto Marechal Rondon (AMR) para os dias de medições.....	99
Figura 36 – Temperatura do ar e horários de registros em 3 pontos de referência do bairro Renascer. ....	102
Figura 37 – Evolução da temperatura do ar no bairro Renascer registrada pelo equipamento fixo. ....	103
Figura 38 – Evolução da temperatura do ar nos pontos de referência registrada pelo equipamento móvel. ....	104
Figura 39 – Semivariograma base referente ao transecto das 08 h da estação seca.....	105
Figura 40 – Semivariograma base referente ao transecto das 14 h da estação seca.....	107
Figura 41 – Semivariograma base referente ao transecto das 20 h da estação seca.....	108
Figura 42 – Semivariograma base referente ao transecto das 8 h da estação chuvosa. ....	109

Figura 43 – Semivariograma base referente ao transecto das 14 h da estação chuvosa. ....	110
Figura 44 – Semivariograma base referente ao transecto das 20 h da estação chuvosa. ....	111
Figura 45 – Temperatura média do ar por bairro para o período de medições. ....	118
Figura 46 – Distribuição da temperatura do ar às 08 h da estação seca em função do percentual de área verde para um raio de influência de 500 m. ....	120
Figura 47 – Temperatura média do ar por faixas de percentuais de vegetação arbórea para um raio de influência de 500 m e o registro de temperatura mínima às 08 h da estação seca. ....	121
Figura 48 – Distribuição da temperatura do ar às 14 h da estação seca em função do percentual de área verde para um raio de influência de 500 m. ....	122
Figura 49 – Temperatura média do ar por faixas de percentuais de vegetação arbórea para um raio de influência de 500 m e o registro de temperatura mínima às 14 h da estação seca. ....	122
Figura 50 – Distribuição da temperatura do ar às 20 h da estação seca em função do percentual de área verde para um raio de influência de 200 m. ....	123
Figura 51 – Temperatura média do ar por faixas de percentuais de vegetação arbórea para um raio de influência de 200 m e o registro de temperatura mínima às 20 h da estação seca. ....	124
Figura 52 – Distribuição da temperatura do ar às 08 h da estação chuvosa em função do percentual de área verde para um raio de influência de 200 m. ....	124
Figura 53 – Temperatura média do ar por faixas de percentuais de vegetação arbórea para um raio de influência de 200 m e o registro de temperatura mínima às 08 h da estação úmida. ....	125
Figura 54 – Distribuição da temperatura do ar às 14 h da estação chuvosa em função do percentual de área verde para um raio de influência de 500 m. ....	126
Figura 55 – Temperatura média do ar por faixas de percentuais de vegetação arbórea para um raio de influência de 500 m e o registro de temperatura mínima às 14 h da estação úmida. ....	126
Figura 56 – Distribuição da temperatura do ar às 20 h da estação chuvosa em função do percentual de área verde para um raio de influência de 200 m. ....	127

Figura 57 – Temperatura média do ar por faixas de percentuais de vegetação arbórea para um raio de influência de 200 m e o registro de temperatura mínima às 20 h da estação úmida. ....	128
Figura 58 – Ambiente térmico às 08 h da estação seca. ....	131
Figura 59 – Ambiente térmico às 14 h da estação seca. ....	133
Figura 60 – Ambiente térmico às 20 h da estação seca. ....	135
Figura 61 – Ambiente térmico às 08 h da estação chuvosa. ....	137
Figura 62 – Ambiente térmico às 14 h da estação chuvosa. ....	139
Figura 63 – Ambiente térmico às 20 h da estação chuvosa. ....	141
Figura 64 – Ajuste da curva dimensão fractal das áreas verdes em função da temperatura do ar para o horário de 08 h. ....	146
Figura 65 – Ajuste da curva dimensão fractal das áreas verdes em função da temperatura do ar para o horário de 14 h. ....	147
Figura 66 – Ajuste da curva dimensão fractal das áreas verdes em função da temperatura do ar para o horário de 20 h. ....	148
Figura 67 – Gráfico de regressão entre o Número de Indivíduos (NI) e o Número de Evocações Diferentes (NED). ....	151
Figura 68 – Árvore de similaridade das respostas dos entrevistados. ....	153

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Dados climáticos mensais médios para Cuiabá referentes ao período de 1970 a 1989.....	42
Tabela 02 – Características das câmeras MSS e TM dos satélites LANDSAT 3 e 5.....	44
Tabela 03 – Características dos bairros .....	54
Tabela 04 – Características das câmeras do satélite CBERS-2B.....	56
Tabela 05 – Classes e códigos de entrada para o FRAGSTATS 3.3 .....	71
Tabela 06 – Períodos de medições.....	82
Tabela 07 – Evolução das métricas de quantificação da paisagem para os fragmentos de cada tipo de ocupação do solo entre 1980 e 2010.....	91
Tabela 08 – Evolução das métricas de complexidade e organização espacial da paisagem para os fragmentos de cada tipo de ocupação do solo entre 1980 e 2010.....	93
Tabela 09 – Valores médios de temperatura do ar, mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa do ar, mínima e máxima, para os dias de medições .....	98
Tabela 10 – Exemplo de correção de medidas móveis da temperatura do ar .....	103
Tabela 11 – Parâmetros geoestatísticos referentes aos transectos da estação seca para o horário de 08 h.....	105
Tabela 12 – Parâmetros geoestatísticos referentes aos transectos da estação seca para o horário de 14 h.....	106
Tabela 13 – Parâmetros geoestatísticos referentes aos transectos da estação seca para o horário de 20 h.....	107
Tabela 14 – Parâmetros geoestatísticos referentes aos transectos da estação chuvosa para o horário de 8 h .....	108
Tabela 15 – Parâmetros geoestatísticos referentes aos transectos da estação chuvosa para o horário de 14 h .....	109
Tabela 16 – Parâmetros geoestatísticos referentes aos transectos da estação chuvosa para o horário de 20 h .....	110
Tabela 17 – Métricas de quantificação da paisagem dos bairros da área de estudo .....	114

Tabela 18 – Métricas de complexidade e organização espacial da paisagem dos bairros da área de estudo.....	116
Tabela 19 – Eixos temáticos em que foram classificadas as respostas dos entrevistados .....	152

## LISTA DE SÍMBOLOS

a	- área do fragmento
A	- alcance
AI	- índice de agregação
AREA	- área média do fragmento de determinada classe
C	- patamar
$C_0$	- efeito pepita
CA	- área da classe
D	- dimensão fractal de Hausdorff-Besicovitch
$D_t$	- dimensão topológica
ENN	- distância ao vizinho mais próximo de mesma classe
FRAC	- dimensão fractal
g	- número de adjacências entre pixels de mesma classe
h	- menor distância entre fragmentos de mesma classe
IJI	- índice de interspersão e justaposição
LPI	- índice de maior fragmento
$\max(a)$	- área do maior fragmento de determinada classe
n	- número de fragmentos de determinada classe
NP	- número de fragmentos de determinada classe
p	- perímetro do fragmento
PAFRAC	- dimensão fractal perímetro-área
PD	- densidade de fragmentos
PLAND	- porcentagem da paisagem
SHAPE	- índice de forma

## LISTA DE ABREVIATURAS

AMR	- Aeroporto Marechal Rondon
APP	- Área de Preservação Permanente
av.	- Avenida
CEF	- Caixa Econômica Federal
CHB	- Conjunto Habitacional Maria de Lourdes
CHIC	- <i>Cohesive Hierarchical Implicative Classification</i>
cor.	- Córrego
DGI	- Divisão de Geração de Imagens
GPCGDS	- Grupo de Pesquisa Cartografia Geotécnica e Dinâmica Superficial
IAF	- Índice de Área Foliar
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
JAH	- Jardim das Américas Horizontal
JAV	- Jardim das Américas Vertical
JIT	- Jardim Itália
LST	- <i>Land Surface Temperature</i>
NED	- Número de Evocações Diferentes
NI	- Número de Indivíduos
PAR	- Programa de Arrendamento Residencial
PC	- Posto de Controle
PDDE	- Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico
PPGFA	- Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental
PR	- Ponto de Referência
r.	- Rua
RMVRC	- Região Metropolitana do Vale do Rio Cuiabá
RNC	- Renascer
STC	- Santa Cruz
SCU	- Sistema Clima Urbano
SIG	- Sistemas de Informações Geográficas
SPRING	- Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas
TGS	- Teoria Geral dos Sistemas

UFMT	- Universidade Federal de Mato Grosso
UHI	- <i>Urban Heat Island</i>
WMO	- <i>World Meteorological Organization</i>
ZIA	- Zona de Interesse Ambiental

## RESUMO

BARROS, M. P. *Dimensão fractal e ilhas de calor urbanas: uma abordagem sistêmica sobre as implicações entre a fragmentação das áreas verdes e o ambiente térmico do espaço urbano*. Cuiabá, 2012. 171f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

A rápida urbanização, como resultado do crescimento da população urbana, tem sido reconhecida como um processo crítico em áreas urbanas. Este rápido crescimento levou a demandas por ocupação de áreas verdes das cidades, espaços importantes para efeito de resfriamento dos ambientes urbanos. A redução e a fragmentação das áreas verdes urbanas tem influenciado diretamente na qualidade de vida em cidades tropicais. Com o objetivo de avaliar a extensão da influência das áreas verdes e sua fragmentação, quantificada pela dimensão fractal, sobre o ambiente térmico de um lugar, o presente estudo foi conduzido em 5 bairros da região sudeste da cidade de Cuiabá, MT, Brasil, espaços heterogêneos com grandes contradições sociais, onde a urbanização foi mais intensa no período de 1980 a 2010. O roteiro metodológico estabelecido para a pesquisa contou com medições, fixas e móveis, da temperatura do ar, sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas para determinação dos percentuais de áreas vegetadas e os correspondentes valores da dimensão fractal e de outros índices da paisagem, além de métodos de ajustes de curvas e tratamento geoestatístico dos dados para análises da inter-relação entre a temperatura do ar e os padrões espaciais dos fragmentos arbóreos urbanos. Em paralelo, de forma complementar, foram aplicados questionários aos moradores da área de estudo com o objetivo de verificar que atributos de um lugar poderiam explicar a imagem de residência dos moradores deste espaço. Os resultados das análises confirmaram a influência dos fragmentos de vegetação arbórea sobre a temperatura do ar dos ambientes analisados, fornecendo também o raio dessa influência, que variou entre 200 m e 500 m em função do horário e da estação, seca ou chuvosa. Verificou-se que a fragmentação das áreas verdes, descrita com muita propriedade pela dimensão fractal, atuou de forma mais decisiva nos ambientes térmicos com baixos percentuais de área vegetada, sendo que nesses casos uma vegetação menos fragmentada resultou em menores temperaturas do ar. Estes resultados podem fornecer subsídios para a elaboração e implantação de projetos urbanos que visem à melhoria do conforto ambiental para toda a população das cidades.

**Palavras-chave:** Cuiabá, clima urbano, métricas da paisagem.

## ABSTRACT

BARROS, M. P. *Fractal dimension and urban heat islands: a systemic approach on the implications of the fragmentation of green areas and the thermal environment of urban space*. Cuiabá, 2012. 171f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

Rapid urbanization, as a result of urban population growth, has been recognized as a critical process in urban areas. This rapid growth has led to demands for occupation of green areas, spaces for important cooling effect of urban environments. The reduction and fragmentation of urban green areas has directly influenced the quality of life in tropical cities. The present study aimed to evaluate the extension of the influence of green areas and its fragmentation, quantified by the fractal dimension, on the thermal environment of a place. The study was conducted in five districts of the southeastern of Cuiaba city, Mato Grosso, Brazil, heterogeneous spaces with large social contradictions, where urbanization was more intense in the period 1980 to 2010. The data collection methodology, established for the research, included measurements of air temperature, mobile and fixed, remote sensing and geographic information systems to determine the percentage of vegetated areas and the corresponding values of fractal dimension and other indices of landscape, addition to methods of curve fitting and of geostatistical treatment of data for analysis of the interrelationship between air temperature and the spatial patterns of urban forest fragments. In parallel, complementarily, questionnaires were applied to residents of the study area in order to determine which attributes of a place could explain the image of residence of the residents of this area. The analysis results confirmed the influence of fragments of arboreal vegetation on the air temperature of the environments analyzed, providing also the radius of this influence that ranged from 200 m to 500 m depending on time of day and season, dry or rainy. It was found that the fragmentation of the green areas, aptly described by the fractal dimension, has been more decisive in thermal environments with low percentages of vegetated area, and in such cases a less fragmented vegetation resulted in lower air temperatures. These results can provide subsidies for the development and implementation of urban projects aimed at improving environmental comfort for the entire population of the cities.

**Keywords:** Cuiaba, urban climate, landscape metrics.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 PROBLEMÁTICA

Onde você gostaria de morar? Provavelmente a apresentação dessa questão lhe trouxe a mente algumas imagens do seu ideário de moradia. Uma casa em uma rua arborizada, com uma boa varanda e vista para um grande lago em um parque.

Para muitas pessoas essa imagem em muito se distancia da sua realidade. Os moradores das grandes cidades do mundo, por exemplo, partilham, em intensidades diferentes, dos mesmos problemas estruturais como: trânsito congestionado, poluição sonora, falta de saneamento, inundações, poluição do ar, ambientes exageradamente aquecidos, entre outros. Essas situações cotidianas não devem fazer parte da imagem de residência de ninguém.

Paradoxalmente, uma suposta necessidade econômica mantém toda uma população presa a uma situação real, distante da imagem ideal. Essa imagem, tratada como uma utopia urbana, em algum momento de nossa trajetória foi esquecida assim como os motivos que nos trouxeram às cidades.

Algumas pessoas despertaram desse transe coletivo buscando refúgio em bairros distantes dos centros urbanos ou até mesmo em cidades menores, distantes das regiões metropolitanas, em busca de um ambiente mais equilibrado. No Brasil, nas últimas décadas, a desmetropolização foi o motor do crescimento populacional das cidades médias, aumentando a sua importância e originando novos processos econômicos, sociais e culturais.

Por outro lado, ainda acreditando no sonho urbano, outros movimentos procuram reorientar as cidades, de qualquer tamanho, de forma a oferecer uma melhor qualidade de vida para sua população, baseados geralmente, em soluções

coletivas, eficiência energética e reaproveitamento, conscientes da finitude dos bens, aplicam a sustentabilidade.

Esse novo redirecionamento passa pela revitalização das áreas centrais das cidades, pela melhoria dos sistemas de transportes coletivos, e pela busca de soluções para questões como as inundações, a poluição do ar e a formação das ilhas de calor. Algumas dessas questões estão diretamente associadas às alterações do clima das cidades, que além do desconforto térmico à população urbana, resulta em aumentos dos gastos nas áreas de energia e saúde.

Em Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, cidade com temperaturas elevadas ao longo de todo o ano, a recente intensificação da urbanização tem permitido comparações espaciais e temporais entre os diferentes microclimas urbanos submetidos a intervenções urbanísticas que nem sempre levaram em conta as especificidades do clima local. Como as atuais condições políticas, econômicas e estruturais sugerem que esta dinâmica urbana acelerada ainda se manterá por alguns anos, torna-se imprescindível que técnicos e população, usuária destes espaços, optem por soluções sustentáveis e bioclimáticas, cuidados que irão decorrer na qualidade ambiental e na valorização do espaço.

Assim, acreditando em soluções coletivas e, mais que em mudanças de percepções, mudanças de atitudes, este trabalho procura contribuir para a análise do microclima urbano, considerando as soluções culturais características de cada lugar, fornecendo subsídios para a elaboração e implantação de projetos urbanos que visem à melhoria do conforto ambiental para toda a população das cidades.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

O impulso agrícola que, a partir da década de 1970, transformou o cerrado mato-grossense em quase sua totalidade em plantações, principalmente de soja, foi um dos motivos para que as principais cidades do estado sofressem uma rápida e desordenada urbanização. A ausência de um planejamento resultou na ocupação ilegal de áreas periféricas e invasões das áreas verdes remanescentes da cidade, ações que produziram graves problemas sociais e ambientais.

Na cidade de Cuiabá a disposição urbana, os sistemas de tráfego, resultados dessa forma de ocupação, e as características climáticas da região, em uma combinação insatisfatória, produziram situações de ilhas de calor em alguns ambientes intra-urbanos. Por outro lado, algumas áreas verdes inseridas neste mesmo espaço urbano são indicadores de sustentabilidade, de forma que a interação dinâmica entre o ambiente e esses fragmentos de vegetação cria assinaturas únicas dos parâmetros climáticos em função da extensão e do padrão de distribuição espacial desta vegetação.

Essas assinaturas diferenciadas ajudaram a formulação da hipótese deste trabalho, de que existe uma relação entre o ambiente térmico de um lugar e o padrão espacial das áreas vegetadas do seu entorno próximo. Assim, o objetivo geral desta pesquisa é avaliar a influência das áreas verdes e sua fragmentação sobre o ambiente térmico de um lugar, de forma a contribuir para o melhor entendimento da relação do clima local com a estrutura urbana e fornecer subsídios para uma política de planejamento voltada a uma melhor ambiência nos espaços abertos das cidades.

Para alcançar o objetivo geral, como etapas necessárias e complementares, pretendeu-se também atingir os seguintes objetivos específicos:

- a. Verificar a relação da temperatura do ar de um lugar com percentual de áreas verdes do seu entorno próximo;
- b. Avaliar a extensão da influência das áreas verdes sobre os ambientes térmicos;
- c. Avaliar a possibilidade da utilização das métricas da paisagem para caracterizar, em quantidade, complexidade e organização, a urbanização de um dado ambiente;
- d. Realizar um estudo da evolução urbana da cidade de Cuiabá no período de 1980 a 2010;
- e. Verificar que atributos de um lugar melhor explicam a imagem de residência dos moradores da área de estudo.

A partir destes objetivos o trabalho foi estruturado em 6 capítulos, incluindo este primeiro que é introdutório. No segundo capítulo apresenta-se a revisão bibliográfica onde é realizada uma discussão acerca dos principais conceitos

envolvidos neste trabalho, sendo estes: a dimensão fractal, o clima urbano e o fenômeno da ilha de calor urbana, a influência da vegetação em áreas urbanizadas sobre estes microclimas e a influência destes sobre a imagem de moradia de uma população, além de uma discussão sobre os métodos e técnicas utilizados para o estudo do clima urbano.

A área de estudo é definida no capítulo três, onde também são apresentados os bairros onde a pesquisa foi desenvolvida. O capítulo quatro apresenta o roteiro metodológico detalhado, as metodologias para a coleta de dados climáticos, para o estabelecimento da base cartográfica e para as entrevistas, bem como a instrumentação utilizada.

No quinto capítulo são apresentados os resultados obtidos a partir das análises propostas nos objetivos deste trabalho. No último capítulo encontram-se as conclusões deste estudo e sugestões para pesquisas futuras.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nada podemos fazer para evitar. Neste momento em alguma abóbada do interior do continente tem início uma invasão. O invasor, Stratus, um indivíduo grave e tedioso, lentamente começa sua investida para tomar todo o céu. Sem resistências, a penumbra vai tomando toda a terra, como um véu que projeta uma luz lúgubre e monótona. Terminada a investida, no território sob o domínio de Stratus, prevalece uma paisagem opressivamente cinza, que parece não ter fim.

De formas indefinidas e pouco espontâneo, Stratus disputa os céus com Cumulus e Nimbus. Aliás, para aqueles oprimidos sob o domínio de Stratus, é bom saber que a combinação de Cumulus e Nimbus, como um casal de tiranos, pode tornar mais difícil as condições de vida abaixo do céu. Cumulonimbus pode estender seu domínio por centenas de quilômetros, produzindo condições extremas e destrutivas, trazendo danos materiais e perdas de vidas.

Os embates entre estes seres não tem hora marcada, acontecem nos céus todos os dias, desde a aurora dos tempos, por todo o planeta. Para presenciar um destes eventos basta encontrar um bom lugar para contemplar o céu, afinal, Stratus, Cumulus e Nimbus são tipos de nuvens que se sucedem conforme o humor da atmosfera (BARROS, 2012, p.3).

Nuvens dominadoras, ondas destruidoras, árvores generosas, com frequência entidades da natureza são descritas como personagens vivos. Essa personificação decorre do entendimento de que a sobrevivência e o bem-estar na terra estão diretamente ligados aos eventos naturais. Por esse motivo, os homens dedicaram-se a decifrar os códigos da natureza.

A observação das nuvens, por exemplo, possibilitou a classificação destas em dez grupos, baseados na aparência e na altura. De acordo com essa classificação, uma nuvem do tipo Stratus, cinzenta e de baixa altitude, raramente despeja sua umidade, nunca passando de uma leve garoa e, como uma visita inconveniente, leva muito tempo para partir (PRETOR-PINNEY, 2008).

Assim como o reconhecimento dos padrões de distribuição espacial das nuvens no céu permitiu identificar, com antecedência, mudanças no tempo atmosférico, também são possíveis previsões baseadas em padrões encontrados em outros aspectos do cotidiano, como regularidades na disposição de formas, números,

cores ou sons. O estudo de padrões de distribuição espacial e temporal procura extrair a estrutura e a invariância da desordem e da confusão dos sistemas, interpretar tais situações e procurar por funções que possam produzir modelos dinâmicos que venham a descrever a evolução destes sistemas (STEEN, 1988).

No entanto, segundo Mandelbrot (1975), muitos dos padrões da natureza são tão irregulares e fragmentados, que, em comparação com a Geometria Euclidiana, não apresentam simplesmente um grau mais elevado, mas um nível completamente diferente de complexidade. Para descrever padrões com essas características seria necessária uma nova geometria, uma geometria da natureza.

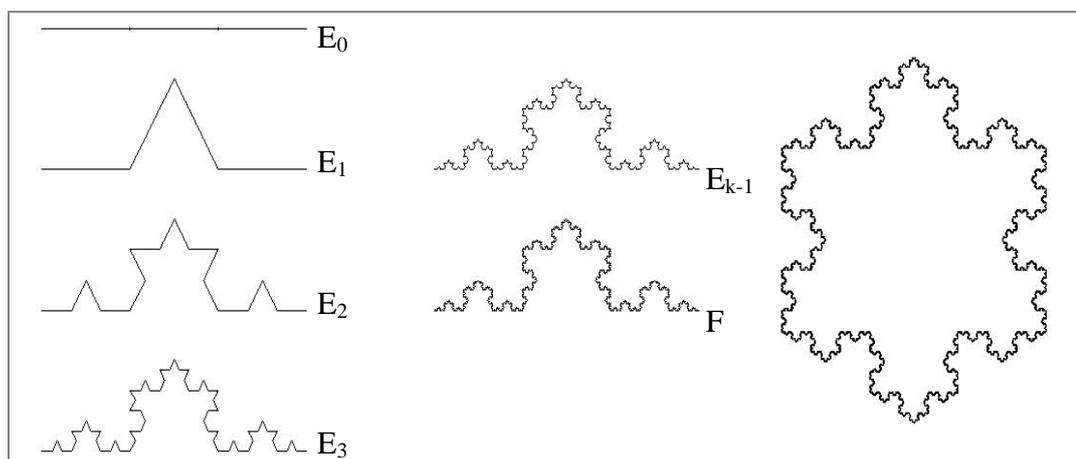
## 2.1 GEOMETRIA FRACTAL

"Nuvens não são esferas, montanhas não são cones, linhas costeiras não são círculos, cascas de árvores não são lisas, nem a trajetória de um relâmpago é uma linha reta" (MANDELBROT, 1975, p.1). Figuras regulares não conseguem expressar alguns padrões de fenômenos naturais, como a formação de nuvens ou o crescimento e disposição de galhos e folhas numa árvore. No entanto, a aplicação, de forma recursiva, de conjuntos irregulares ou funções matemáticas simples pode descrever tão precisamente tais processos como um arquiteto pode descrever uma casa (BARNSELY, 1988).

Uma simples regra de construção geométrica, executada repetidas vezes, é capaz de gerar estruturas de admirável complexidade. Um exemplo de um conjunto construído a partir de um intervalo de uma unidade e uma seqüência recursiva de operações é a Curva de Koch. Proposto por Niels Fabian Helge von Koch em 1906, o conjunto é obtido a partir de um segmento de reta de comprimento unitário ( $E_0$ ) que, fragmentado em três partes iguais, tem o seu terço médio substituído por dois lados de um triângulo equilátero, com base na porção removida, formando o conjunto  $E_1$ . Esta regra usada de forma repetida para cada segmento do conjunto  $E_1$  permite a construção do conjunto  $E_2$ , e do conjunto  $E_3$  a partir de  $E_2$  (Figura 01).

Assim, recursivamente, o conjunto  $E_k$  poderia ser produzido substituindo a linha do terço médio de cada segmento de  $E_{k-1}$  pelos outros dois lados de um triângulo equilátero. Para valores elevados de  $k$ , os conjuntos  $E_{k-1}$  e  $E_k$  diferem apenas em pequenos detalhes, e após infinitas interações ( $k \rightarrow \infty$ ) a curva resultado

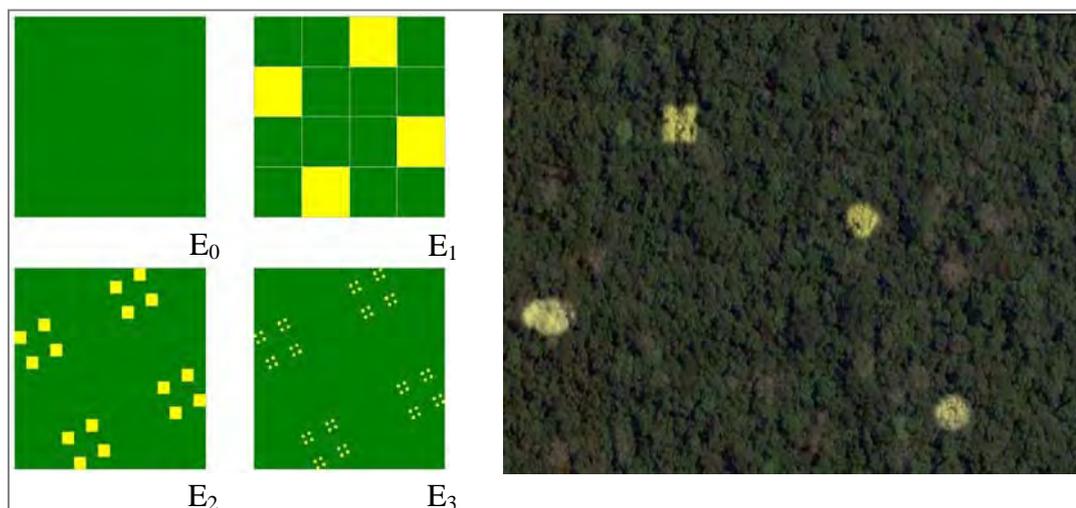
da seqüência poligonal  $E_k$  se aproxima da curva  $F$ , denominada Curva de Koch. Três Curvas de Koch ajustadas descrevem o formato aproximado de um floco de neve (Figura 01).



**Figura 01** – Sequência de construção da Curva de Koch.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Muitos outros conjuntos podem ser construídos utilizando tais procedimentos recursivos. Um exemplo análogo a Curva de Koch, mas que envolve superfícies, é o conjunto conhecido como Poeira de Cantor (Figura 02).



**Figura 02** – Sequência de construção da conjunto Poeira de Cantor.

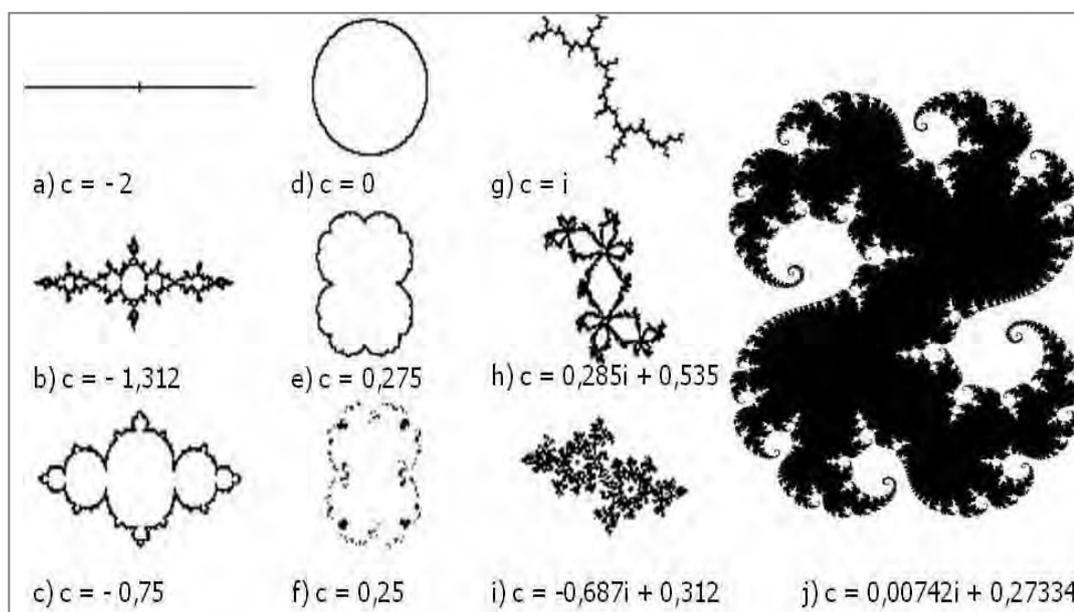
**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

A construção deste conjunto parte da divisão de um quadrado ( $E_0$ ) em 16 quadrados iguais, dos quais quatro são mantidos e os demais rejeitados constituindo o conjunto  $E_1$ . A cada iteração os quadrados restantes são novamente divididos e, nas mesmas posições, quatro são mantidos e os demais rejeitados (Figura 02).

Utilizando outras quantidades de quadrados ou disposições, regulares ou aleatórias, mas mantendo a mesma essência, resultariam em conjuntos que poderiam ser utilizados, por exemplo, como modelos para estudos da distribuição espacial de um minério no solo ou da disposição de árvores de uma determinada variedade arbórea em uma floresta (Figura 02).

Com propriedades semelhantes às apresentadas pelos conjuntos Curva de Koch e Poeira de Cantor, o grupo de conjuntos conhecidos por conjuntos de Julia (Figura 03), criado pelos matemáticos Pierre Fatou e Gaston Julia em 1919, é resultado da curiosidade de determinar o que aconteceria com um número complexo  $z$  quando a função  $f(z) = z^2 + c$ , onde  $c$  é um ponto fixo no plano complexo, fosse aplicada reiteradamente:

$$Z_0 \rightarrow Z_1 = Z_0^2 + c \rightarrow Z_2 = Z_1^2 + c \rightarrow \dots$$



**Figura 03** – Conjuntos de Julia.

**Fonte:** Falconer, 2003, p.233.

Para cada constante  $c$  será obtido um conjunto diferente, alguns desconexos (Figuras 03.f e 03.i), compostos por várias peças, outros conexos, formados por única peça. Assim, a aplicação  $f(z)$  é caracterizada pela extrema sensibilidade às condições iniciais, condição conhecida como “efeito borboleta”. Esta é uma característica típica de todos os sistemas complexos, que, diferente de sistemas aleatórios ou erráticos, são regidos por processos não-lineares, como a função geradora dos conjuntos de Julia, altamente complexos e imprevisíveis (CAPRA, 2006, p.115). O estudo destes sistemas, denominado por Teoria dos Sistemas Dinâmicos, procura, no aparente acaso, uma ordem inerente determinada por leis bem definidas.

Capra (2006) destaca a riqueza das variedades de padrões destes conjuntos, muitos dos quais são reminiscentes de elementos da natureza, como caudas de cavalo-marinho, arbustos cheios de espinhos ou faíscas que flutuam no ar depois de fogos de artifício. Na tentativa de classificar a imensa variedade de conjuntos de Julia, o matemático polonês Benoit Mandelbrot, no final da década de 1970, descobriu

[...] uma maneira simples de criar, no plano complexo, uma imagem única que servisse de catálogo de todos os possíveis conjuntos de Julia. Essa imagem que desde essa época tornou-se o principal símbolo visual desta nova matemática da complexidade, é o conjunto de Mandelbrot. [...]

Embora haja um número infinito de conjuntos de Julia, o conjunto de Mandelbrot é único. Essa estranha figura é o objeto matemático mais complexo já inventado (CAPRA, 2006, p.125).

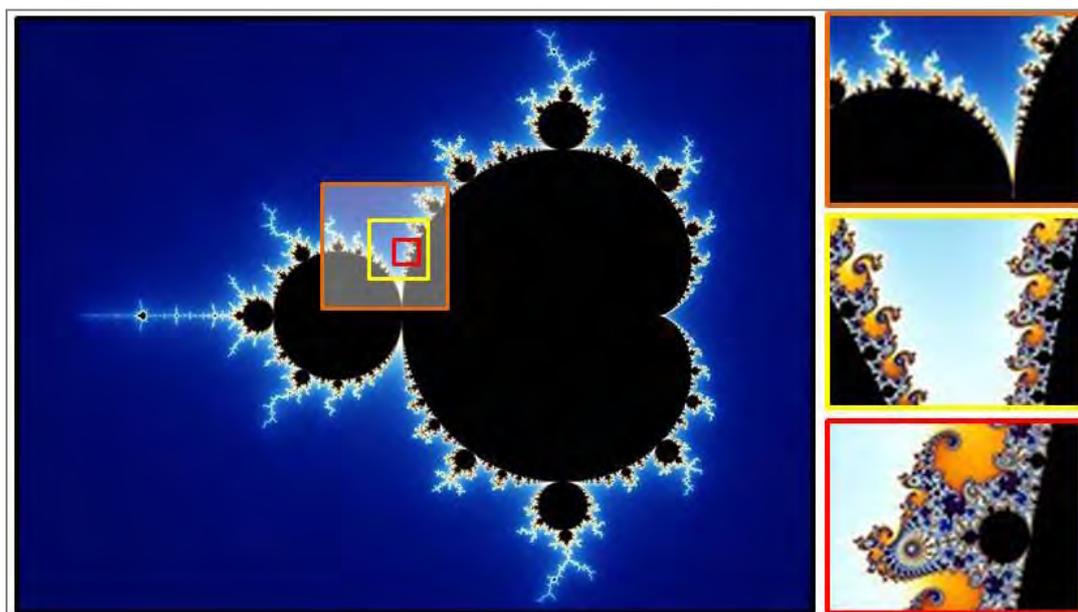
A partir da compreensão de que todas essas formas geométricas tinham algumas características comuns bastante notáveis, Mandelbrot criou um novo tipo de matemática para descrever e analisar essas características. Os resultados desse estudo foram publicados no seu ensaio fundamental “The Fractal Geometry of Nature”, onde foi introduzido o termo “fractal”. Do adjetivo latino fractus, quebrado, e do verbo frangere, quebrar ou fragmentar, para Mandelbrot (1975) o termo fractal é adequado para descrever objetos que são demasiadamente irregulares para encaixar em uma configuração geométrica tradicional.

Considerada como uma extensão da geometria clássica, a geometria fractal, de acordo com Falconer (2003), abrange conjuntos com as seguintes características:

- a. Auto-similaridade: existe quando uma parte de um objeto pode ser vista como uma réplica do todo, numa escala menor;

- b. Complexidade infinita: também conhecida por estrutura fina, consiste em um detalhamento infinito, no sentido de que ampliações sucessivas levam, indefinidamente, a um mesmo detalhamento;
- c. Definição simples: embora tenha uma estrutura complexa, na maioria dos casos a lei de formação do fractal é definida de uma forma muito simples, repetida a cada iteração;
- d. A geometria do fractal não é facilmente descrita em termos clássicos: não é o lugar geométrico dos pontos que satisfazem algumas condições geométricas simples, nem é o conjunto de soluções de qualquer equação simples;
- e. A dimensão fractal não é quantificada por meio de medidas habituais: na Geometria Euclidiana o valor da dimensão representa a dimensionalidade do espaço em que dado objeto está inserido, a Dimensão dos Fractais representa o nível de irregularidade de um objeto.

Contudo, com relação à auto-similaridade, segundo Assis et al. (2008), existem fractais que são igualmente formados por cópias menores do todo, porém estas são anisotrópicas, ou seja, não são mantidas as suas proporções originais em todas as direções, como os conjuntos de Julia e de Mandelbrot (Figura 04).



**Figura 04** – Conjunto de Mandelbrot.

**Fonte:** Capra, 2006, p.126.

Os conjuntos onde não são mantidas as suas proporções originais em todas as direções são designados como auto-fins, onde a auto-similaridade exata é substituída por uma auto-similaridade estatística, na medida em que parcelas arbitrariamente pequenas do conjunto podem ser ampliadas e distorcidas de forma a coincidir com uma grande parte do conjunto.

A auto-similaridade estatística é aplicada principalmente a objetos naturais que não são fractais exatos, mas podem ser muito bem descrito por eles, como por exemplo, a estrutura de uma samambaia ou de uma couve-flor (Figura 05). Por outro lado, fractais como a Curva de Koch ou a Poeira de Cantor têm uma auto-similaridade exata, uma vez que são compostos por peças que lembram, de alguma forma, o todo, são fractais determinísticos.



**Figura 05** – Auto-similaridade estatística de uma samambaia.

**Fonte:** Nunes, 2003, p.33.

### 2.1.1 A Dimensão Fractal

Romanos costumavam desdenhar da matemática dos gregos. Cícero, estadista romano que viveu de 106 a.C. a 43 a.C., elogiava a maneira brilhante como progrediu a matemática grega, no entanto para ele, o limite desta arte estava na sua utilidade na medição e na contagem. Não obstante, a geometria abstrata citada por Cícero seguiu firmemente seu caminho ao estilo grego, o estilo de Euclides.

O denominado estilo de Euclides é uma referência ao matemático grego Euclides de Alexandria. Apresentada na obra “*Os Elementos*”, essa abordagem

“parte de um pequeno conjunto de axiomas<sup>1</sup>, e avança a partir daí, provando muitos teoremas elegantes que detalham as propriedades de retas, planos e outras formas geométricas”, princípios do que chamamos de Geometria Euclidiana (MLODINOW, 2009, p.35).

Para Euclides, intuitivamente os atributos comprimento, largura e altura definem o que chamamos dimensão. Por apresentar apenas comprimento, uma linha é um modelo de um objeto com apenas uma dimensão, enquanto o plano se apresenta como modelo de objeto com duas dimensões, comprimento e largura. Com comprimento, largura e altura, figuras sólidas são denominadas de objetos tridimensionais.

O conceito matemático que melhor corresponde à noção intuitiva de Euclides é a dimensão topológica de um conjunto ( $D_t$ ), sempre expressa por um número natural. A dimensão topológica discutida, por Brower, Lebesgue, Menger e Urysohn, propõe que um contínuo tem  $n$  dimensões quando é possível dividi-lo por meio de cortes que sejam eles próprios contínuos de  $(n-1)$  dimensões. Assim, considerando um ponto como tendo dimensão zero, uma reta tem dimensão  $(n)$  um porque é possível dividi-la em duas partes pela retirada de um ponto  $(n-1)$  desta reta. Da mesma forma, retirando uma reta  $(n-1)$  de um plano  $(n)$ , este será separado pela ausência da reta, ou ainda, de uma maneira mais prática, uma casa, um objeto tridimensional  $(n)$  pode ser dividida por paredes  $(n-1)$ , planos bidimensionais (MOREIRA, 1999).

A dimensão de um conjunto contém muita informação sobre as propriedades geométricas deste. Porém, além da dimensão topológica, é possível definir a dimensão de um conjunto de várias formas, algumas mais satisfatórias que outras. As diferentes definições podem resultar em diferentes valores da dimensão para um mesmo conjunto e também em dimensão igual para conjuntos com propriedades muito diferentes. Os conjuntos propostos por Mandelbrot são exemplos de conjuntos dimensionalmente discordantes (FALCONER, 2003).

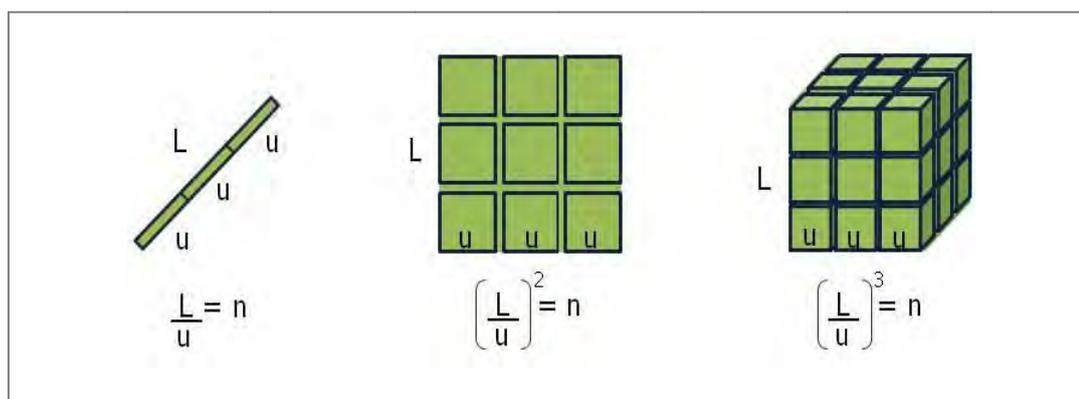
Mandelbrot optou por concentrar, alternativamente à dimensão topológica, na dimensão formulada por Hausdorff em 1919 e finalizada por Besicovitch. Esta

---

<sup>1</sup> Afirmações que devem ser aceitas sem provas.

definição denominada de dimensão de Hausdorff-Besicovitch (D) refina o conceito de dimensão topológica (MANDELBROT, 1975).

A forma generalizada de tratar a dimensão de um objeto proposta pelo matemático alemão Felix Hausdorff revelou-se útil para descrever os objetos naturais e para avaliar as trajetórias dos sistemas dinâmicos. Essa abordagem, segundo Nunes (2006), consiste em dividir um segmento de reta de comprimento  $L$  em  $n$  partes iguais, cada parte com comprimento  $u$ . Como resultado serão gerados  $n$  elementos auto-similares, com  $n = L/u$ . Efetuando o mesmo procedimento para um quadrado de lado  $L$ , dividindo cada um dos seus lados em partes iguais de comprimento  $u$ , são produzidos  $n$  quadrados auto-similares com área igual  $u^2$  cada e no caso de um cubo de lado  $L$ , repetindo o mesmo procedimento, são produzidos  $n$  cubos auto-similares com volume igual  $u^3$  cada (Figura 06).



**Figura 06** – Relações da dimensão de Hausdorff-Besicovitch.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Os procedimentos levam a uma relação do tipo

$$\left(\frac{L}{u}\right)^D = n$$

que pode ser desenvolvida aplicando logaritmo neperiano dos dois lados da relação

$$\ln \left(\frac{L}{u}\right)^D = \ln (n)$$

$$D \cdot \ln \left(\frac{L}{u}\right) = \ln (n)$$

e, portanto

$$D = \frac{\ln [ n ]}{\ln [ L/u ]} \quad \text{Equação 01}$$

O valor  $D$  encontrado na Equação 01 é conhecido como Dimensão Fractal de Hausdorff-Besicovitch de objetos auto-semelhantes, fractais ou não fractais, com  $n$ ,  $L$  e  $u$  definidos anteriormente. Para um objeto uniforme e compacto,  $D$  é um inteiro igual à dimensão topológica ( $D_t$ ). Um fractal é por definição um conjunto que a Dimensão Hausdorff-Besicovitch, expressa por um número fracionário, excede estritamente a dimensão topológica (MANDELROT, 1975).

A Equação 01 permite calcular com exatidão a dimensão de objetos irregulares, como os conjuntos Curva de Koch e Poeira de Cantor. No caso da Curva de Koch, se a partir do segmento de reta de comprimento  $L$ , a primeira operação gerou 4 segmentos de reta cada um com dimensão  $u = L/3$  (conjunto  $E_1$  da Figura 01), na segunda iteração foram gerados 16 segmentos cada um com comprimentos iguais a  $u = L/9$  (conjunto  $E_2$  da Figura 01), portanto, na  $m$ ésima iteração, são gerados  $n$  segmentos de reta de dimensão  $u$  cada (MOON, 1992). Assim,  $n$  e  $u$  são dados por:

$$n = 4^m \text{ e } u = \frac{L}{3^m}$$

Aplicando esses parâmetros na Equação 01, no limite de  $m \rightarrow \infty$ , a dimensão para a Curva de Koch é dada por:

$$D = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{\ln [ n ]}{\ln [ L/u ]}$$

$$D = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{\ln 4^m}{\ln 3^m}$$

$$D = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{m \cdot \ln 4}{m \cdot \ln 3}$$

$$D = \ln \left[ \frac{4}{3} \right]$$

$$D \cong 1,26$$

O fato da dimensão de uma linha resultar em um valor entre 1 e 2 causa, a princípio, alguma perplexidade. “As novas descobertas são muito estranhas,” foi o

comentário do pensador indiano Osho (2001, p.195) ao se referir a essa nova noção de dimensionalidade, na sua interpretação “na geometria não-euclidiana não é possível a criação de linhas, portanto as retas devem desaparecer”. Mandelbrot via como um desenvolvimento saudável o fascínio que a geometria fractal exercia sobre pessoas de todas as ciências, e que o entendimento de dimensão, padrão, ordem e complexidade trariam novas perspectivas, de compreensão mais profunda, a respeito dos processos naturais em diferentes áreas da ciência (CAPRA, 2006).

De fato, superado o espanto inicial, a complexidade inerente aos padrões presentes nas ciências da natureza, de acordo com Bransley (1988), encontrou na geometria fractal base para respostas a questões como: Quanto irregular é um objeto? Que medidas experimentais poderíamos fazer para saber se duas formas diferentes podem ser metricamente equivalentes?

A definição subjetiva de objeto mais ou menos irregular ganha uma interpretação poderosa com a dimensão fractal, sendo esta uma medida da complexidade do objeto de estudo. Para Backes & Bruno (2005, p.2) “das características que definem um fractal, a mais importante é a Dimensão Fractal”, sendo expressa por um valor fracionário, ela representa o nível de irregularidade de um fractal, assim, quanto maior a irregularidade de uma forma, maior é a sua dimensão fractal.

Assis et al. (2008), relacionaram o conceito de dimensão fractal com o nível de ocupação do espaço pela forma e não o espaço em si onde a forma está inserida. Citando a Curva de Koch como exemplo, os autores justificaram o valor fracionário da dimensão fractal, entre 1 e 2, pelo fato da curva ocupar mais espaço que uma linha convencional, sem chegar, no entanto, a ocupar todo o espaço em que está imersa.

Seja como a medida de irregularidade de uma forma ou como o nível de ocupação do espaço pela forma, o conceito de dimensão fractal vem sendo aplicado em diversas ciências. Vilela et al. (1995) comparando dimensões fractais em um mesmo tempo para os padrões de crescimento de dois tipos celulares, células cancerosas e células normais, mostraram que as colônias de células cancerosas possuem uma dimensão fractal menor, característica interessante para distinção destas células. A dimensão fractal também tem sido utilizada como um modelo para a distribuição de agregados no solo (CARVALHO et al., 2002), para o estudo da

fragmentação de uma floresta (YAMAGI et al., 2002), para o estudo das manchas de áreas verdes de influências antrópicas no ambiente urbano (MARQUES, 2004), entre outras possibilidades.

Em referência a urbanização das cidades, Batty (2008) e Salingaros (2000), conjugaram a idéia de que as forças que atuam sobre os componentes do sistema urbano produzem neste espaço uma forma mais fragmentada, instável e contraditória, melhor expressa pela geometria fractal. Ainda com relação à morfologia dos espaços urbanos, diversos autores encontraram correlação entre a expansão das áreas urbanizadas e a dimensão fractal destas ao longo do tempo (DIBARI, 2007; TANG et al., 2008; LI et al., 2010). Tratando especificamente à questão da qualidade climática urbana, a dimensão fractal das áreas urbanizadas foi correlacionada às temperaturas superficiais (Land Surface Temperature - LST) em ambientes urbanos e rurais (SAKAI et al., 2009) e às alterações das LSTs de ilhas de calor urbanas (Urban Heat Island - UHI) ao longo do tempo (LI et al., 2009; WENG, 2003).

Nesse contexto, a dimensão fractal da ocupação da cidade pela urbanização, em forma ou em complexidade, pode ser um indicador das condições climáticas destes espaços. Alterando todo o balanço de energia e a interação de uma região com o seu clima, a urbanização cria uma condição climática diferente do entorno, pequenos climas em regiões de dimensões reduzidas, onde a ilha de calor representa o fenômeno mais significativo do clima destes espaços, o clima urbano.

## 2.2 O CLIMA URBANO

Caro amigo... Tenho estranhado a<sup>2</sup> este clima. Essa condição de buraco parece haver aumentado muito nos últimos vinte anos. O calor, que antes era sanado por um copo de refresco de limão, ou pelas sombras dos quintais, hoje quem resolve é a água gelada, o ventilador, as cortinas e o ar condicionado...

As ruas que antigamente eram de paralelepípedos, ou de quartzos leitosos, cederam lugar ao liso asfalto. As telhas, dos casarões de adobe ou de taipa, de enormes janelas de madeira maciça, eram largas e de barro, como casa de massa barro. Um ninho de belos quintais de árvores frondosas. Tudo isso cederá lugar a importantes edifícios, com muito vidro e ar condicionado, é claro... A própria contradição. Vidro, para entrar a claridade, com cortinas para evitar claridade. Ar condicionado para tirar o calor, em construções cobertas por lajes...

A cidade modernizou-se e, apesar da malha urbana, ela continuou ali. No mesmo lugar que d'antes. Nosso povo constipado embruteceu-se,

---

<sup>2</sup> Sem número, muito, demasiado.

as pessoas encorajaram-se... Mas resistem... Sobrevivem... São a própria extinção... (LOBO, 2010, p.116).

No texto em forma de prosa a autora relata uma conversa, daquela de vizinhos, sobre tempos saudosos em que a vida seguia a lógica da natureza. O cenário, ambientado na cidade de Cuiabá, MT, poderia ser de qualquer cidade brasileira submetida a uma tendência à aglomeração da população e da urbanização, sobretudo nos períodos mais recentes.

Para Santos (1993), com diferença de grau e de intensidade, todas as cidades brasileiras exibem problemáticas parecidas, diferindo apenas pelo tamanho, tipo de atividade e região em que se inserem. Quanto maior a cidade mais visíveis se tornam essas mazelas. Esse processo de urbanização criou em cada espaço um meio geográfico artificial nos quais se desenvolveu um quadro de vida onde as condições ambientais foram ultrajadas, com agravo à saúde física e mental das populações.

Importante para o desenvolvimento urbanístico nas cidades no século XX, a aplicação do urbanismo moderno, por outro lado, causou nestes espaços diversas distorções. Ao conceber a cidade privilegiando suas vias de ligação para o automóvel, tornando-a bastante inapropriada para o pedestre, na concepção de Romero (2006), o urbanismo-arquitetônico moderno frustrou os seus ideais baseados nos paradigmas de vegetação, higiene e insolação, resultando em problemas de habitação, de transportes, do lazer, da água e dos corpos de água, dos esgotos, da educação e saúde, das poluições do ar e sonora e das condições climáticas dos espaços urbanos.

Como objeto e agente de distorções, para Santos (2010, p.1) o maior problema do século XXI são as cidades, “se as cidades falharem, a civilização explode”. De acordo com este autor medidas de controle e intervenções em seu desenvolvimento são exigidas para conter o grave desequilíbrio das cidades, resultado da acelerada urbanização. Para tanto, Batty (2008, p.769) prevê a ascensão de uma teoria capaz de resolver qualquer um dos nossos atuais males urbanos, “uma teoria integrada de como as cidades evoluem, ligando economia urbana e transportes inteligentes, baseada na geometria fractal”, com potencial para enriquecer abordagens atuais de planejamento que beneficiem toda a população.

### **2.2.1 A Evolução Urbana em Forma e Extensão**

Estabelecidas para praticar a agricultura, as primeiras cidades logo foram lideradas por sacerdotes, que interpretavam a vontade dos deuses, ou monarcas, cidadãos belicosos que protegiam a terra que originara a cidade. Conforme as suas vontades, os sacerdotes construíram templos, os monarcas palácios e ambos construíram túmulos (GLANCEY, 2007).

Entretanto, independente do sistema de governo, já nas primeiras aglomerações humanas, Corbella & Yannas (2003) destacaram uma preocupação comum: a construção de um espaço modificado no qual o ser humano possa sentir-se protegido. Exemplos da arquitetura e do urbanismo grego e romano ou das primitivas casas dos indígenas em nossas regiões tropicais mostram o interesse em que o espaço ofereça conforto, no mais amplo sentido do termo, se adaptando à topografia, à vegetação, aos calores e frios que as pessoas experimentam.

Assim, nos primeiros estágios das cidades, os fatores naturais foram uma influência dominante na determinação das relações espaciais. Todavia, Santos (1996) destacou o início de um processo social complexo, após a segunda guerra mundial, resultado da profunda interação entre ciência e técnica, onde o aumento dos fluxos, de capitais e pessoas, e a expansão do consumo em formas diversas impulsionaram a vida de relações nas cidades, ativando o próprio processo de urbanização. A diferença deste período, ante as formas anteriores do meio geográfico, vem da relação estabelecida com a natureza. Agora as mudanças que ocorrem na natureza estão subordinadas a lógica do mercado, produzindo um espaço cada vez mais denso, uma situação em que o ambiente natural, onde ainda existe, tende a recuar, às vezes brutalmente.

Seguindo esta lógica, os principais assentamentos humanos contemporâneos estenderam seus domínios com a convicção de que a população poderia expandir infinitamente sobre os espaços naturais, o que resultou em uma neutralização do entorno. Para Romero (2006, p.14) a neutralização ocorre quando, pela tirania da geometria, “todos os rasgos naturais que podem ser nivelados e drenados o são, de fato, desconsiderando as soluções culturais características das regiões e dos povos”, muitas vezes extremamente adaptadas ao clima e às condições locais.

Sem encontrar limitações, a expansão das cidades foi alimentada pelo mercado que conduziu à periferização da população mais pobre que, num ciclo vicioso, resultou em ambientes, de modo geral, com vastas superfícies urbanizadas entremeadas de vazios. Porém, nem todas as cidades evoluíram segundo a mesma lógica. Lynch (1985), estudando as teorias que explicam a expansão e a evolução das formas das cidades, estabeleceu uma classificação, em três categorias metafóricas, que justifica a evolução da complexidade urbana: cidades de inspiração cósmica, cidades vistas como máquinas e cidades interpretadas como organismos vivos.

A cidade máquina, segundo Lynch (1985), evidencia de um lado a presença de um conjunto de partes, pequenas, bem definidas e autônomas, que associadas resultam em uma estrutura estável, e de outro, uma estrutura de controle cujo objetivo é fazer funcionar as partes, para garantir eficiência ao todo. O empreendimento planejado, a geometria simples, quase sempre regular, a possibilidade de construção rápida, os espaços de controle e a separação de funções ou de classes sociais, não constituindo um todo, apenas a soma das partes, de acordo com Andrade & Ayr (2000), são características primordiais desse modelo teórico de cidade.

Para Andrade & Ayr (2000, p.93), por adotarem, quase invariavelmente, a defesa da racionalidade funcional e da conformação geométrica das relações entre suas partes, as cidades coloniais gregas, os acampamentos militares romanos e o urbanismo moderno, “particularmente aquele praticado entre as décadas de vinte e setenta do século passado” podem ser caracterizados como cidades máquinas. Com relação às cidades concebidas conforme a lógica geométrica do modernismo no século XX, Batty (2008) destacou que muitas destas cidades foram idealizadas para oferecer qualidade de vida aos seus habitantes, porém, quando implementadas raramente cumpriram os seus desígnios.

A racionalidade de funções é uma característica também encontrada nas cidades cósmicas. Na compreensão de Lynch (1985) nos assentamentos humanos de motivação mágica, no sentido espiritual, a hierarquia espacial definiu o suporte físico para a hierarquia dos poderes político e religioso. A teoria chinesa de configuração

de cidades, por exemplo, foi fortemente fundamentada na geomância<sup>3</sup>, de forma que as decisões de localização e implantação destas cidades foram resultantes da deliberação de sacerdotes, decisões baseadas na observação da natureza associadas a uma série coordenada de rituais.

Contraopondo as cidades máquina e cósmica, a cidade organismo tem sua expansão urbana comparada ao crescimento celular, onde a forma urbana, como as células, é constituída por estruturas complexas e especializadas, reconhecíveis e controláveis, que reproduzem como partes com relativa autonomia. Para Andrade & Axr (2000) essa concepção da cidade ao modo de um organismo vivo surgiu associada ao passo dos desenvolvimentos da biologia ao longo dos séculos XVIII e XIX. Para Lynch (1985) as teorias que tratam da organização dos sistemas vivos, com destaque nos trabalhos de Maturana e Varela, Atlan e Prigogine, influenciaram fortemente o pensamento urbanístico e o planejamento urbano.

A concepção do sistema urbano como um organismo vivo tem como fundamento a Teoria Geral dos Sistemas (TGS). A teoria estabelecida para abarcar uma faixa ampla de fenômenos, envolvendo sistemas vivos, sistemas sociais ou ecossistemas, independente da natureza, define um organismo como um sistema aberto a fluxo de energia e recursos, afastado do equilíbrio, porém em um estado dinâmico de equilíbrio, onde “as partes que compõem o sistema se auto-regulam através de uma teia de relações, que garantem ao conjunto a flexibilidade necessária para se adaptar a condições mutáveis” (CAPRA, 2006, p.82). Proposta na década de 1940 por Ludwig Von Bertalanffy e aprimorada 30 anos mais tarde por Ilya Prigogine, a TGS sugere a busca da compreensão do funcionamento, desempenho e organização de um sistema, através de uma visão organísmica.

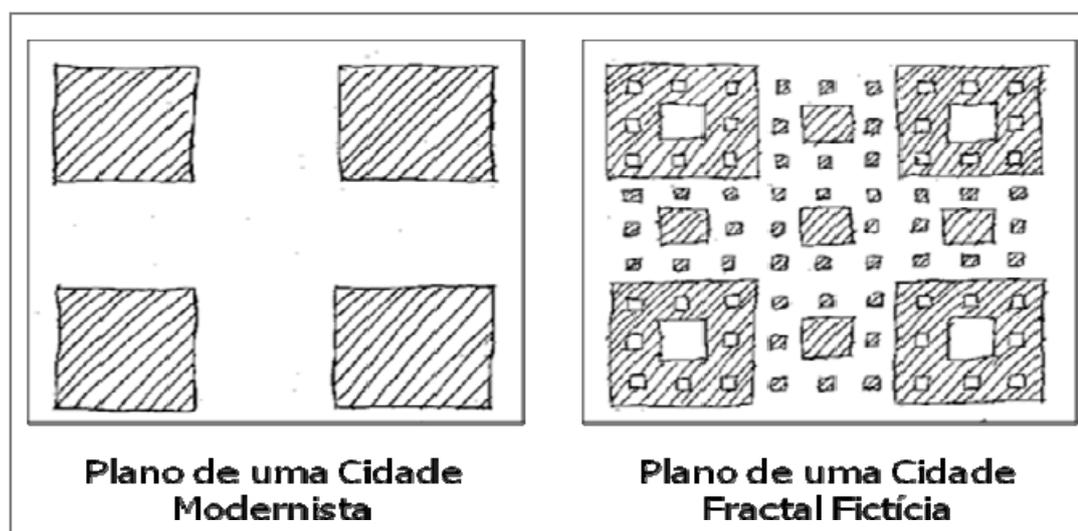
Na concepção organísmica, as cidades deixam de ser consideradas como sistemas desordenados. O aparente caos e diversidade da forma física das cidades, segundo Salinas (2005), são o exemplo por excelência de sistemas complexos: emergente, longe do equilíbrio, exigindo enormes energias para manter-se, exibindo padrões de desigualdades geradas através de aglomeração e competição intensa por espaço e saturada de sistemas de fluxos. Muitos autores sugerem que essa forma fragmentada, instável e contraditória do ambiente urbano, produto da auto-

---

<sup>3</sup> Arte da interpretação dos sinais da natureza.

organização do sistema, tem como resultado uma geometria que se aproxima da geometria fractal (LYNCH, 1985; BATTY, 1997; PORTUGALI, 2000; SALINGAROS, 2000).

Para Batty (1997) as cidades são clássicos exemplos de fractais na medida em que refletem em suas formas uma auto-semelhança estatística. Excluindo as cidades planejadas do século XX, segundo Salingaros (2000), as tipologias urbanas utilizadas ao longo da história conduzem automaticamente a uma estrutura fractal. Nestas cidades, segundo o autor, observa-se uma auto-similaridade em muitos níveis espaciais, implicando que os processos que conduzem a aglomeração e agrupamento em cidades de pequeno porte são semelhantes aos das grandes cidades, na verdade, em cidades de qualquer tamanho (Figura 07).



**Figura 07** – Planos de padrões de cidades.  
**Fonte:** Salingaros, 2005, p.293.

Contudo, avaliando as teorias de expansão e evolução das formas das cidades, Batty (2008, p.769) reconheceu que, “apesar de um século de esforço, o nosso entendimento de como as cidades evoluem ainda é totalmente inadequado”. A compreensão de como as cidades crescem em tamanho e forma, em termos do volume do espaço construído e natural, de densidade de suas atividades, da maneira como os materiais, informações e pessoas interagem para sustentar tais formas, e das energias e custos suportados pelas diferentes geometrias urbanas podem fornecer

saídas para responder a problemas aparentemente insolúveis, entre eles os impactos das alterações dos climas dos ambientes urbanos.

### **2.2.2 O Clima e a Estrutura Urbana**

A diversidade de formas e materiais de um espaço urbano não pode ser mensurada em termos de distâncias. Forjados em função das atividades desenvolvidas, tanto os materiais quanto as formas dos ambientes urbanos podem apresentar, mesmo em espaços adjacentes, variações de toda ordem. Uma rua, por exemplo, pode parecer um ambiente físico bem específico, “mas na realidade o seu caráter e uso podem variar enormemente”, em um extremo “uma viela de terra estreita e tortuosa, apinhada de gente, um lugar que bombardeia os sentidos com ruído, cheiro e cor”, enquanto que do outro extremo “é uma avenida ampla e reta, bordejada de árvores e muros inexpressivos, um imponente espaço quase sem vida” (TUAN, 1980, p.56).

Para Carlos (1995) é a dinâmica das atividades humanas que determina o espaço construído, os diferentes usos do solo e o movimento da vida, elementos que se destacam na composição da paisagem urbana. Andrade & Ayr (2000) distinguiram estes elementos em fatos comportamentais, relacionados ao uso que grupos de indivíduos fazem desses espaços, e fatos físicos, a morfologia urbana, palco das atividades humanas.

De acordo com Salinas (2000), o ritmo das atividades humanas em uma cidade é ditado pela conectividade entre os diferentes espaços. A construção ou as modificações nos sistemas de transportes, com a finalidade de facilitar a ocorrência das interações humanas, acabam levando a mudanças na estrutura da cidade. Para Salinas (2000) a morfologia urbana é o produto do sistema de transporte.

Lamas (1993) definiu os elementos morfológicos como as unidades ou partes físicas que, associadas e estruturadas, em diferentes dimensões constituem a forma urbana. Para esse autor, na dimensão setorial são elementos morfológicos os edifícios, o traçado e também as árvores, na dimensão urbana ou escala de bairro, as praças, os quarteirões e as áreas verdes, e compreendendo todas essas dimensões, a escala urbana ou dimensão territorial.

A altura dos edifícios, a subdivisão dos lotes, a densidade da área construída, as áreas verdes, e a orientação e largura das ruas são os principais elementos

morfológicos, relacionados por Givoni (1998), que provocam alterações nos climas das cidades. As ruas, por exemplo, cobrindo mais de um quarto da área urbana, desempenham um papel importante na formação do clima urbano, onde a morfologia dos edifícios e vegetações que as acompanham influenciam diretamente a temperatura do ar, a umidade e a direção dos ventos nestes ambientes, fenômeno conhecido como efeito canyon. Shashua-Bar & Hoffman (2003), estudando os efeitos da geometria e da orientação dos canyons urbanos nos aspectos de refrigeração passiva em ruas de Tel-Aviv, Israel, identificaram que o efeito de resfriamento destes ambientes difere entre as regiões climáticas do país, com um efeito de resfriamento de 2 a 3 °C em ruas mais estreitas, com um máximo 3 a 5 °C, em medições diurnas no verão.

A variedade de formas e materiais dos elementos morfológicos resulta em um complexo balanço energético, com base em dois indicadores físicos: a absorvância e a emitância efetiva do edificado. Para Romero (2006) esses parâmetros são indicativos, respectivamente, da capacidade natural de um bloco inserido numa malha urbana para aquecer, através da exposição solar do mesmo, e para resfriar através das perdas por trocas de radiação de onda longa. Os revestimentos seletivamente quentes com grande absorvância e baixa emitância, além da inércia térmica das edificações e dos corpos negros como o asfalto, segundo Corbella & Yannas (2003), contribuem para o aumento da temperatura de radiação nos espaços abertos das cidades.

Em resposta a introdução de materiais artificiais em substituição a cobertura natural surgem alterações dramáticas nos fluxos de energia na superfície e na atmosfera próxima, com o conseqüente aumento na razão de Bowen<sup>4</sup>, que, por sua vez, provoca um aumento das temperaturas da superfície e do ar acima dos ambientes urbanos (OKE, 1982). O reduzido fluxo de calor latente, comparado com o calor sensível nestas áreas, justifica o aquecimento de todo o ar do ambiente, que, de acordo com Corbella & Yannas (2003), é aquecido pelo contato com as superfícies do chão ou dos objetos que tiveram suas temperaturas elevadas pela energia térmica, incorporada pela absorção da radiação solar.

---

<sup>4</sup> Relação entre os fluxos de calor sensível e latente.

As alterações no clima de uma região causadas pela intervenção urbana, conforme definiu Romero (2006), dão origem a um clima local específico, o clima urbano. Monteiro (2003), baseado na TGS, propôs o clima urbano como um organismo, um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização, o ambiente e o núcleo, sendo esse sistema denominado por Sistema Clima Urbano (SCU).

No SCU o ambiente é o operador que importa energia ao sistema, no qual os operandos do sistema, seres vivos e suas construções, modificam e transformam essa energia no sentido de incorporá-la ao núcleo ou exportá-la ao ambiente. Portanto, apenas o insumo de energia ao sistema por parte do operador não determina o formato padrão do clima de um lugar, mas será determinante quando associado à ação transformadora que o núcleo impõe a essa energia. (MONTEIRO, 2003).

Assim, independente da dimensão, um ambiente qualquer de um bairro residencial, de um centro comercial ou de um parque urbano atua como um núcleo, com condições climáticas diferenciadas em função da forma como incorporam a energia do ambiente. No interior desses ambientes a percepção humana consegue distinguir a variação climática à medida que se penetra em cada espaço diferenciado. Neste sentido, Mascaró (1996) considerando a informação climática em três níveis, macro, meso e microclima, afirmou que a percepção humana para os problemas da cidade acontece no nível microclimático, nível que compreende o efeito de fatores climáticos locais sobre fatores de origem externa. Ainda segundo essa autora os níveis macroclimático, que compreende o clima de uma região, e o mesoclimático, resultado das alterações do macroclima provocadas pela presença de massas de água, vegetação, cobertura do terreno e pela topografia local, sofrem interferência de forma decisiva do nível microclimático.

Para Monteiro (2003) a percepção humana do clima das cidades acontece em três canais: conforto térmico, qualidade do ar e impacto meteorológico. Os canais apresentam uma íntima vinculação entre eles, aglutinando os elementos climáticos e suas produções em conjuntos, que mantêm uma associação interna intrinsecamente atmosférica. O canal de percepção do conforto térmico é conduzido pelas componentes termodinâmicas do clima, cujas produções são desenvolvidas continuamente na forma de extremos de temperatura e ventilação urbana. Mendonça

(2003) sugeriu que, para o canal de percepção do conforto térmico, a ilha de calor (UHI) representa o fenômeno mais significativo do clima urbano e sua intensidade depende das condições micro e mesoclimáticas locais da cidade.

Segundo Corbella & Yannas (2003) nos centros urbanos os edifícios, que cresceram em altura e em massa aumentando a inércia térmica e modificando os ventos, associados a uma maior quantidade de ruas asfaltadas, que mais escuras absorvem mais energia solar, formam o que se denomina uma UHI. Esse fenômeno é verificado nas áreas urbanas, em geral, duas a cinco horas após o pôr-do-sol, em noites claras e calmas, devido ao maior resfriamento das áreas periféricas da cidade em relação ao núcleo do sistema.

Oke (1982) considerou como causas para a existência de UHIs dois elementos: a condição da superfície e os controladores atmosféricos. O primeiro elemento se traduz na cobertura do solo, na topografia do sítio, na estrutura urbana e nas funções e atividades antrópicas, enquanto o segundo diz respeito à influência das nuvens e dos ventos, quanto à direção e intensidade, na condição da estrutura térmica da superfície.

Muitos trabalhos procuram avaliar a existência das UHIs, precisando a extensão e a intensidade destas. Em recente estudo realizado em Xangai, China, Li et al. (2009) detectaram que a extensão e a magnitude da UHI sofreram um aumento significativo entre 1997 e 2004, com o rápido crescimento da urbanização indicado através do notável aumento do tamanho médio das manchas homogêneas urbanizadas. Estes resultados confirmaram a dependência espacial e heterogeneidade em diferentes escalas para os padrões de utilização dos solos e UHI.

Jusuf et al. (2007), em estudo conduzido em Singapura, mostraram que as áreas densamente urbanizadas apresentaram, no período diurno, uma elevada temperatura superficial do solo (LST), resultado da grande exposição solar dos seus espaços, e no período noturno, essas mesmas áreas apresentaram maiores temperaturas do ar produzidas pelo calor aprisionado dentro do canyon urbano, liberado mais lentamente para o meio ambiente.

Com o objetivo de identificar as principais variações térmicas localizadas na área urbana da cidade de Ilha Solteira, SP, utilizando o módulo LEGAL do aplicativo SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) para

determinar os valores da LST, Costa et al. (2009), mostraram a presença de variações de LSTs da ordem de 20 °C entre áreas com maior quantidade de vegetação, tais como área de floresta do jardim zoológico e área de recreação, e áreas localizadas em regiões onde ocorrem as maiores porcentagens de construções, caracterizando o fenômeno da UHI.

Owen et al. (1998), utilizando sensoriamento remoto em estudo sobre LSTs e UHIs em Dallas, EUA, mostraram que a razão de Bowen, e portanto a resposta da superfície, a temperatura radiante, é função das variáveis teor de água da superfície do solo e cobertura vegetal. De acordo com Marciotto (2008) isso pode ser explicado com base no fato de que a cobertura vegetal além de bloquear parte significativa da radiação líquida que atingiria a superfície, graças à evapotranspiração também contribui para o aumento do fluxo de calor latente, cerca de três vezes maior em superfícies vegetadas quando comparadas com superfícies urbanizadas.

Fukui (2003), através da análise de registros de imagens ASTER, sensor do satélite Terra, para a cidade de Tóquio, registrou o efeito de resfriamento no ambiente urbano produzido pelas áreas verdes. O resfriamento foi acentuado no período diurno da estação quente, quando, comparando áreas arborizadas com outras gramadas, as áreas arborizadas, no mesmo período, apresentaram uma LST 1,9 °C inferior àquelas registradas nas superfícies gramadas.

Em estudo sobre o ambiente térmico de uma região central da cidade de Campinas, SP, Pezzuto (2007, p.118) verificou uma “forte influência da mata na configuração de fraca intensidade de ilha de calor” em uma das unidades climáticas do estudo, enquanto que “as árvores isoladas e os agrupamentos de árvores não influenciaram na configuração da ilha de calor nas demais unidades”. Os agrupamentos arbóreos exercem influência numa escala maior do que uma única árvore, de forma que a disposição de elementos arbóreos pode aumentar a capacidade de redução da temperatura do ar e a atenuação da radiação incidente, bem como intensificar as sensações de conforto térmico ao usuário num determinado raio (ABREU, 2008).

Ainda assim, uma espécie arbórea isolada pode, pelas suas inúmeras virtudes, favorecer a ambiência de um lugar. Abreu & Labaki (2010), comparando os resultados de três diferentes índices de conforto térmico em ambientes externos para

avaliar o comportamento e a possível influência de três diferentes espécies arbóreas isoladas, ipê-amarelo, jabolão e mangueira, no microclima urbano, afirmaram que todas as espécies arbóreas avaliadas foram capazes de alterar a sensação de conforto térmico no entorno imediato. Abreu (2008) observou que, para árvores isoladas, existe uma influência importante do Índice de Área Foliar<sup>5</sup> (IAF) e da dimensão das folhas.

Além dos comprovados efeitos sobre o microclima local, quanto à umidade e insolação, o controle de erosão, a atenuação de ruídos, a melhora da qualidade do ar, a proteção dos mananciais, além da beleza estética, são outras funções da vegetação no ambiente urbano. Todavia, apesar de todos esses benefícios, a vegetação, uma estrutura intrinsecamente fractal, não se encaixa na geometria da cidade cibernética, onde, segundo Salingeros (2000), a vegetação se restringe a gramados perfeitamente planos e arbustos aparados em cubos perfeitos. Ainda de acordo com esse autor, uma cidade viva requer alguns grandes espaços verdes, vários outros de tamanhos intermediários e um número ainda maior de fragmentos menores, conectados no nível do pedestre.

A identificação do alcance da influência, em função das dimensões e fragmentação de agentes e estruturas, como parques, ruas, conjuntos de quarteirões ou bairros que caracterizam uma determinada realidade local, a partir da definição dos pontos de transição de um ambiente climático para outro, pode ser um parâmetro importante para o planejamento das cidades. A aplicação de diferentes técnicas, sozinhas ou combinadas, pode auxiliar na compreensão dos fenômenos que ocorrem no interior do ambiente urbano, especialmente na caracterização da extensão e da intensidade das UHIs e as suas relações com a distribuição de forma e extensão das áreas verdes, parâmetros de referência para o estabelecimento de medidas de adaptação e mitigação das alterações climáticas urbanas.

### **2.2.3 Métodos e Técnicas para Avaliação do Ambiente Térmico Urbano**

Estações fixas, transecto móvel, sensoriamento remoto, modelos dinâmicos, são alguns dos métodos mais utilizados para caracterizar o ambiente térmico de um

---

<sup>5</sup> Variável biofísica, diretamente relacionada com a evapotranspiração, é definida como sendo a razão entre o total de área foliar do dossel da vegetação pela área da superfície projetada no solo.

espaço urbano. Apesar da disponibilidade e evolução destas tecnologias, nenhuma delas pode capturar todas as informações necessárias para essa caracterização, porém, com características complementares, o uso associado destas técnicas pode levar a bons resultados. Simulações exploratórias associadas a medições de estações fixas, por exemplo, podem conduzir a predições de condições futuras de um dado ambiente, traçando cenários úteis para as tomadas de decisões por parte dos gestores urbanos.

Tornar mais precisa as tomadas de decisões do projetista urbano foi um dos objetivos de um estudo conduzido com um modelo físico, relatado por Prata et al. (2010). O modelo de 170 cm<sup>2</sup>, representativo de um bairro da cidade de São Paulo, SP, foi testado em um túnel de vento para verificar a influência do efeito do vento no nível dos pedestres e a possibilidade de compreender a situação atual do bairro. Os resultados de ensaios como este auxiliam “na percepção do espaço quanto à ventilação natural, permitindo o entendimento de questões como conforto do pedestre, dispersão de poluentes, bem como a qualidade interna dos edifícios”, informações úteis para possíveis alternativas de intervenções (PRATA et al., 2010).

Modelos matemáticos também podem auxiliar no entendimento da expansão das cidades, dos processos atmosféricos e da previsão de fenômenos naturais, além da possibilidade de utilizá-los como uma alternativa aos trabalhos de campo para obtenção de dados (DIMOUDI & NIKOLOPOULOU, 2003; HEROLD et al., 2003; SHASHUA-BAR & HOFFMAN, 2003; YU & WONG, 2006; BARBIRATO, 2010).

A partir de dados colhidos em trabalho experimental, adaptado para as condições climáticas típicas da cidade de Maceió, AL, aplicando um modelo climático de balanço de energia para simular o comportamento do ambiente térmico do lugar, Barbirato (2010, p.1) avaliou que o modelo mostrou-se “sensível às configurações urbanas distintas, podendo, portanto, ser útil no teste de soluções e previsões dentro do planejamento e controle térmico de ambientes urbanos”. A autora também destacou as limitações do modelo ao deixar de considerar, entre outros fatores, a contribuição do calor antropogênico no ambiente térmico da cidade e possíveis efeitos de nebulosidade.

Shashua-Bar & Hoffman (2003) utilizando um modelo analítico para estimar o aumento da temperatura do ar a partir do nascer do sol para qualquer instante do

dia, encontraram diferenças significativas na temperatura do ar em ruas orientadas nas direções E-W e N-S. O modelo proposto pelos autores incorporou parâmetros diretamente relacionados com a estrutura física das formas construídas, além das contribuições da radiação solar e das fontes antrópicas, utilizando dados de 11 estações fixas na cidade de Tel-Aviv, Israel.

Utilizando estações meteorológicas convencionais dispostas em ambientes no interior da favela de Paraisópolis, SP, Silva & Ribeiro (2006) verificaram que a orientação, o ordenamento espacial e a densidade das casas consistem em fatores de transformação das condições térmicas na escala micro. Os autores creditaram a ocupação do solo e o arruamento da favela como fatores diferenciadores das características térmicas, onde variáveis como largura de ruas, altura de casas e copas de árvores constituem um canyon cuja orientação implica em maior ou menor capacidade de penetração da energia solar no interior destes ambientes. Rossi & Krüger (2005) também utilizando estações fixas, colocadas em 14 semáforos da cidade de Curitiba, PR, orientados na fachada sul, perceberam que a relação entre as porcentagens de ocupação dos solos das diferentes classes e a variação da temperatura do ar nem sempre ocorre de forma esperada e direta. Para avaliar esta questão os autores sugeriram para pesquisas futuras análises comparativas entre medições móveis e medições fixas e entre medições fixas a 10,0 m de altura, em relação ao solo, com medições fixas e móveis a 1,5 m do solo.

Para uma melhor caracterização do campo térmico de um ambiente, Pezzuto (2007) sugeriu o método de medidas móveis, como uma solução que alia baixo custo e uma densidade muito maior de pontos de informações do lugar. Em trabalho realizado em Campinas, SP, a autora utilizando o método do transecto móvel, distribuiu estações fixas ao longo da área de estudo para complementação das medições móveis. Também utilizando medidas móveis, Maitelli (1994) elaborou um estudo sobre o clima da cidade de Cuiabá, MT, onde, combinando análise de série temporal, observações horizontais fixas e medidas verticais em ponto fixos, através de uma abordagem tridimensional, estabeleceu relações entre essas medidas e o crescimento urbano e uso do solo.

Medições da temperatura do ar, principalmente por estações meteorológicas ou transectos de automóvel, são as técnicas mais comuns para detecção das ilhas de

calor urbanas (UHIs), mas, em alguns trabalhos recentes, como uma alternativa para estudos em escalas maiores, as medições da extensão e da intensidade das UHIs foram realizadas a partir da temperatura superficial do solo (LST) estimada por técnicas de sensoriamento remoto (OWEN et al., 1998; HEROLD et al., 2003; JUSUF et al., 2007; TANG et al., 2008; COSTA et al., 2009). “As técnicas de sensoriamento remoto proporcionam uma visão espacial e temporal do processo de crescimento urbano” ao mesmo tempo em que permitem obter informações do ambiente térmico do meio urbano, do uso do solo, infraestrutura e até a inferência de determinadas características socioeconômicas (COSTA et al., 2009, p.648).

Li et al. (2009), utilizando imagens de satélites dos anos de 1997 e 2004, através da determinação das LSTs identificaram a evolução da intensidade e da extensão da UHI em Xangai, China. Os autores destacaram que embora ainda não exista estabelecida uma função de transferência precisa entre a LST e a temperatura do ar próximo ao solo, essa medida pode ser útil para identificar e compreender a dinâmica e os padrões das UHIs.

Integrando sensoriamento remoto e o método de ajuste de curvas, Chen & Zhou (2004) utilizaram imagem do satélite ASTER do ano de 2000 para investigar a relação das LSTs com variáveis relacionadas às condições naturais e sociais para a cidade de Washington, EUA. Segundo os autores, a relação entre o percentual de superfícies urbanizadas e a LST apresentou melhor ajuste para uma função quadrática com um coeficiente de determinação de 0,792, enquanto que a relação entre a densidade populacional e a LST, embora explique apenas 22% da variação da LST, mostrou uma correlação significativa a um nível de significância de 5%.

De acordo com Silva et al. (2004, p.419), pela técnica que recebe o nome genérico de ajuste de curvas ou regressão, “[...] tanto na pesquisa científica como na abordagem experimental, a observação de um dado fenômeno pode resultar em um gráfico [...]”, cuja análise da função que melhor se ajusta a este, pode fornecer parâmetros que possibilitam descrever qualitativa e quantitativamente tal fenômeno. Sobre essas funções, Guimarães (2002) destacou a importância das funções de distribuições probabilísticas, como as funções Logística, Beta, Gama, Weibull, entre outras, para estimar a ocorrência potencial de eventos de ocorrência incerta, constituindo ferramentas para procedimentos de modelagem estatística.

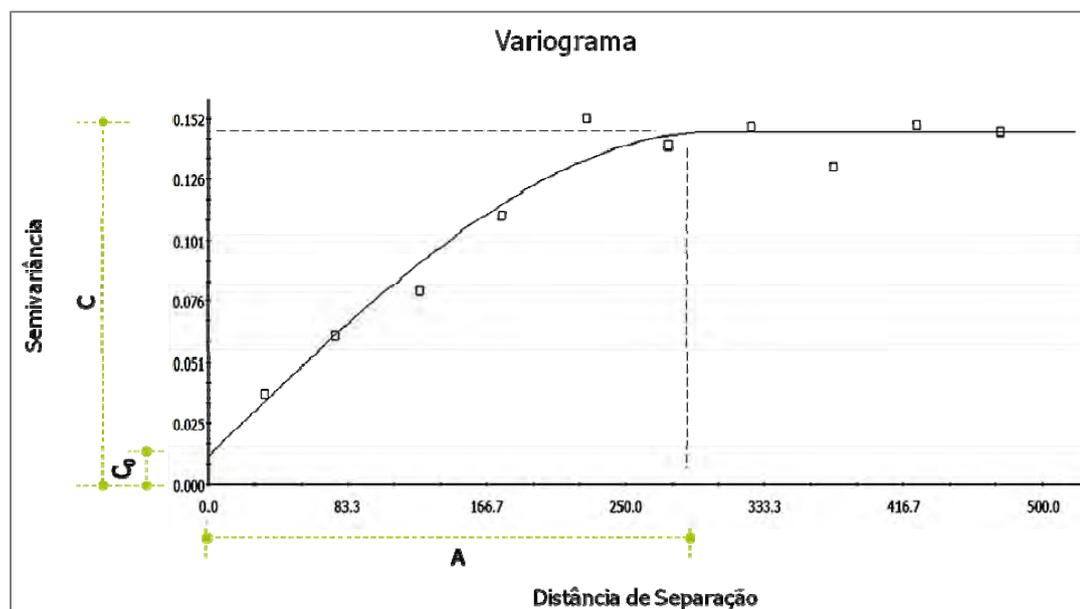
Ainda segundo Guimarães (2002, p.16), alguns fenômenos físicos e naturais que parecem seguir leis de potência tem a função de Weibull como padrão de ajuste das suas tendências, sendo “[...] atualmente a função probabilística mais empregada na área biológica e em estudos atmosféricos, além de ampla utilização em outros ramos da ciência”. Proposta pelo engenheiro e matemático sueco Ernst Weibull, a distribuição Weibull tem origem a partir do estudo das distribuições das dimensões de partículas após uma fragmentação, assumindo que partículas pequenas são mais prováveis do que as partículas maiores ao final do processo, de forma que a fragmentação é um processo regido por uma função de potência. Aplicada em processos complexos em todas as escalas, as estatísticas derivadas da estrutura local em imagens naturais seguem uma distribuição Weibull (BROWN & WOHLETZ, 1995).

Também aplicada à modelagem computacional de processos complexos, a integração de dados de sensoriamento remoto e geoestatística tem sido reconhecida como ferramenta importante em análises climáticas urbanas. Li et al. (2009), com uma abordagem integrada de sensoriamento remoto e geoestatística, incluindo métodos de autocorrelação espacial e semivariância, detectaram as evoluções da UHI entre os anos de 1997 e 2004, em Xangai, China, pelas variações da temperatura média do solo, de 22,4 °C, em 1997, para 31,2 °C, em 2004, e da extensão, de 21,2 km, em 1997, para 29,4 km, em 2004.

A Geoestatística aborda a necessidade de fazer previsões de atributos em locais não amostrados a partir de uma amostragem escassa de dados, informações muitas vezes excessivamente caras. Para compensar a dificuldade da escassez de dados, a geoestatística tem concentrado no desenvolvimento de poderosos métodos de interpolação baseados na teoria estocástica (BURROUGH, 2001). Um método de interpolação bastante interessante para amostras de dados dispersos e pouco abundantes é a krigagem, onde são atribuídos pesos às diferentes amostras de acordo com uma função teórica expressa pelo variograma (DRUCK et al., 2004).

Baseado na premissa da geoestatística de que pontos mais próximos no espaço tendem a apresentar valores de atributos semelhantes, propriedade conhecida como autocorrelação espacial, o variograma é o instrumento que descreve quantitativamente a variação no espaço de um fenômeno regionalizado. O

semivariograma (Figura 08) representa a metade do variograma e sua curva pode assumir diferentes formatos, linear, esférico, exponencial entre outros, sendo possível a sua modelagem por uma função matemática teórica associada a este formato.



**Figura 08** – Modelo de variograma.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

No semivariograma o alcance (A) é a distância a partir da qual as amostras passam a ser independentes, refletindo o grau de homogeneização entre elas. Amostras localizadas a uma distância inferior ao alcance são correlacionadas espacialmente umas com as outras, cuja determinação depende do tamanho da área amostrada e da escala da observação realizada. No patamar (C) as amostras deixam de ser correlacionadas passando ao campo da aleatoriedade.

Pela análise geoestatística as amostras tomadas em um mesmo ponto deveriam apresentar os mesmos valores, indicando uma alta correlação entre elas. Assim, teoricamente o valor da função variograma na origem deveria ser zero, mas devido a erros de amostragem, provocados pela própria variabilidade natural da amostra, existe uma pequena diferença entre esses valores ( $C_0$ ), denominada efeito pepita (CAMARGO, 2008).

Segundo Guimarães (2004) o grau de dependência espacial da variável em estudo pode ser classificado em função da relação

$$\text{Variância Estrutural} = \frac{C}{C_0 + C} \quad \text{Equação 02}$$

Conhecida como variância estrutural, a relação apresentada na Equação 02 sugere a dependência espacial das amostras como forte, para valores maiores que 0,75, moderada, entre 0,25 e 0,75, e fraca quando a relação for menor que 0,25 (GUIMARÃES, 2004).

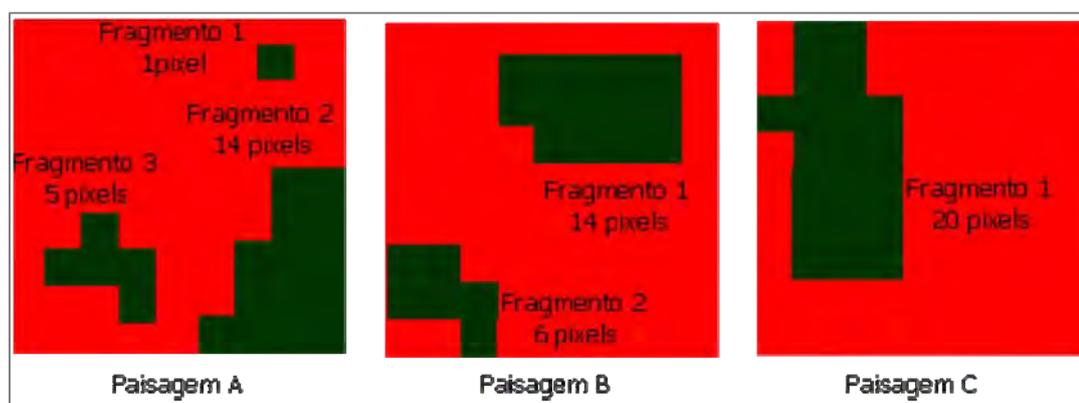
As ferramentas computacionais que permitem realizar essas análises complexas, ao integrar dados de diversos pontos e criar bancos de dados georreferenciados, utilizando de técnicas de geoestatística para a construção de superfícies contínuas do atributo em estudo, são chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Utilizando modelos esféricos de semivariogramas, Li et al. (2009) implementaram mapas térmicos da superfície de Xangai, China, para imagens de 1997 e 2004 com uma variabilidade na força do modelo proporcional à variação estrutural, de 0,500 e 0,501, para os mapas dos anos de 1997 e 2004, respectivamente. Os autores justificaram a moderada correlação espacial pela presença de fatores aleatórios que poderiam desempenhar um papel importante na determinação da heterogeneidade espacial do padrão da UHI, de forma que os processos em escalas menores não devem ser ignorados. Weng et al. (2004), utilizando SIG e análise fractal para investigar a aplicabilidade da fração de vegetação derivada de uma imagem LANDSAT de Indianápolis, EUA, para estimar as LSTs do espaço em questão, perceberam que a complexidade espacial das imagens altera com as resoluções espaciais das mesmas, aumentando inicialmente com o aumento do tamanho do pixel e atingindo a máxima complexidade, medida pela dimensão fractal, em torno de 120 m de resolução espacial. Os autores perceberam que a variabilidade das LSTs foi correlacionada positivamente com a fração de vegetação com maior força para a resolução espacial de 120 m.

Inicialmente aplicado em pesquisas relacionadas a análises meteorológicas, um dos primeiros trabalhos sobre o uso de fractais em estudos atmosféricos foi o de Shaun Lovejoy, em 1982, que utilizando a dimensão fractal, efetuou um mapeamento da distribuição das chuvas, considerando as escalas de precipitação diária e anual

(CHRISTOFOLETTI, 1995). Além da dimensão fractal, outros índices da ecologia da paisagem, denominados por métricas de paisagem, são utilizados em estudos das relações entre a forma e a fragmentação do ambiente urbano e fenômenos sociais e ambientais (DIBARI, 2007; LI, 2010; STYERS, 2010). A ecologia da paisagem é o ramo da ecologia que tem como foco a investigação e a compreensão da heterogeneidade espacial em múltiplas escalas com base em três características da paisagem: estrutura, função e mudança (FORMAN & GODRON, 1986).

A estrutura da paisagem refere-se às características espaciais dos *patches*<sup>6</sup> da paisagem, incluindo seu tamanho, forma, composição e arranjo espacial (Figura 09). A função da paisagem refere-se aos processos ecológicos e as relações que existem dentro de uma paisagem com base em suas características estruturais. Por último, a mudança da paisagem refere-se à natureza dinâmica da estrutura da paisagem e da função ao longo do tempo, onde as mudanças são muitas vezes o resultado de perturbações naturais ou antrópicas. Esses distúrbios podem produzir mudanças dentro, e entre os fragmentos, e nos fluxos de energia, materiais e organismos dentro de uma paisagem (TURNER, 1989; FORMAN, 1995).



**Figura 09** – Exemplos de distribuições de fragmentos arbóreos em um ambiente urbanizado.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

DiBari (2006) utilizou quatro métricas de paisagem para descrever as mudanças na estrutura da paisagem causadas pela urbanização na área metropolitana

<sup>6</sup> Fragmentos.

de Tucson, EUA, entre 1984 e 1998. Segundo o autor os índices, dimensão fractal (FRAC), de maior fragmento (LPI), distância ao vizinho mais próximo (ENN), e interspersão e justaposição (IJI), forneceram uma visão abrangente da estrutura da paisagem, incluindo extensão, forma, isolamento e proximidade, e de contágio, respectivamente. Os resultados indicaram um aumento no número de fragmentos de vegetação no espaço da cidade com uma conseqüente redução da área média de cada fragmento de 2,73 ha, em 1984, para 0,53 ha, em 1998.

Li et al. (2010) utilizaram dados de sensoriamento remoto, sig e métodos de ecologia da paisagem para avaliar quantitativamente a dinâmica espacial e temporal do desenvolvimento urbano sobre zonas úmidas da área da baía Lianyungang, China. A intensidade das mudanças na paisagem devido à rápida urbanização produziu uma fragmentação das áreas úmidas e um aumento na complexidade das formas destes fragmentos, comprovados, com o aplicativo Fragstats (MCGARIGAL & MARKS, 1995), pela redução drástica do LPI das zonas úmidas de arroz e pântanos de sal e pelos aumentos nos valores dos índices, dimensão fractal (FRAC) e forma (SHAPE), respectivamente. Os autores descrevem o Fragstats como um programa de análise de padrões espaciais que quantifica a extensão real e a configuração espacial dos fragmentos dentro de uma paisagem, cabendo ao usuário estabelecer uma base sólida para a definição e dimensionamento da paisagem e o regime em que os fragmentos são classificados e delineados para análise.

Ainda de acordo com Li et al. (2010), comparando os resultados deste estudo com outros realizados na mesma região, foi possível constatar que a perda e a degradação das áreas úmidas de Lianyungang, China, resultaram na superexploração e eutrofização da água, na introdução de espécies exóticas invasoras e em alterações climáticas. Essa combinação, do clima e uso da terra, segundo os autores, pode ter profundos efeitos sobre a habitabilidade do ambiente, mais do que qualquer agente sozinho.

Neste sentido Lenzholzer & Koh (2010) julgaram que a avaliação dos efeitos do clima e do uso dos solos urbanos sobre a preferência por um lugar passa pela questão: como as percepções do microclima se relacionam com a configuração espacial de espaços urbanos ao ar livre? Segundo os autores as pessoas têm imagens ou esquemas mentais de microclimas urbanos que se relacionam com a disposição

espacial do lugar. Os esquemas, baseados em processos de aprendizagem, são desenvolvidos pelas pessoas em uma infinidade de circunstâncias, sobre a interpretação de muitos estímulos diferentes. No caso da percepção ambiental estes estímulos podem ser determinadas situações, configurações espaciais, ou elementos morfológicos, funcionando como pistas ambientais para entender se o clima de um lugar define, ou ao menos influencia a preferência por um ambiente.

#### **2.2.4 A Influência do Microclima e da Configuração Espacial na Imagem de Residência de um Indivíduo**

O esquema mental de residência de um indivíduo, o espaço de nossa felicidade, segundo Bachelard (1993), são imagens apreendidas ao longo da história de vida da pessoa, com laços construídos a partir da história de interação com o lugar. Para Tuan (1980) esses laços se constituem em uma afeição pelo lugar, denominada por topofilia, que variando muito em amplitude emocional e intensidade, assumem muitas formas: uma evocação de orgulho de posse ou de criação; um apego por ser familiar e representar o passado; uma alegria nas coisas devido à saúde e vitalidade animal; um prazer visual efêmero ou um deleite sensual de um contato físico.

Addison (2003), em estudo sobre a percepção dos moradores de Florianópolis, SC, em relação à cidade, encontrou como elementos perceptivos mais importantes referenciados pela população, a qualidade de vida, as belezas naturais, as praias e o bucolismo dos bairros. A autora também relatou que mesmo com os problemas ambientais resultantes das transformações ocorridas na Ilha de Santa Catarina, os moradores da ilha apresentaram um grau mais acentuado de topofilia em relação aos moradores do continente, de forma que o encantamento e a sedução da cidade, principalmente da parte insular, recompensam seus habitantes pelos problemas que enfrentam. Neste sentido, Tuan (1980, p.67) destacou que os indícios de alteração da paisagem local ganham extrema importância, “uma vez que representam mais que novas configurações físicas, mas a perda de referenciais sócio-históricos, substratos onde se ancora o universo de significações atribuído ao lugar”.

Llinaresa & Pageb (2008) em estudo realizado em Valência, Espanha, utilizaram uma ferramenta denominada Engenharia Kansei para avaliar as respostas dos sujeitos para os atributos mais importantes para a escolha de uma área particular

para viver. A técnica proposta neste trabalho foi desenvolvida na década de 1970 no Instituto de Tecnologia de Kure, Hiroshima, Japão, com a finalidade de traduzir o sentimento do consumidor e a imagem de um produto em elementos de design. Neste trabalho, usando 250 diferentes adjetivos sobre ambientes residenciais que descrevem um bairro, citados por 159 entrevistados, os atributos mais importantes, que explicam a maior parte das percepções, estiveram relacionados com a paz, a amizade entre os vizinhos e a calma de um bairro.

A vizinhança agradável e as amizades podem fazer parte de um mesmo eixo temático dentro do espaço semântico de elementos perceptivos. A possibilidade de agrupar diferentes elementos perceptivos em um mesmo eixo temático para levantar os atributos que definem a preferência de um indivíduo por um ambiente são características que tornam a técnica da análise hierárquica coesitiva e implicativa adequada ao objetivo pretendido. A análise hierárquica coesitiva e implicativa, como todos os métodos de análise estatística de dados multidimensionais, segundo Gras & Almouloud (2002), permite visualizar, organizar, construir modelos e explicar fenômenos associados aos dados, evidenciando o comportamento ou as imagens mentais de sujeitos em diferentes situações.

Barros et al. (2010a) utilizaram o aplicativo Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive (CHIC) para realizar uma análise coesitiva e implicativa com o objetivo de observar as coesões entre as diferentes percepções dos visitantes de um parque urbano da cidade de Cuiabá, MT, em relação a este ambiente. Este estudo mostrou que a qualidade estética da vegetação e a qualidade ambiental, especificamente a acústica, ausência de sons urbanos, e térmica, comprovada por um estudo microclimático realizado em paralelo, entre outros fatores, foram os aspectos perceptivos mais citados pelos usuários do espaço. O aplicativo CHIC, por meio da análise implicativa clássica com base na lei binomial, favorece a compreensão de relações e coesões, e as intensidades relativas destas, entre os termos evocados em entrevistas, permitindo inferir possíveis caminhos explicativos para o tema em estudo.

Nesta forma de análise mesmo elementos perceptivos opostos como rural e urbano, quente e frio ou sombra e sol, ocupam o mesmo eixo temático definindo a importância do aspecto, seja positivo ou negativo. Segundo Tuan (1980) a mente

humana além de segmentar e classificar os contínuos da natureza tem a tendência de arranjar os seus fragmentos em pares opostos e atribuir significados também opostos a cada elemento do par.

A dicotomia entre os ambientes rural e urbano, por exemplo, tem sido um assunto intrigante de estudo para pesquisadores de diversas áreas em diferentes países. Alguns destes estudos buscam respostas para as diferenças de saúde entre populações de áreas urbanas e rurais. Em um estudo epidemiológico na Holanda, realizado através de entrevistas com grupos controlados por idade, sexo e padrão sócio-econômico, Maas et al. (2006) sugeriram que a disponibilidade de áreas verdes, dentro de um raio de 1 km a 3 km do ambiente residencial, foi associada pelas pessoas como um ambiente saudável. Os autores explicaram que essa percepção, associada às diversas funções da vegetação no ambiente urbano, entre elas a amenização climática, podem influenciar as preferências e as atitudes das pessoas, refletindo em um estilo de vida mais saudável.

Para Sartori (2000, p.57) a apreensão dos elementos perceptivos que formam a imagem de residência de um indivíduo passa também pelos efeitos psicológicos resultantes de processos fisiológicos humanos provocados pelo clima e pelas ações humanas, aplicadas aos vestuários e construções, voltadas para modificar o estresse provocado pelo próprio clima. De acordo com Lenzholzer & Koh (2010) este aprendizado faz com que as pessoas adquiram uma percepção climática, de forma a ser possível estabelecer relações entre configurações espaciais com as propriedades mais prováveis dos correspondentes microclimas. A percepção climática a partir das configurações espaciais de um ambiente pode ser responsável pela influência do planejamento urbano na escolha do local de moradia.

Nesse contexto, a escolha do ambiente residencial por um indivíduo deve ser analisada a partir de perspectivas diferentes. Muito mais que apenas uma questão econômica, perspectivas psicológicas, fisiológicas e físicas também influenciam esta decisão, porém a complexidade inerente ao tema torna impossível o julgamento de relevância de um aspecto sobre os outros. Fruto da composição destas perspectivas, a imagem de residência é ponderada pelas necessidades situacionais do indivíduo. Entendendo desta forma, e considerando que as demais perspectivas fogem do escopo deste trabalho, de forma complementar ao estudo da relação do percentual de

área vegetada e sua fragmentação sobre os ambientes térmicos urbanos, foi realizada uma avaliação da influência dos aspectos físicos, da morfologia e do microclima urbano, na preferência de um indivíduo por um ambiente residencial. Assim, compreendendo como os diferentes aspectos influenciam na escolha do ambiente residencial será possível sugerir diretrizes de desenho urbano que resgatem as melhores condições de vida, esquecidas como as razões que nos fizeram morar nas cidades.

## **3 AMBIENTE URBANO DE ESTUDO: CUIABÁ, MT**

### **3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS**

Fundada em 8 de abril de 1719 por bandeirantes paulistas que, paralelamente à extração de ouro, buscavam índios neste sertão brasileiro, Cuiabá, a Capital do estado de Mato Grosso, situada à margem esquerda do rio de mesmo nome, nasceu de um arraial onde foram construídas casas, igrejas e estabelecido um pequeno comércio com a necessidade de regularizar o abastecimento para seus habitantes, ocupados somente com a mineração. No princípio o abastecimento desse comércio era realizado através de hidrovias, duas vezes ao ano, em viagens que demoravam de 4 a 6 meses, dependendo do volume de água dos rios, sistema conhecido por monções (SIQUEIRA, 2000).

A decadência das minas auríferas no final do século XVIII provocou a emigração de boa parte da população da então Vila Real do Bom Jesus de Cuiabá. A estagnação econômica, a Guerra do Paraguai (1865 – 1870) e um mal trazido pelos combatentes, ainda pior que a própria guerra, a varíola, refletiram diretamente sobre a vida da cidade. O período foi muito penoso para a população cuiabana. Isolada do restante do País, o abastecimento da Vila passou a ser realizado pelas grandes propriedades de senhores de escravos e pequenos sítios dedicados a gêneros de abastecimento ao mercado local. Freire (1997) relacionou a lembrança residual dos tempos de escassez e extrema penúria vividos no passado com o costume de se plantar quintais nos lotes urbanos, prática que lançou raízes profundas entre os cuiabanos.

Ao final do século XIX e início do século XX desenvolveu-se no estado o ciclo econômico da exploração vegetal, em especial das erva-mate, poaia e borracha. “Na primeira metade do século XX, o redirecionamento da política econômica do

país atribuiu ao estado um novo papel”, absorver mão-de-obra excedente de outras regiões e se transformar em produtor de alimentos (HIGA, 2005, p.32).

A intensificação deste processo produziu, na década de 1980, as mais altas taxas de crescimento populacional da história da cidade, com uma expansão de 136% do seu sítio urbano sobre as áreas periféricas. O ritmo de crescimento da cidade não foi acompanhado pelo investimento do setor público em infraestrutura e serviços para atender as necessidades da população. A demora no atendimento dessas necessidades resultou na ocupação ilegal de áreas periféricas, originando os bairros Santa Izabel, Del Rei, Renascer, entre outros (VILARINHO NETO, 2005). O crescimento desordenado da área urbana gerou grandes problemas ambientais como: córregos assoreados e cheios de esgoto, poluição do ar e sonora e a formação de ilhas de calor nas áreas centrais (PIAIA, 1997).

Atualmente a Região Metropolitana do Vale do Rio Cuiabá (RMVRC), estabelecida pela Lei Estadual Complementar 27/2009, compreendendo os municípios de Cuiabá, Várzea Grande, Nossa Senhora do Livramento e Santo Antônio de Leverger, apresenta uma população de 834.060 habitantes, com tendência de crescimento (IBGE, 2010). Atendendo aos municípios do estado e de estados vizinhos em diferentes áreas socioeconômicas, especialmente no setor de serviços, os municípios da RMVRC consolidam a função de metrópole regional com o desafio de transformar estes espaços em ambientes mais saudáveis e produtivos.

### **3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS**

Localizada na porção central da América do Sul, nas coordenadas geográficas 15° 35' 56" latitude Sul e 56° 06' 01" longitude Oeste, na zona intertropical do Planeta, a RMVRC tem seu clima identificado prioritariamente pela temperatura. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, típico do regime tropical de savana com duas estações bem definidas, uma seca, que se prolonga de abril/maio a setembro/outubro, e outra chuvosa. As temperaturas médias anuais oscilam entre 25°C e 26°C, enquanto as máximas ultrapassam, frequentemente, 35°C durante quase o ano todo (MAITELLI, 2005).

Campelo Júnior et al. (1991, p.548), utilizando dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do período de 1970 a 1989, registrou a ocorrência de 54 dias

por ano, em média, no período de 21 de agosto a 07 de abril com temperaturas médias superiores a 28 °C, “sendo mais frequente que estes ocorram isoladamente, embora exista a possibilidade de ocorrerem em períodos contínuos de até 16 dias”. Com relação às temperaturas mínimas, em média, ocorrem 17 dias por ano com temperatura média inferior a 20 °C, frequentemente de ocorrência isolada, sendo possível que ocorram períodos contínuos de até 10 dias abaixo de 20 °C.

A ocorrência de períodos de curta duração com temperatura baixa alternando-se a temperaturas moderadas ou elevadas durante o período do inverno é uma característica marcante do clima na RMVRC. As temperaturas baixas ocorrem em consequência da invasão de Massa Polar do Atlântico, enquanto que as altas da primavera e verão podem ser atribuídas à ação da Massa Tropical Continental (CAMPELO JÚNIOR et al., 1991).

A direção do vento é predominantemente N e NO na maior parte do ano e S no inverno. Apesar da baixa velocidade média do vento ao longo do ano, picos de velocidade acontecem em períodos de curta duração. A Tabela 01 mostra o comportamento médio e a dispersão dos demais elementos do clima em Cuiabá.

**Tabela 01** – Dados climáticos mensais médios para Cuiabá referentes ao período de 1970 a 1989

Período	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Umidade Relativa Média (%)	Insolação (h/dia)
Janeiro	26,6	32,5	23,4	78,0	5,4
Fevereiro	26,5	32,5	23,0	80,0	5,6
Março	26,5	32,7	23,0	80,0	5,9
Abril	26,4	32,6	22,2	79,0	6,7
Mai	25,0	31,4	20,6	76,0	7,2
Junho	23,0	30,9	17,8	74,0	7,4
Julho	22,8	31,9	16,6	65,0	8,2
Agosto	24,7	33,5	18,2	60,0	7,1
Setembro	26,3	33,8	20,9	63,0	5,7
Outubro	27,4	34,2	22,6	67,0	7,0
Novembro	27,1	33,2	23,1	73,0	6,3
Dezembro	26,8	32,5	23,5	78,0	5,4
Ano	25,8	32,6	21,2	73,0	6,5

**Fonte:** Campelo Júnior et al., 1991, p.551.

A umidade relativa do ar varia muito conforme os períodos de seca e chuva. No período de seca em algumas localidades da região são registrados índices de umidade relativa do ar inferiores a 30% entre os horários de 10 h e 16 h (GUARIM & VILANOVA, 2008). Relacionando a temperatura e a umidade do ar, Maitelli (2005) destacou que no período de seca, como o ar contém menor quantidade de vapor de água, as amplitudes térmicas diárias são mais elevadas. O ar mais estabilizado nesta época proporciona maior acoplamento entre superfície e atmosfera, tornando possível a identificação da influência do uso do solo nas condições climáticas dos diferentes espaços urbanos.

Na região predominam depressões e planícies com altitudes entre 95 m e 200 m. Apresentando valores totais anuais de precipitação menores que no restante do estado, por volta de 1200 mm a 1500 mm, a região ainda apresenta os maiores valores de perdas superficiais por evapotranspiração, aproximadamente entre 1340 mm e 1450 mm (MAITELLI, 2005).

### **3.3 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Uma avaliação das alterações dos ambientes térmicos das cidades deve ter como foco, primeiramente, o processo de urbanização. Portanto para a realização deste trabalho procurou-se delimitar uma área na região conurbada Cuiabá/Várzea Grande localizada na direção do vetor crescimento da região ao longo dos últimos trinta anos, período em que tal processo se apresentou mais intenso.

Para tanto buscou-se identificar e espacializar os diferentes usos do solo urbano na região de conurbação em três momentos diferentes: 1980, 1995 e 2010. Para mapear esses padrões de urbanização e cobertura do solo foram utilizadas as seguintes cenas:

- a. LANDSAT-3, órbita/ponto 243/71, com passagem em 03 de janeiro de 1980;
- b. LANDSAT-5, órbita/ponto 226/71, com passagem em 28 de maio de 1995;
- c. LANDSAT-5, órbita/ponto 226/71, com passagem em 18 de março de 2010.

As imagens, fornecidas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram selecionadas através do catálogo de imagens da Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DGI-INPE)

seguindo o critério de menor cobertura de nuvens e datas de passagens dos satélites numa mesma estação, seca ou chuvosa. As principais características dos sensores destes satélites são apresentadas na Tabela 02.

**Tabela 02** – Características das câmeras MSS e TM dos satélites LANDSAT 3 e 5

Satélite	Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espacial
LANDSAT-3	MSS	4. 0,5 a 0,6 $\mu\text{m}$	80 m
		5. 0,6 a 0,7 $\mu\text{m}$	80 m
		6. 0,7 a 0,8 $\mu\text{m}$	80 m
		7. 0,8 a 1,1 $\mu\text{m}$	80 m
LANDSAT-5	TM	1. 0,45 a 0,52 $\mu\text{m}$	30 m
		2. 0,52 a 0,60 $\mu\text{m}$	30 m
		3. 0,63 a 0,69 $\mu\text{m}$	30 m
		4. 0,76 a 0,90 $\mu\text{m}$	30 m
		5. 1,55 a 1,75 $\mu\text{m}$	30 m
		6. 10,4 a 12,5 $\mu\text{m}$	120 m
		7. 2,08 a 2,35 $\mu\text{m}$	30 m

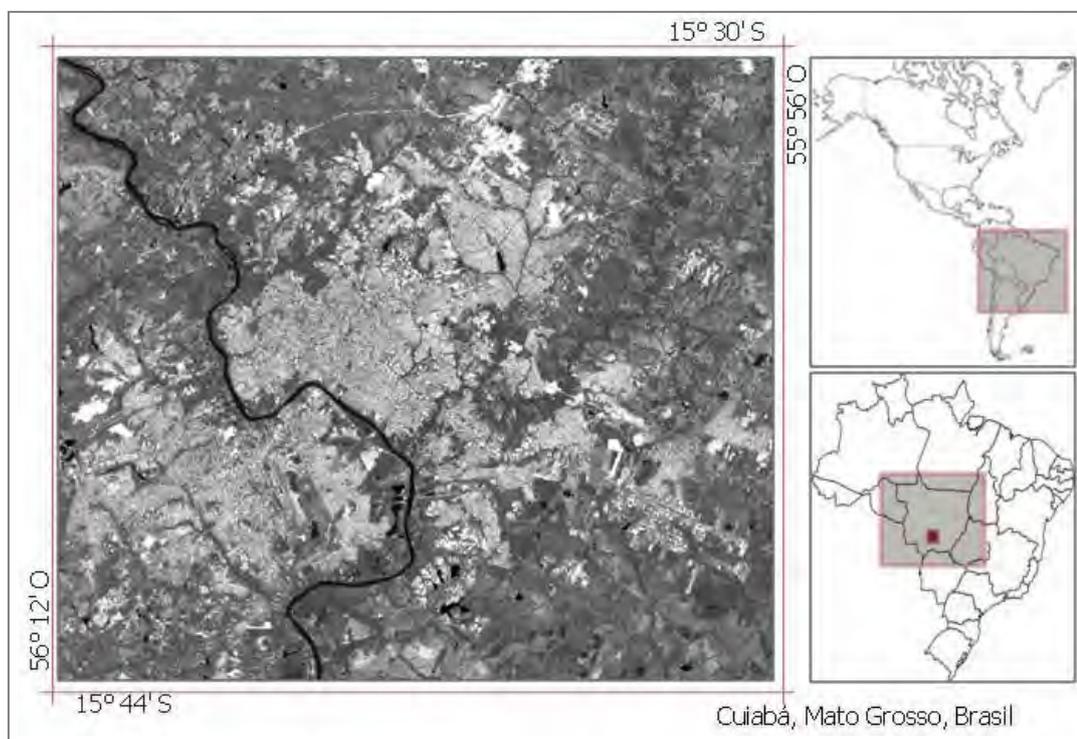
**Fonte:** INPE, 2009a.

Um retângulo envolvente foi definido de forma que a área de estudo ficasse restrita aos limites de longitude 55° 56' a 56° 12' Oeste e latitude 15° 30' a 15° 44' Sul (Figura 10). Este limite, obtido através da imagem LANDSAT 5 de 2010, definida anteriormente, compreende áreas efetivamente urbanizadas dos municípios de Cuiabá e Várzea Grande, áreas urbanizadas no perímetro de expansão urbana e na zona rural, perfazendo uma superfície de aproximadamente 735 km<sup>2</sup>.

Para o tratamento digital das imagens foi utilizado o aplicativo SPRING v.5.1.3, gratuitamente oferecido pelo INPE (INPE, 2009b). Neste aplicativo a rotina teve início no módulo “Impima”, onde foi realizado o pré-processamento. Neste módulo as imagens, fornecidas na extensão TIFF, foram recortadas no limite definido anteriormente e convertidas para os formatos SPG e DSC.

A seguir, ainda no aplicativo SPRING v.5.1.3, foi criado um banco de dados e um projeto, onde as imagens no formato SPG foram inseridas e registradas. Para a operação de registro 30 pontos das imagens foram vinculados às coordenadas dos pontos correspondentes em campo, medidas através de um receptor GPS modelo

GPSMAP 76CSx da Garmin, adotando-se o sistema de projeção UTM, datum SAD 69 na zona 21.



**Figura 10** – Mapa base da área de estudo.

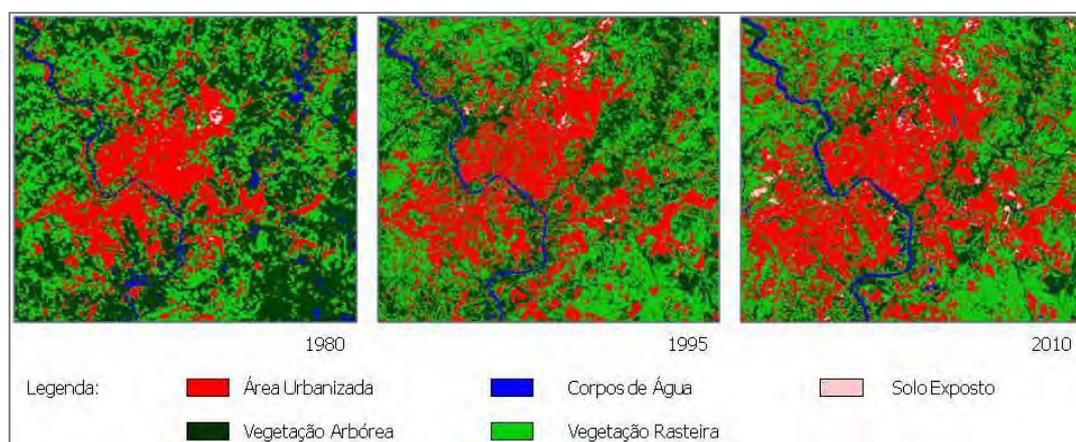
**Fonte:** INPE, 2010.

Para identificar os diferentes usos do solo urbano na área de estudo nos momentos registrados pelas imagens procedeu-se uma classificação automática das imagens registradas. De acordo com os objetivos do trabalho, mostrou-se mais adequada, para uma maior separabilidade do uso do solo urbano, a classificação não-supervisionada, utilizando-se as combinações das bandas 1 e 5 para o sensor TM, e as bandas 5 e 6 para o sensor MSS, realizada pelo algoritmo MAXWER, com limiar de aceitação de 100%. Foram identificadas cinco classes de ocupação dos solos: uma para superfícies de corpos de água, duas classes para alvos de elevada reflectância, solos expostos e áreas urbanizadas, e duas classes associadas às áreas com vegetação, áreas de vegetação arbórea, correspondentes aos dosséis das árvores, e áreas de vegetação de gramíneas, caracterizadas por grama, capim e arbustos dispersos.

A classe vegetação arbórea, ou ainda fragmentos de vegetação arbórea, como serão tratados neste trabalho os pixels dessa classe após a classificação, compreende

os fragmentos ainda íntegros do cerrado original da região, além da arborização de ruas e praças, bosques de terrenos desocupados e quintais, e até mesmo árvores isoladas com dimensões de copa suficientes para reconhecimento do classificador conforme as resoluções espaciais das imagens.

As imagens classificadas em cada época deram origem aos mapas de usos dos solos apresentados na Figura 11. Recentemente, vários autores utilizaram em seus trabalhos o tratamento de imagens LANDSAT, para mapear a evolução temporal das áreas urbanas (ALVES et al., 2008; LI et al., 2010; MORAES et al., 2009; STYERS et al., 2010).



**Figura 11** – Mapas de Usos dos Solos de 1980 a 2010.

**Fonte:** SPRING v.5.1.3, 2009.

Os modelos de mesoescala confeccionados de cada época, os mapas de usos dos solos, como uma grade de células, aplicados ao software Fragstats 3.3, permitiram ponderar a fração coberta por estas classes dentro da área de estudo, além de quantificar a fragmentação de cada classe neste espaço.

Para tanto, no aplicativo SPRING cada mapa de usos dos solos, submetido a uma grade uniforme 5x5, produziu, a partir do mapa original, 25 recortes secundários. Submetendo os arquivos referentes aos recortes secundários ao aplicativo Fragstats 3.3 foi possível determinar o valor da área correspondente ao uso de solo classificado como área urbanizada em cada recorte secundário. Assim, cada recorte secundário (i) referente a um ano (t), devidamente referenciado pelas

coordenadas do centro destes recortes ( $X_i$  e  $Y_i$ ), foi associado a uma quantidade, em ha, de área urbanizada ( $A_i$ ).

Os valores das áreas urbanizadas em cada recorte dos mapas foram utilizados, segundo a Equação 03, para determinar as coordenadas do baricentro da área urbanizada da cidade de Cuiabá em cada época.

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^{25} (A_i \cdot X_i)}{\sum_{i=1}^{25} A_i} \quad Y_t = \frac{\sum_{i=1}^{25} (A_i \cdot Y_i)}{\sum_{i=1}^{25} A_i} \quad \text{Equação 03}$$

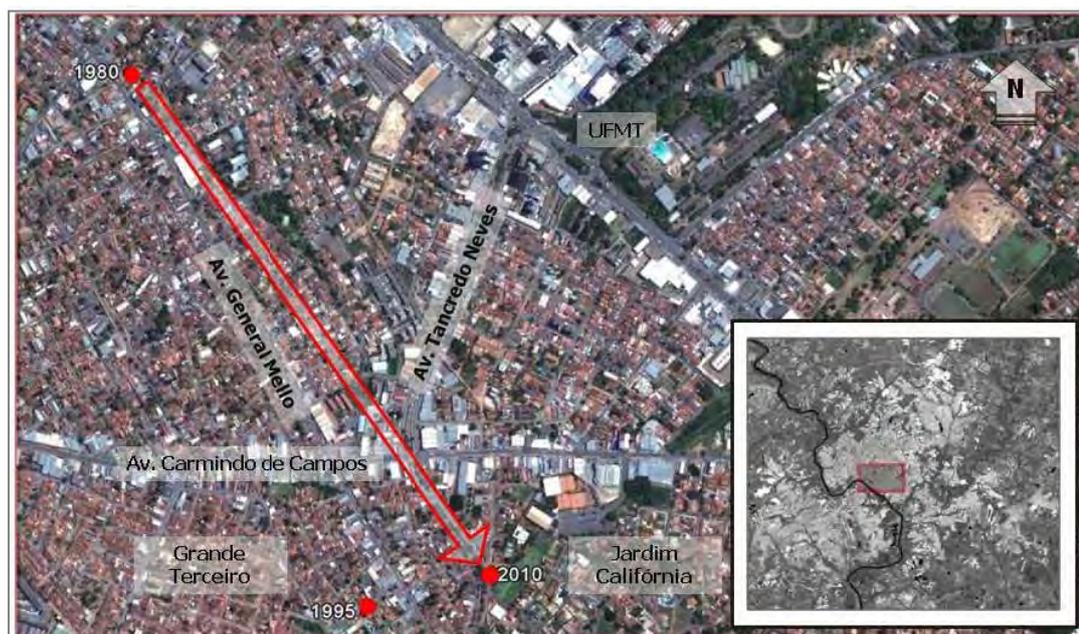
Onde:

$X_t$  e  $Y_t$  → Coordenadas do baricentro do mapa de uso dos solos no ano  $t$ ;

$A_i$  → Área urbanizada no recorte  $i$  do ano  $t$ ;

$X_i$  e  $Y_i$  → Coordenadas do centro do recorte  $i$  do ano  $t$ .

Na Figura 12 estão representados os resultados encontrados para as posições dos baricentros da área urbanizada da conurbação Cuiabá/Várzea Grande em cada uma das três épocas do estudo.



**Figura 12** – Vetor deslocamento do baricentro das áreas urbanizadas.

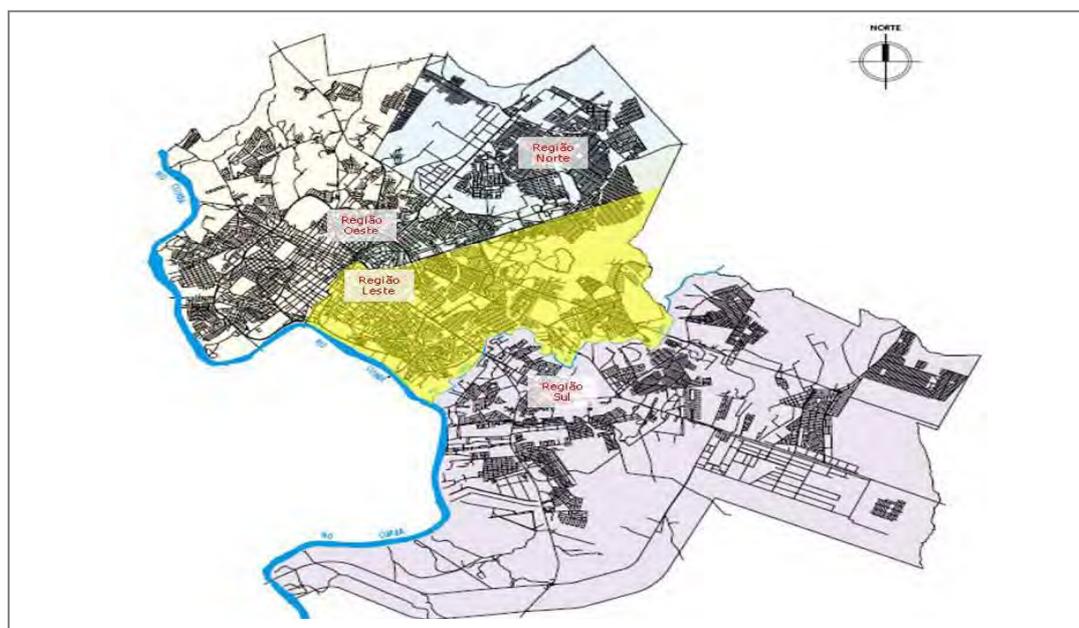
**Fonte:** Google Earth, 2010; INPE, 2009a.

Como, na utilização para este trabalho, o baricentro está relacionado à distribuição das áreas urbanizadas no limite geográfico definido inicialmente, a determinação dos baricentros tornou possível o estabelecimento do vetor deslocamento das áreas urbanizadas ao longo dos últimos 30 anos.

Este resultado evidenciou o maior incremento destas áreas urbanizadas no período na porção sudeste da cidade de Cuiabá. Este fato, além da existência de grandes fragmentos de áreas verdes remanescentes do cerrado que cobria toda a região, justifica a escolha desta região para a realização do estudo da influência das áreas arborizadas sobre a temperatura do ar de um dado ambiente apresentado neste trabalho.

### 3.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O Plano Diretor de Cuiabá, Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico (PDDE), consolidado pela Lei Complementar n.º 150, de 29 de janeiro de 2007, estabeleceu 4 regiões administrativas na área urbana da cidade, onde estão distribuídos seus 116 bairros (CUIABÁ, 2007). De acordo com a divisão administrativa apresentada pelo PDDE, a área de estudo proposta para a realização deste trabalho se encontra na Região Leste da cidade de Cuiabá (Figura 13).



**Figura 13** – Regiões administrativas do município de Cuiabá.  
**Fonte:** Cuiabá, 2007.

Existem na Região Leste 47 bairros, de diferentes classes de renda, de baixa a alta, ocupando uma área da ordem de 40 Km<sup>2</sup>. Os bairros ao leste desta região são eminentemente residenciais, enquanto que nos bairros das porções centro e oeste existe uma grande diversidade de atividades e equipamentos urbanos, bens públicos ou privados, de utilidade pública.

Algumas importantes Unidades de Conservação da Natureza se encontram nesta região, como o Parque Cuiabano Tia Nair, com área de 10 ha, e o Parque Zoobotânico da UFMT, com vegetação ocupando 20 ha dos 67 ha do *campus*. No entanto, as áreas verdes mais importantes da região, em diversidade e extensão, são as matas ciliares dos córregos Moinho, Carumbé, Fundo, Barbado e do Rio Coxipó, além dos extensos fragmentos de cerrado, não protegidos, dos bairros Santa Cruz I e II, e do Instituto de Lingüística de Cuiabá, com 10 ha e 30 ha, respectivamente (GUARIM & VILANOVA, 2008).

Um estudo recente realizado pelo Grupo de Pesquisa Cartografia Geotécnica e Dinâmica Superficial (GPCGDS) da UFMT, publicado na forma de relatório pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo de Cuiabá (CUIABÁ, 2008, p.28), mostrou que a “maior parte dessas áreas encontra-se alterada pela forma desordenada de ocupação”, e que parte dos cursos d’água, “originalmente intermitentes e perenes, encontram-se totalmente descaracterizados pela destruição das nascentes, tornando-se, assim, canais efêmeros, transportando águas de chuvas, águas servidas, e esgoto” (Figura 14).

As informações apresentadas sugerem uma região caracterizada pela grande extensão e heterogeneidade dos seus espaços. Portanto, para a realização deste trabalho, com foco inicial no processo de urbanização e em virtude da metodologia utilizada para o seu desenvolvimento, o método do transecto móvel, foram escolhidos para o estudo de caso apenas 5 bairros da Região Leste do município de Cuiabá, MT, região onde o processo de urbanização se apresentou mais intenso nestes últimos 30 anos. A escolha dos bairros foi baseada nos aspectos da proximidade entre suas áreas, da concentração de áreas construídas e áreas verdes, do adensamento populacional e da complexidade de uso do solo, além da história de formação dos mesmos.



**Figura 14** – Ocorrência de APPs e ZIAs na Região Leste de Cuiabá.  
**Fonte:** GPCGDS/UFMT, 2008.

### 3.5 DESCRIÇÃO DOS BAIRROS

O crescimento populacional experimentado pela cidade de Cuiabá já na década de 1970 motivou a adoção de algumas medidas urbanísticas, como a canalização de córregos, a construção de pontes de concreto, a iluminação a vapor de mercúrio, além de medidas que facilitaram a expansão da cidade em direção a região do Rio Coxipó, como a abertura da estrada para Campo Grande, MS, o asfaltamento da av. Fernando Corrêa da Costa, a criação do distrito industrial e a fundação, em dezembro de 1970, da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

A expansão da infraestrutura destinada à Cidade Universitária tornou possível a manifestação de um comércio de maior porte na av. Fernando Corrêa da Costa, além do surgimento de conjuntos habitacionais para a classe média financiados pelo poder público, como por exemplo, o conjunto habitacional do IPASE e os loteamentos dos Jardins Boa Esperança, Shangrilá, Califórnia e Américas, destinados à população de maior poder aquisitivo (FREIRE, 1997).

Assim constituído nas vizinhanças da av. Fernando Corrêa da Costa e da UFMT, o loteamento Jardim das Américas, cuja implantação da primeira etapa, neste trabalho denominada por Jardim das Américas Vertical (JAV), durante a década de 1980 ocupou parte do antigo leito do córrego do Barbado, que foi desviado e retificado, e uma área alagável que foi aterrada para ampliação da área a ser comercializada pelos empreendedores. A segunda etapa do bairro Jardim das Américas, neste trabalho denominada por Jardim das Américas Horizontal (JAH), foi construída sobre uma várzea localizada entre dois braços do mesmo córrego. Da área aterrada sobreviveram dois pequenos trechos brejosos, um deles cortado pela av. Arquimedes Pereira Lima, a Estrada do Moinho, entre os bairros Renascer e o 21 de Abril e o outro margeando o córrego ao lado do Jardim das Américas (GALDINO & ANDRADE, 2008).

Na década de 1990, uma galeria de lojas denominada Três Américas, onde cada uma das Américas nomeava um dos pisos do empreendimento, ocupando a porção desviada do córrego do Barbado, expandiu as atividades sendo elevada a categoria de shopping. O Shopping Três Américas atraiu uma série de serviços para suas vizinhanças constituindo na região um dos centros comerciais mais movimentados da capital mato-grossense.

As maiores áreas verdes do bairro estão localizadas às margens do córrego do Barbado, não existindo praças ou outras áreas de lazer nos dois espaços destinados ao estudo. Os lotes, com 15 m x 30 m, são servidos por ruas asfaltadas e calçadas, na sua maioria com arborização consolidada, formada por oitis, fícus e leucenas. No entanto, a avenida principal do bairro, avenida Brasília, com pista dupla em parte da sua extensão, apresenta uma vegetação dispersa ou inexistente em alguns trechos.

Atualmente o Jardim das Américas, cujas ruas recebem nomes de cidades e países do continente americano, é um bairro comercial, empresarial e residencial, com construções verticais e horizontais, apresentando, em termos de valores, um dos espaços mais caros da cidade.

A segunda onda de expansão da região, na década de 1990, provocada pela consolidação do Shopping Três Américas, originou a formação de alguns bairros na porção posterior da UFMT, entre estes os bairros Jardim Itália (JIT) e Santa Cruz (STC), loteamentos planejados pela mesma incorporadora.

Na atualidade estes bairros apresentam características diferentes quanto ao padrão de ocupação dos solos. Enquanto o Jardim Itália é um bairro consolidado, com quase a totalidade dos lotes construídos, no Santa Cruz muitos dos lotes ainda não foram ocupados, mantendo ainda extensos fragmentos do cerrado original da região. Com parte das ruas ainda não asfaltadas e ausência de áreas de lazer, o bairro Santa Cruz, mais lembrado pelo hospital que existia no lugar, ainda espera pela infraestrutura. No Jardim Itália também não existem praças e a única área verde se encontra na divisa deste bairro com o Santa Cruz, a nascente de um córrego que divide os bairros, uma área de preservação permanente (APP).

Em 1997, o bairro Jardim Itália, teve parte de seu território invadido formando o que viria a ser o bairro Renascer (RNC). No ano 2000, com o apoio do Governador do Estado, Dante de Oliveira, a área foi doada em favor das famílias que estavam assentadas no local. Esta atitude discutível foi uma das poucas relações do poder público com o Renascer. A inexistência de escolas, creche, polícia comunitária, espaços para lazer e saneamento básico deixa evidente a falta de políticas públicas dirigidas ao bairro.

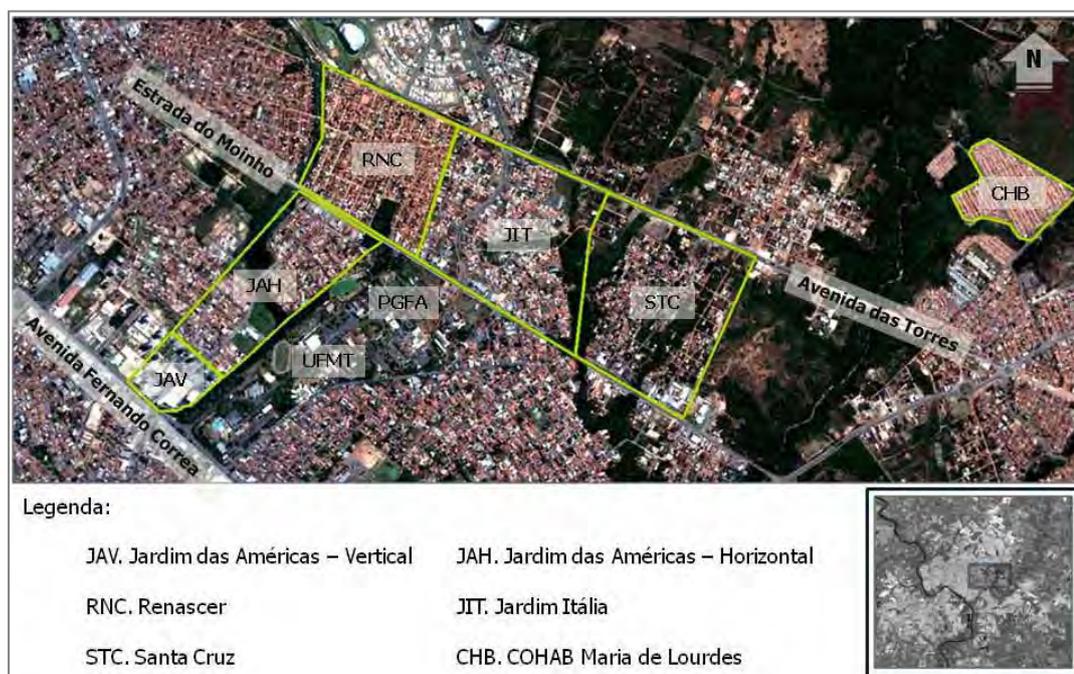
O Renascer, com lotes em sua maioria de 12 m x 20 m, apresenta ruas estreitas, na maioria sem asfaltamento e calçadas, e carência de infraestrutura básica. Apenas as árvores dos quintais das residências pontuam de verde o bairro, onde não existem praças, arborização nas vias, ou outras áreas verdes, com exceção de uma grande área alagada de difícil ocupação, na porção sul do bairro.

Em 2009 uma terceira onda de expansão motivada pela construção da avenida Edna Affi, a Avenida das Torres, deu origem a muitos loteamentos de iniciativa privada e outros conjuntos habitacionais populares financiados pelo poder público, como os Residenciais Recanto do Salvador, Despraiado e Maria de Lourdes.

O Conjunto Habitacional Maria de Lourdes (CHB) entregue em junho de 2006 é resultado do Programa de Arrendamento Residencial (PAR) do Ministério das Cidades, e executado pela Caixa Econômica Federal (CEF) em parceria com o Governo do Estado de Mato Grosso, dirigido a atender as necessidades de moradia da população de baixa renda, especificamente aquelas famílias que recebem até 6 salários mínimos mensais.

O Conjunto Habitacional Maria de Lourdes apresenta todas as ruas asfaltadas e as calçadas arborizadas com espécies da região. Essa arborização, ainda em formação, tem sido eliminada sob a justificativa de estar danificando as calçadas, além de apresentar uma conformação que não resulta em sombreamento para o lugar. Os lotes, com dimensões 10 m x 20 m, ainda menores que os do Renascer, não permitem arborização de quintais, estimulando a impermeabilização da pequena área restante. As áreas de lazer do lugar se encontram abandonadas, ocupadas por uma vegetação rala, e as áreas verdes, inexistentes no interior do bairro, são abundantes no seu entorno, todas pertencentes a sítios do cinturão verde da capital, como a chácara do Sr. Salvador, cuja esposa a Sr<sup>a</sup>. Maria de Lourdes, inspirou o nome do bairro.

Os cinco bairros delimitados para o estudo ocupam uma área total de 8,0 km<sup>2</sup>, separados, de um extremo a outro, por uma extensão linear de 5,0 km, posicionados nas adjacências das vias estruturantes paralelas, av. Fernando Correa da Costa, av. das Torres e Estrada do Moinho, todas com acesso à BR 364, principal ligação da cidade com a região sul do País (Figura 15).



**Figura 15** – Área de estudo.

**Fonte:** Google Earth, 2010; INPE, 2009a.

Assim é constituída a área delimitada para este estudo, um espaço heterogêneo com fortes contradições sociais. Bairros de população de alto poder aquisitivo, bairros populares e assentamentos irregulares estão presentes ao longo de toda área, acomodando habitações de alto padrão, verticais e horizontais, condomínios fechados, shopping center, em lugares com infraestrutura de água, energia, linha de ônibus, pavimentação asfáltica, e outros sem pavimentação e abastecimento de água e saneamento precários (Tabela 03).

**Tabela 03** – Características dos bairros

Bairros	Esgotamento Sanitário	Água Tratada	Asfalto nas Vias	Classe de Renda	Densidade Demográfica (hab/ha)	Área (ha)
COHAB Maria de Lourdes	Condominial Isolado com Tratamento	Estação de Tratamento	Integral	Média	Alta 57,40 a 86,02	45
Jardim das Américas	Condominial Isolado/Integrado com Tratamento	Estação de Tratamento	Integral	Alta	Médio-Alta 28,77 a 57,39	176
Jardim Itália	Inexistente	Estação de Tratamento	Integral	Médio-Alta	Médio-Baixa 11,05 a 28,76	100
Renascer	Inexistente	Estação de Tratamento	Apenas nas vias Principais	Baixa	Muito-Alta Acima de 86,03	92
Santa Cruz	Inexistente	Estação de Tratamento	Parcial	Médio-Alta	Baixa 0 a 11,04	162

**Fonte:** Cuiabá, 2007.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

A seguir será apresentado o desenvolvimento do trabalho, descrição detalhada dos métodos, técnicas, materiais e instrumentação da pesquisa de campo. Para tanto, foi traçado previamente um roteiro metodológico para o levantamento de dados, dividido em sete etapas distintas:

- a. 1ª Etapa: Definição da área de estudo;
- b. 2ª Etapa: Confecção de mapas de uso e ocupação dos solos da área de estudo;
- c. 3ª Etapa: Análise qualitativa dos mapas e posterior definição dos pontos para levantamento de dados e do percurso do transecto;
- d. 4ª Etapa: Cálculo das métricas da paisagem para os pontos eleitos para levantamento de dados;
- e. 5ª Etapa: Medições, fixas e móveis, das variáveis ambientais, temperatura e umidade relativa do ar;
- f. 6ª Etapa: Organização dos dados ambientais e das métricas da paisagem em planilhas e tratamento segundo análises estatística e geoestatística;
- g. 7ª Etapa: Confecção do instrumento da pesquisa qualitativa.

### **4.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo foi definida, conforme relatado no capítulo 3, a partir da determinação da direção do vetor crescimento da RMVRC. A escolha dos bairros para o estudo, na área de maior incremento urbano da região nos últimos 30 anos, envolveu a proximidade dos mesmos, em virtude da distância a ser percorrida pelo transecto, e as diferenças de usos dos solos existentes entre os bairros em questão.

### **4.2 MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS**

Delimitada a área de estudo, entre janeiro e maio de 2010, em diferentes horários, foram realizadas visitas aos bairros para um reconhecimento mais

minucioso do espaço e para algumas simulações de medições e testes dos equipamentos. Esses estudos preliminares, combinados a análise da base cartográfica e foto aérea, foram úteis para confecção de mapas mais representativos dos espaços, além de servirem como um instrumento delineador do trajeto do transecto móvel e da escolha dos pontos que caracterizaram o ordenamento típico de cada bairro.

A nova descrição da ocupação do solo na RMVRC, agora restrita apenas às áreas dos bairros e arredores próximos, foi obtida através da imagem do satélite CBERS-2B (China-Brasil Earth Resources Satellite) órbita/ponto 116\_E/117\_5 com passagem em 20 de junho de 2009, fornecida pela DGI-INPE (INPE, 2009a). As principais características dos sensores deste satélite são apresentadas na Tabela 04.

**Tabela 04** – Características das câmeras do satélite CBERS-2B

Sensores	Largura da Faixa	Bandas Espectrais	Resolução Espacial
WFI	890 km	1. 0,61 a 0,69 $\mu\text{m}$	260,0 m
		2. 0,76 a 0,90 $\mu\text{m}$	260,0 m
CCD	113 km	1. 0,45 a 0,52 $\mu\text{m}$	20,0 m
		2. 0,52 a 0,59 $\mu\text{m}$	20,0 m
		3. 0,63 a 0,69 $\mu\text{m}$	20,0 m
		4. 0,77 a 0,89 $\mu\text{m}$	20,0 m
		5. 0,51 a 0,73 $\mu\text{m}$	20,0 m
HRC	27 km	4. 0,50 a 0,80 $\mu\text{m}$	2,7 m

**Fonte:** INPE, 2009a.

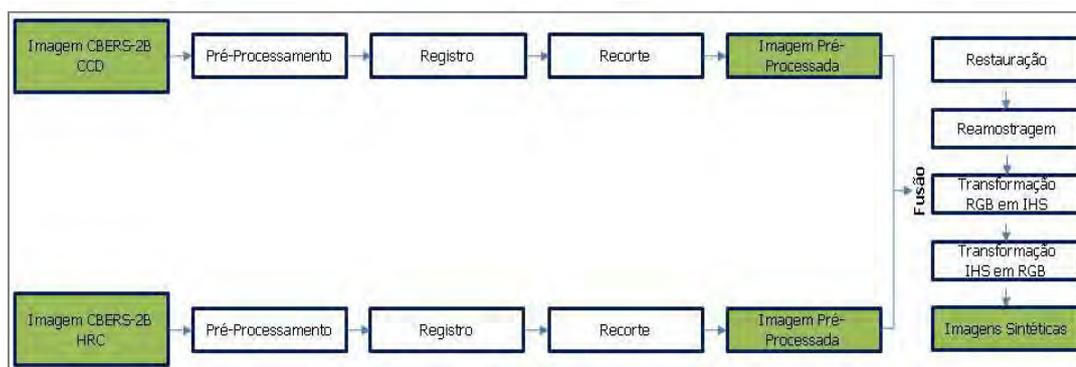
Devido à alta resolução espacial, especialmente do sensor HRC, a gratuidade e a facilidade de aquisição, muitos estudos recentes utilizaram de imagens do satélite CBERS-2B para a geração de mapas de uso do solo urbano confiáveis (GONÇALVES et al., 2005; CAPORUSSO et al., 2009; FERREIRA et al., 2009; LEONARDI et al., 2009; SARAIVA et al., 2010).

Para sintetizar e combinar as informações das imagens dos sensores HRC e CCD foi utilizada a técnica de fusão de imagens pelo método IHS. Esta técnica possibilitou integrar a melhor resolução espacial da banda pancromática do sensor

HRC com a melhor resolução espectral das demais bandas do sensor CCD, produzindo imagens coloridas de melhor qualidade que reúnem ambas as características. Dentre os diferentes métodos de fusão de imagens, Ling et al. (2008) mostraram que o método IHS, de simples implementação, foi adequado para fundir imagens com diferença de resolução espacial de até 1:10.

O produto da fusão, denominado por imagem em falsa cor ou imagem sintética, foi conseguido pela execução no aplicativo SPRING v.5.1.3 do seguinte algoritmo (Figura 16):

- Recorte, importação e registro das imagens HRC e CCD;
- Restauração para corrigir as distorções inseridas pelo sensor na geração das imagens, gerando, a partir das imagens CCD com resolução espacial de 20 metros, novas imagens com resolução espacial de 10 metros;
- Reamostragem das bandas multiespectrais CCD de resolução espacial 10 m, recortadas no mesmo retângulo envolvente da imagem HRC, utilizando o interpolador bilinear para gerar imagens com resolução espacial de 2,5 m;
- Transformação da composição de baixa resolução RGB, obtida a partir das bandas 3, 4 e 2, respectivamente vermelho, verde e azul da câmera CCD, para IHS, componentes de Intensidade, Saturação e Matiz;
- Realização da transformação inversa, IHS para RGB, onde as componentes de Saturação e Matiz, geradas no passo anterior, são transformadas em cores RGB com a substituição da componente de Intensidade pela imagem HRC.

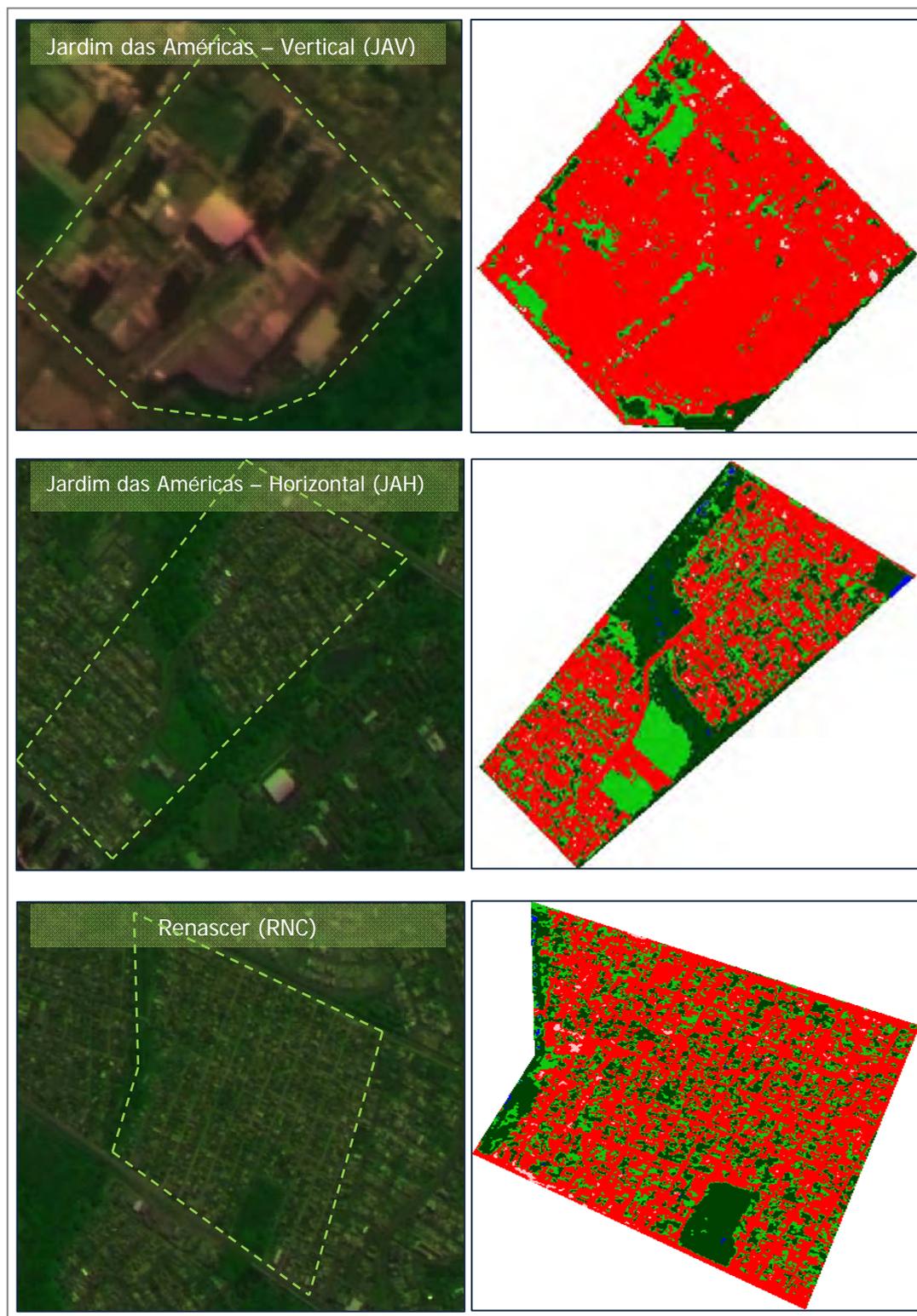


**Figura 16** – Roteiro metodológico para a fusão de imagens.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

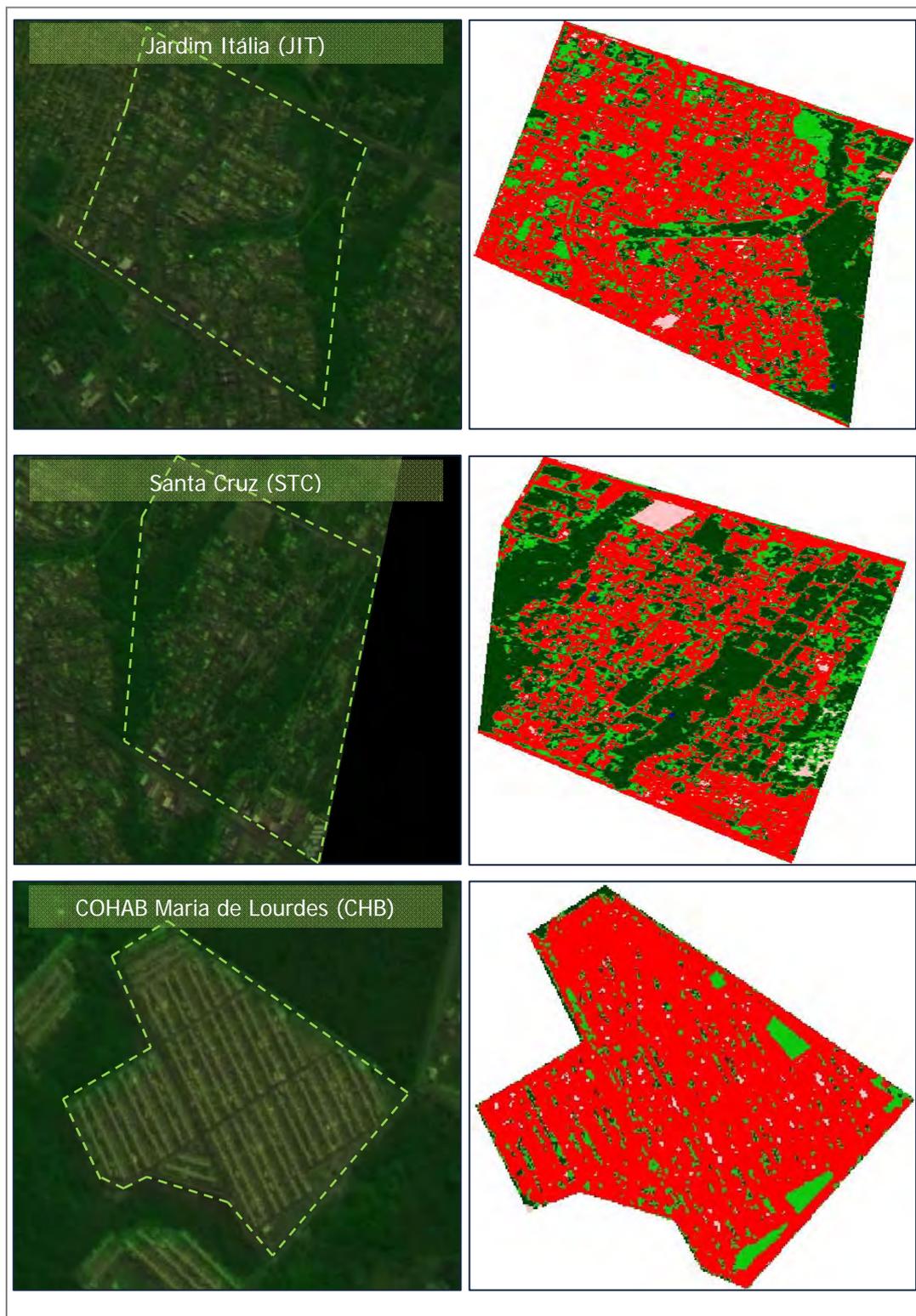
A técnica IHS consiste em uma transformação da imagem do sistema de cores RGB para IHS. As cores passam a ser representadas através dos componentes: intensidade (Intensity - I), matiz (Hue - H) e saturação (Saturation - S). O produto obtido possui resolução espacial e espectral com características suficientes para identificação das principais formas de uso da terra nos bairros em estudo e delimitação das informações de interesse.

As imagens sintéticas, além de permitirem uma melhor interpretação visual das imagens do satélite CBERS, ampliaram, de forma significativa, a possibilidade de tratamento digital dos dados das imagens para a sequência do trabalho. Com o suporte das imagens sintéticas e das imagens do satélite GeoEye-1 de 01 de outubro de 2009, fornecidas gratuitamente pela empresa Google (GOOGLE EARTH, 2010), foi realizada uma nova classificação automática de imagens, agora utilizando as imagens CBERS-2B reamostradas, cujos resultados são apresentados nas Figuras 17 e 18. A descrição do procedimento de classificação será apresentada no item 4.4 deste trabalho.



**Figura 17** – Imagens sintéticas e classificadas dos bairros Jardim das Américas, Vertical e Horizontal, e Renascer.

**Fonte:** INPE, 2009a; SPRING v.5.1.3.



**Figura 18** – Imagens sintéticas e classificadas dos bairros Jardim Itália, Santa Cruz e Conjunto Habitacional Maria de Lourdes.

**Fonte:** INPE, 2009a; SPRING v.5.1.3.

### **4.3 Definição dos Pontos de Medições e do Percurso do Transecto**

A base de imagens e as visitas aos bairros permitiram definir as características da área de estudo quanto aos usos do solo, fluxos e atividades desenvolvidas. Assim, baseado nestas informações, foram selecionados seis postos de controle (PCs), um em cada bairro, localizados na porção central destes, além de outros quatro pontos de referência (PRs) em cada bairro, que distribuídos espacialmente totalizaram 30 pontos para um estudo mais detalhado.

De acordo com o roteiro metodológico proposto por Katzschner (1997), nos bairros, para que expressassem o ambiente térmico real do espaço urbano, os PRs foram escolhidos em função das diferentes configurações de uso e ocupação do solo, proximidades de vegetação e corpos d'água, diferentes tipos de atividades, altura de edificações, densidade construída e trânsito de veículos.

A delimitação do trajeto para as medições transversais de temperatura do ar por instrumento acoplado a um automóvel, seguindo as recomendações dos trabalhos de Saaroni et al. (2000) e Pezzuto (2007), procurou estabelecer uma rota racional, em função do trânsito local, a ser percorrida no menor tempo possível, definida em eixos paralelos que atravessassem os PCs e PRs. A escolha do trajeto deve resultar em uma malha de pontos, distribuída por toda a área de estudo, que seja representativa dos seus limites e do uso e ocupação do solo (PEZZUTO, 2007).

As figuras 19 a 24 mostram os transectos ao longo dos bairros, num total de 23,7 km, a localização e a caracterização do entorno próximo aos PCs e PRs. Para a descrição da vegetação, em função do porte desta, presente nestes pontos foi adotada a classificação, quanto à altura e diâmetro da copa, sugerida por Mascaró & Mascaró (2005): grande porte, quando possuírem altura e diâmetro de copa superiores a 10 m; médio, com altura e diâmetro de copa compreendidos entre 6 e 10 m; pequeno, para aquelas com altura entre 4 a 6 metros e copa com diâmetro inferior a 6 m. Ainda segundo os autores, enquanto as árvores possuem fuste único e lenhoso, arbustos são vegetais de estrutura lenhosa ou semi-lenhosa com altura de 3 a 6 m e ramificação desde sua base.



**Figura 19** – Transecto, posto de controle e pontos de referência do Jardim das Américas Vertical.

**Fonte:** Google Earth, 2010.



**Figura 20** – Transecto, posto de controle e pontos de referência do Jardim das Américas Horizontal.

**Fonte:** Google Earth, 2010.



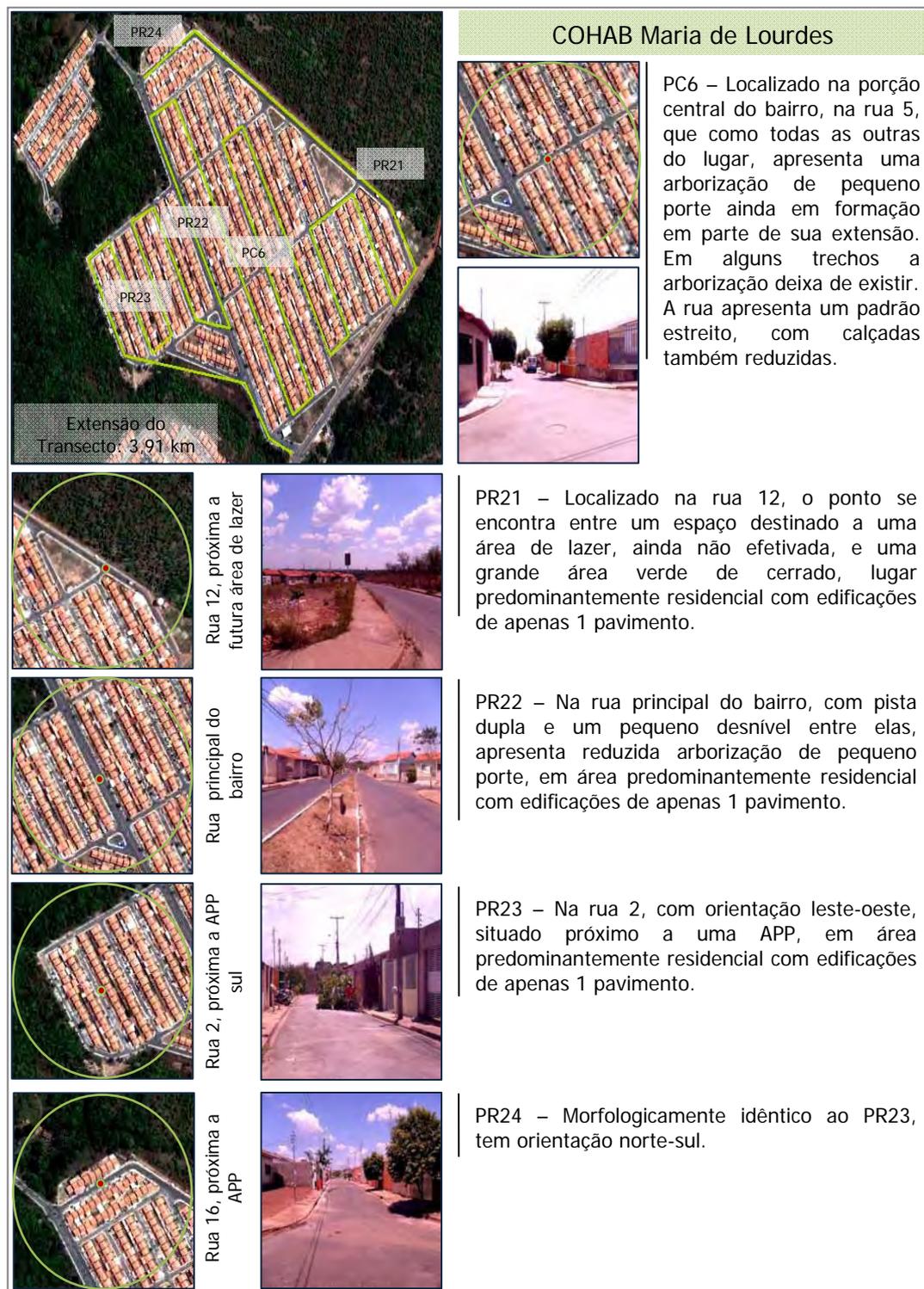
**Figura 21** – Transecto, posto de controle e pontos de referência do Renascer.  
**Fonte:** Google Earth, 2010.



**Figura 22** – Transecto, posto de controle e pontos de referência do Jardim Itália.  
**Fonte:** Google Earth, 2010.



**Figura 23** – Transecto, posto de controle e pontos de referência do Santa Cruz.  
**Fonte:** Google Earth, 2010.



**Figura 24** – Transecto, posto de controle e pontos de referência do Conjunto Habitacional Maria de Lourdes.

**Fonte:** Google Earth, 2010.

#### **4.4 CÁLCULO DA DIMENSÃO FRACTAL E DEMAIS MÉTRICAS DA PAISAGEM**

Utilizando o aplicativo SPRING v.5.1.3, a partir das imagens do satélite CBERS-2B reamostradas, conforme relatado no item 4.3 deste trabalho, foi realizada uma nova classificação automática de imagens. Ferreira et al. (2009) e Saraiva et al. (2010) apresentaram trabalhos recentes de mapeamento do uso e ocupação de espaços a partir de imagens CBERS-2B, os primeiros utilizando o sensor HRC apenas, e os outros fazendo uso de imagens sintéticas, classificadas como de boa qualidade, produzidas pela fusão das imagens dos sensores HRC e CCD.

Esta nova classificação, agora de imagens com resolução espacial de 2,5 m, procurou descrever com maior precisão a ocupação do solo especificamente nos bairros e arredores próximos da área delimitada para estudo. Neste processo foi utilizada uma composição das imagens reamostradas do satélite CBERS-2B dos sensores HRC e CCD, bandas 2, 3 e 4. Gonçalves et al. (2005), em verificação das possibilidades de análise dos dados CBERS 2, de ambiente essencialmente urbano, avaliou que o uso da composição das bandas 2-3-4 do CBERS 2 foi a que apresentou melhor separabilidade de usos intra-urbanos.

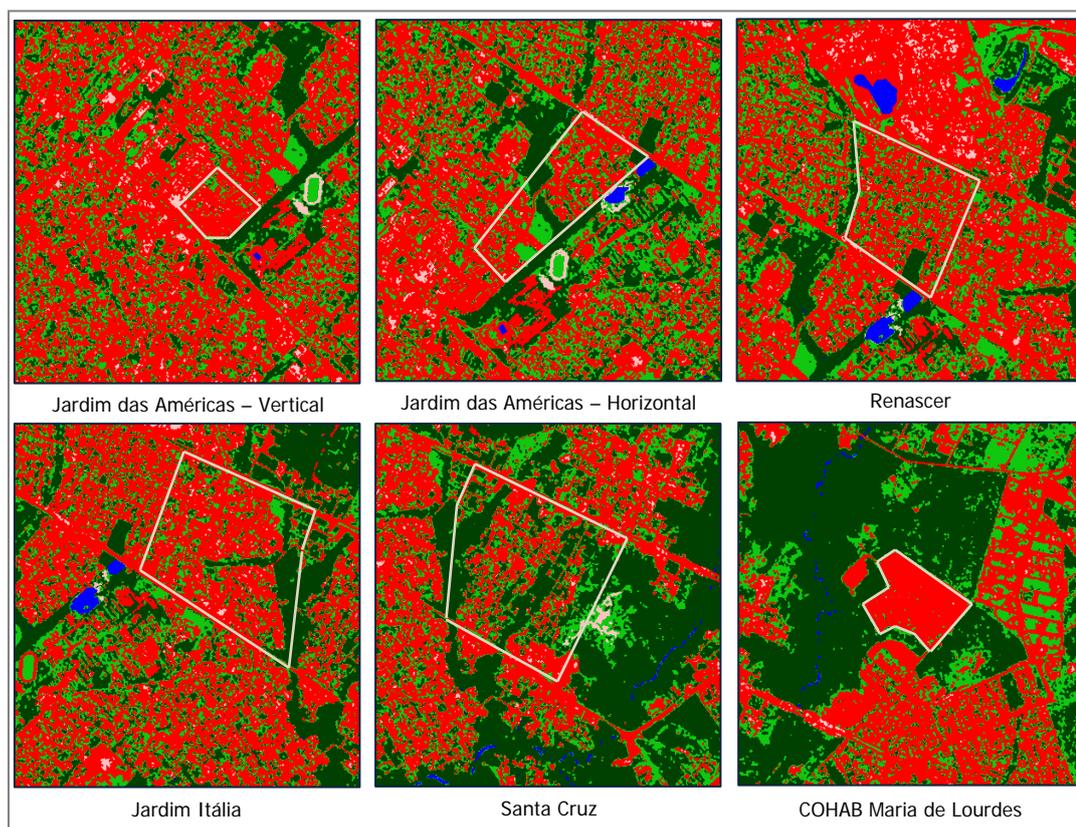
A classificação foi realizada individualmente para cada bairro utilizando para tanto um recorte da composição de imagens, um quadrado envolvente de 2,5 km de lado com o PC do bairro como centro deste. Realizada pelo algoritmo MAXWER, com limiar de aceitação de 100%, a classificação supervisionada por pixel, utilizou para todos os recortes o mesmo limite de valores de pixels entre as diferentes classes.

Nestes recortes foram identificadas, conforme classificação proposta por Novack et al. (2007), cinco classes de ocupação dos solos: uma para superfícies de corpos de água, duas classes associadas às áreas com vegetação, áreas de vegetação arbórea, correspondentes aos dosséis das árvores, e áreas de vegetação de gramíneas, duas para alvos de elevada reflectância, solos expostos e áreas urbanizadas, independente da altura das construções. As classes se encontram exemplificadas na Figura 25.



**Figura 25** – Imagens representativas das classes de ocupação dos solos.  
**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Como resultado deste processo foram geradas 6 imagens classificadas automaticamente (Figura 26).



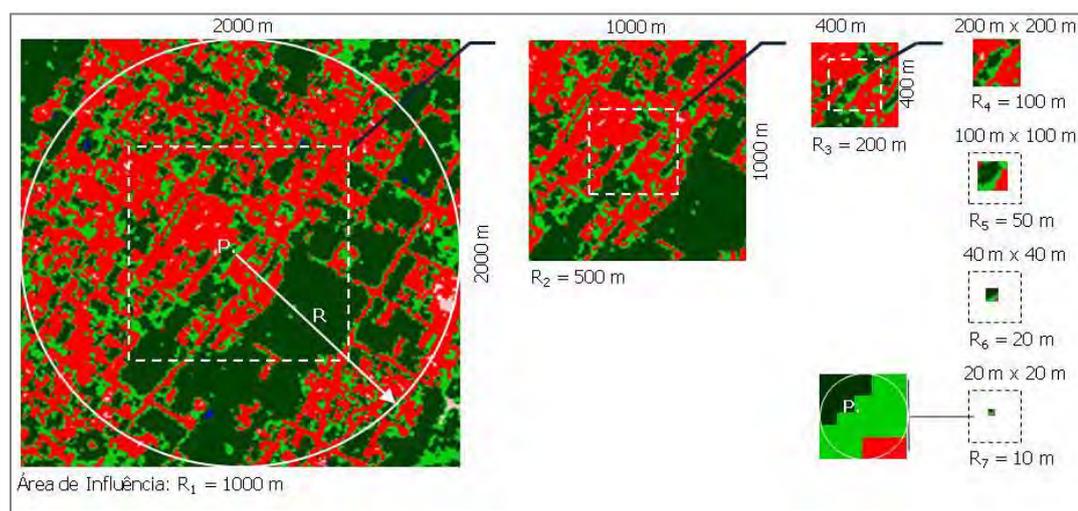
**Figura 26** – Recortes das imagens classificadas (2,5 km x 2,5 km).  
**Fonte:** INPE, 2009a; SPRING v.5.1.3.

Para este estudo que avaliou o raio de influência da temperatura do ar de um dado ponto através do cruzamento de dados sobre o percentual de vegetação arbórea e a dimensão fractal de sua ocupação no espaço, as imagens classificadas de cada

bairro foram utilizadas para produzir recortes quadrados, centralizados em 50 pontos do transecto de cada bairro, incluindo nestes os PCs e os PRs, cujas temperaturas destes pontos foram manipuladas de acordo com a variação da dimensão destes recortes.

Como nesta pesquisa foi considerada a escala climática local, para o delineamento experimental das diferentes dimensões dos recortes optou-se, a partir de um recorte com um raio de influência de 1 km, por recortes internos sucessivos, com aproximadamente metade do raio anterior, até o raio de influência de 10 m. Segundo Monteiro (2003) e Abreu (2008), a partir de um raio de aproximadamente 1 km as árvores sofrem influência dos dados climáticos das escalas macroclimáticas e mesoclimáticas.

Assim, cada um dos 300 recortes, centralizados em 50 pontos de cada um dos 6 bairros, com raio de influência de 1 km foi utilizado para produzir outros 6 recortes secundários, quadrados envoltentes internos uns aos outros, com dimensões de 1000 m, 400 m, 200 m, 100 m, 40 m e 20 m. Delimitados por 7 quadrados concêntricos, as áreas de influência, cada ponto, dos 300 pontos distribuídos pelos bairros, foi associado a 7 recortes secundários, que correspondem aos raios de influência de 1000 m, 500 m, 200 m, 100 m, 50 m, 20 m e 10 m, conforme exemplificado na Figura 27.



**Figura 27** – Exemplo das áreas de influência de um ponto de medição.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

A seguir, para cada área de influência dos 300 pontos selecionados ao longo dos transectos, foram calculadas 11 métricas de paisagem. Muito utilizados na Ecologia da Paisagem, estes índices, as métricas da paisagem, quantificam o formato e a distribuição das áreas de cada classe na totalidade da paisagem dos bairros. Neste trabalho as métricas foram utilizadas para avaliar a possível relação destes índices, aplicados as áreas de fragmentos arbóreos, com as temperaturas do ar nestes ambientes. Os índices foram gerados no FRAGSTATS 3.3, aplicativo utilizado com sucesso em muitos estudos urbanos recentes para quantificar a estrutura da paisagem e analisar as relações existentes entre seus elementos (DIBARI, 2007; LI et al., 2010; STYERS et al., 2010).

Para a inserção das áreas de influência no FRAGSTATS foi preciso localizar, no banco de dados criado pelo aplicativo SPRING v.5.1.3, cada recorte das imagens classificadas. Localizado o arquivo, no formato raster com extensão SPG, foram informados o tipo de imagem, 8 bits, o tamanho do pixel da imagem, 2,5 m, e o números de colunas e linhas. Assim, os maiores recortes, por exemplo, com área de influência igual a 1,0 km, correspondendo a um quadrado com 2,0 km de lado, apresentaram um total de 800 linhas e colunas. Os demais recortes de raios de 500 m, 200 m, 100 m, 50 m, 20 m e 10 m, das áreas de influência apresentaram, respectivamente, 400, 160, 80, 40, 16, 8 linhas e colunas.

Para finalizar a entrada de dados no FRAGSTATS foi necessário criar um arquivo texto informando o nome de cada classe associado ao respectivo código, na sequência com que foi criado no aplicativo SPRING v.5.1.3 (Tabela 05).

**Tabela 05 – Classes e códigos de entrada para o FRAGSTATS 3.3**

Classe	Código
Corpos D'água	1 (Azul)
Vegetação Arbórea	2 (Verde escuro)
Vegetação Rasteira	3 (Verde claro)
Área Urbanizada	4 (Vermelho)
Solo Nu	5 (Rosa)

No arquivo texto estas informações devem ser lançadas separadas por vírgulas, com cada classe ocupando uma linha.

Algumas das métricas calculadas utilizaram o valor da área total da paisagem, por isso todas as classes foram incluídas no arquivo texto. Apesar de serem calculadas as métricas para todas as classes, como a avaliação das alterações dos ambientes térmicos da área de estudo foi baseada principalmente no processo de urbanização e influência das áreas verdes, as análises foram realizadas essencialmente a partir dos valores das métricas da classe Vegetação Arbórea, com as métricas da Área Urbanizada utilizadas apenas como complementares ao estudo.

Neste trabalho, conforme a descrição de McGarigal & Marks (1995), foram utilizadas as métricas descritas a seguir.

#### 4.4.1 Área da Classe (*Class Area – CA*)

A métrica, expressa em hectare, corresponde a área total de uma classe  $i$  dentro da paisagem, calculada pela soma das áreas, em  $m^2$ , de todos os fragmentos  $j$  correspondentes a mesma classe.

$$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left( \frac{1}{10000} \right) \quad \text{Equação 04}$$

Onde  $a_{ij}$  é a área do fragmento  $j$  da classe  $i$  em  $m^2$ .

#### 4.4.2 Porcentagem da Paisagem (*Percentage of Landscape – PLAND*)

Porcentagem da Paisagem expressa o percentual da paisagem que é composto pelos fragmentos de uma mesma classe.

$$PLAND = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \left( 100 \right) \quad \text{Equação 05}$$

Na equação 05,  $a_{ij}$  é a área do fragmento  $j$  da classe  $i$  e  $A$  é a área total da paisagem, ambas em  $m^2$ .

#### 4.4.3 Número de Fragmentos (*Number of Patches – NP*)

A métrica NP corresponde ao número de fragmentos, de determinada classe  $i$ , existentes na paisagem.

$$NP = n_i \quad \text{Equação 06}$$

O termo  $n_i$  é exatamente o número de fragmentos da classe  $i$  existentes na paisagem.

#### 4.4.4 Densidade de Fragmentos (*Patch Density – PD*)

Importante para a comparação de paisagens de dimensões variadas, este índice expressa a quantidade de fragmentos por unidade de área, sendo um bom indicador da fragmentação da paisagem para determinada classe.

$$PD = \frac{n_i}{A} \left[ 10000 \right] \quad \text{Equação 07}$$

Onde  $n_i$  é o número de fragmentos da classe  $i$  existentes na paisagem e  $A$  a área total da paisagem em  $m^2$ .

#### 4.4.5 Índice de Maior Fragmento (*Largest Patch Index – LPI*)

Medida simples de dominância, a métrica LPI corresponde a percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento de determinada classe  $i$ .

$$LPI = \frac{\max_{j=1}^n(a_{ij})}{A} \left[ 100 \right] \quad \text{Equação 08}$$

Na equação 08,  $\max(a_{ij})$  é a área do maior fragmento da classe  $i$  e  $A$  a área total da paisagem, ambas em  $m^2$ .

#### 4.4.6 Área Média do Fragmento (*Mean Patch Area – AREA*)

A métrica expressa a área média dos fragmentos da classe  $i$  na paisagem.

$$AREA = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \left( \frac{1}{10000} \right) \quad \text{Equação 09}$$

Os termos  $n_i$  e  $a_{ij}$  expressam, respectivamente, o número de fragmentos da classe  $i$  existentes na paisagem e a área do fragmento  $j$  da classe  $i$ .

#### 4.4.7 Índice de Forma Ponderado pela Área (*Shape Index Area-Weighted Mean – SHAPE*)

O índice de forma indica o quanto irregular é uma forma, medindo a complexidade da forma de um fragmento em relação a forma básica, o quadrado, o menor nível de complexidade. O valor do índice SHAPE tem limite inferior igual a 1, quando todos os fragmentos apresentam a forma de um quadrado, indicando fragmentos mais retilíneos, com forte ação humana. O índice SHAPE apresenta maior valor quanto mais complexo for o fragmento.

$$SHAPE = \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{0,25p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \left( \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right\} \quad \text{Equação 10}$$

Na equação 10,  $a_{ij}$  e  $p_{ij}$  são, respectivamente, a área, em  $m^2$ , e o perímetro, em m, do fragmento  $j$  da classe  $i$ , e  $n_i$  é o número de fragmentos da classe  $i$  existentes na paisagem.

A métrica SHAPE foi ponderada pela área de cada fragmento, de forma que fragmentos maiores tiveram maior peso no cálculo da métrica que fragmentos menores.

#### 4.4.8 Dimensão Fractal dos Fragmentos Ponderada pela Área (*Area-Weighted Mean Patch Fractal Dimension – FRAC*)

A dimensão fractal varia entre 1 e 2, para um fragmento bi-dimensional. Valores próximos a 1 indicam formas com perímetros muito simples, como círculos ou quadrados. Polígonos mais complexos têm seus perímetros aumentados, também ocupando mais área, de forma que o valor do índice FRAC se aproxima de 2. O índice supera as limitações de outros índices que relacionam perímetro e área, interessantes por refletirem a complexidade da forma.

$$FRAC = \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{2 \ln(0,25p_{ij})}{\ln a_{ij}} \left( \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right\} \quad \text{Equação 11}$$

Os termos  $a_{ij}$  e  $p_{ij}$  expressam, respectivamente, a área, em  $m^2$ , e o perímetro, em m, do fragmento j da classe i, e  $n_i$  é o número de fragmentos da classe i.

A métrica FRAC também foi ponderada pela área de cada fragmento, assim para a sua determinação os fragmentos maiores tiveram maior peso no cálculo que os fragmentos menores.

#### 4.4.9 Dimensão Fractal Perímetro-Área (*Perimeter-Area Fractal Dimension – PAFRAC*)

O índice é calculado pela divisão de 2 pela inclinação da linha de regressão obtida pela regressão do logaritmo das áreas dos fragmentos pelo logaritmo dos perímetros dos fragmentos. Também refletindo a complexidade da forma, como as métricas FRAC e SHAPE, a métrica PAFRAC só faz sentido se a relação logarítmica entre o perímetro e a área for linear em toda a gama de dimensões de fragmentos.

Pelo fato de empregar uma análise de regressão, o índice está sujeito a resultados espúrios quando são usadas poucas amostras. As duas abordagens de Dimensão Fractal oferecem respostas um pouco diferente, não sendo possível afirmar qual é superior a outra, de forma que ambas são utilizadas na prática, cabendo ao pesquisador observar a melhor abordagem para os seus estudos.

$$PAFRAC = \frac{2}{\frac{\left( n_i \sum_{j=1}^n (\ln p_{ij} - \ln a_{ij}) \right) - \left( \sum_{j=1}^n \ln p_{ij} \right) \left( \sum_{j=1}^n \ln a_{ij} \right)}{\left( n_i \sum_{j=1}^n \ln p_{ij}^2 \right) - \left( \sum_{j=1}^n \ln a_{ij}^2 \right)}} \quad \text{Equação 12}$$

Na equação 12, os termos  $a_{ij}$  e  $p_{ij}$  expressam, respectivamente, a área, em  $m^2$ , e o perímetro, em m, do fragmento j da classe i, e  $n_i$  é o número de fragmentos da classe i.

#### 4.4.10 Distância Média ao Vizinho Mais Próximo Ponderada pela Área (*Area-Weighted Mean Nearest Neighbor Distance – ENN*)

A métrica corresponde a distância média, em m, do fragmento para o fragmento vizinho da mesma classe mais próximo, com base na menor distância de borda a borda. O índice reflete o grau de isolamento de um fragmento.

$$ENN = \sum_{j=1}^n \left( h_{ij} \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right)$$

Equação 13

Onde  $n$  e  $h_{ij}$  expressam, respectivamente, o número de fragmentos da classe  $i$  e a menor distância do fragmento  $j$  da classe  $i$  até outro fragmento de mesma classe e  $a_{ij}$  a área, em  $m^2$ , do fragmento  $j$  da classe  $i$ .

A métrica ENN foi ponderada pela área de cada fragmento, de forma que fragmentos maiores tiveram maior peso no cálculo da métrica que fragmentos menores.

#### 4.4.11 Índice de Agregação (*Aggregation Index – AI*)

O Índice de Agregação responde às exigências para a quantificação dos níveis de agregação em uma única classe. A determinação do valor do índice para determinada classe  $i$  é baseada nas bordas compartilhadas por pixels de mesma classe, não incluindo adjacências com fragmentos de outras classes. Apenas vizinhanças internas à paisagem são utilizadas no cálculo desta métrica, adjacências com o limite do recorte da paisagem não afetam a métrica.

A agregação máxima,  $AI = 100$ , é obtida quando existe um único fragmento da classe, compacto, não necessariamente um fragmento quadrado.

$$AI = \frac{g_{ii}}{\max \rightarrow g_{ii}} (100)$$

Equação 14

Onde  $g_{ii}$  corresponde ao número de adjacências entre pixels de mesma classe e  $g_{iimax}$  ao número máximo de adjacências dos pixels da classe  $i$ .

A rotina no FRAGSTATS 3.3, depois de selecionadas estas métricas que foram calculadas, terminou com a execução dos cálculos e apresentação dos resultados. Essa rotina foi repetida para os 300 pontos do estudo, sendo que em cada ponto a rotina foi executada 7 vezes, para a determinação das métricas para as diferentes áreas de influência de cada ponto. As métricas, utilizando o aplicativo FRAGSTATS 3.3, também foram determinadas para os perímetros dos bairros do estudo.

## 4.5 AVALIAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO

### 4.5.1 Instrumentação Utilizada

A avaliação do ambiente térmico da área de estudo proposta neste trabalho exigiu registros da temperatura do ar, simultâneos, em muitos pontos representativos do espaço. Estatisticamente, para a efetivação desta proposta, a composição ótima passaria pela locação de centenas de medidores distribuídos pelos bairros do estudo. Por esse motivo, com a finalidade de caracterizar o ambiente térmico de cada microclima dos bairros, foi escolhido o método de medições móveis que possibilita, com um custo relativamente baixo, a caracterização do campo térmico utilizando uma densidade muito maior de pontos do que aqueles conseguidos apenas com estações fixas.

A implementação do método contou com a instalação de registradores da temperatura do ar com data-logger nos PCs dos bairros. Instalados à sombra e a uma altura aproximada de 1,5 m em relação ao solo, os equipamentos de registros contínuos de temperatura foram protegidos por um abrigo térmico. Esse abrigo de isopor, confeccionado para a pesquisa, perfurado na base e laterais para permitir a livre circulação do ar em seu interior, teve a finalidade de proteger os sensores das chuvas e da incidência direta dos raios solares (Figura 28).

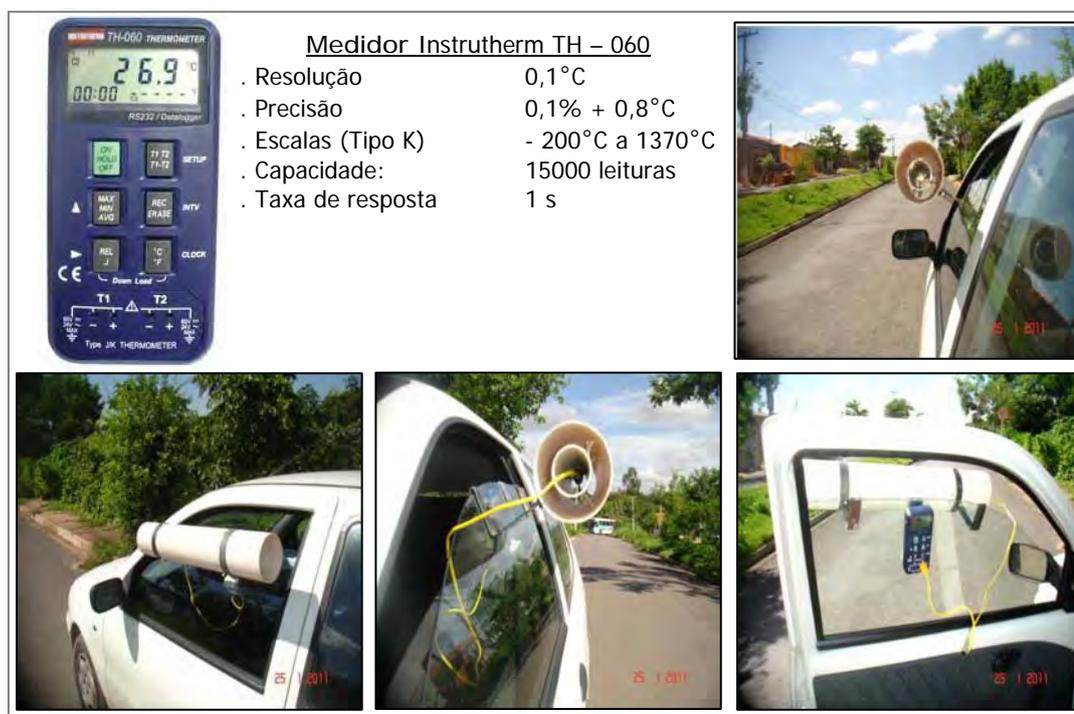


**Figura 28** – Equipamento para medições fixas nos postos de controle.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Essas coletas de dados nos PCs foram designadas por medições fixas. Paralelamente às medições fixas foram realizados registros da temperatura do ar em outros pontos da área de estudo através de um equipamento acoplado a um automóvel. As medições realizadas pelo equipamento acoplado ao veículo foram designadas por medições móveis da temperatura do ar.

As medições móveis foram realizadas por um termômetro digital portátil com data-logger e sensor de par termoeletrônico tipo K. Para a coleta dos dados o sensor foi montado no interior de um abrigo, produzido com dois tubos de PVC, similar ao abrigo utilizado por Pezzuto (2007). O sensor foi instalado no interior do menor dos tubos, com 50 mm de diâmetro por 50 cm de comprimento, e o conjunto foi fixado ao interior de um segundo tubo, com dimensões de 100 mm de diâmetro por 60 cm de comprimento. O sensor foi apoiado internamente ao tubo menor de forma a não tocar a sua parte metálica nas paredes deste, da mesma forma que o tubo menor foi colocado no interior do maior, mantendo as paredes destes afastadas, permitindo a ventilação entre elas (Figura 29).



**Figura 29** – Instrumental para medições móveis.  
**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Para proteger de possíveis efeitos de radiação térmica, o tubo interno foi revestido na sua porção exterior por papel aluminizado. Ainda com este sentido procurou-se posicionar o sensor em uma posição centralizada do comprimento do tubo menor, que, pela diferença de comprimentos entre os tubos, também se encontra à sombra do tubo externo (Figura 29).

O conjunto foi instalado na lateral do veículo através de um suporte apoiado junto ao vidro da porta do mesmo, a uma altura aproximada de 1,5 m do solo (Figura 29).

Para a localização automática dos pontos percorridos pelo veículo foi utilizado um GPS, cujo computador de viagem registrava os parâmetros: coordenadas, distância percorrida, tempo parado, tempo em andamento e velocidade média.



**Figura 30** – GPS e medidor de radiação solar.

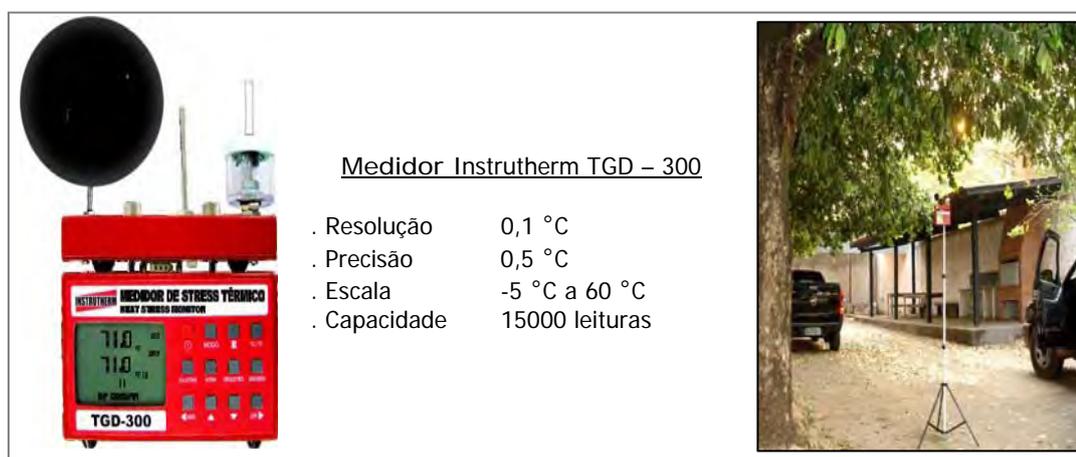
**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Apenas para melhor configurar os microclimas dos espaços onde se encontravam os PCs, a cada dia, ao longo de cada período de medição, um medidor de estresse térmico foi instalado em um PC diferente (Figura 31).

Este equipamento registra quatro parâmetros meteorológicos: temperatura do ar ambiente, temperatura do bulbo úmido natural, temperatura de globo e a umidade relativa do ar.

A temperatura do ar ambiente e a sua variação para um mesmo instante nas diferentes fragmentações do tecido urbano foi o objeto de estudo deste trabalho,

assim os demais registros deste equipamento, principalmente a umidade relativa do ar, serviram apenas para embasar a análise e a discussão dos resultados.



**Figura 31** – Medidor de Estresse Térmico utilizado nos postos de controle.  
**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

#### 4.5.2 Roteiro das Medições Meteorológicas

Antes de iniciar as medições todos os registradores de temperatura foram calibrados. Para satisfazer os requisitos metodológicos do trabalho, dispostos em uma sala fechada com iluminação minimizada do bloco da PGFA da UFMT, os registradores foram programados para medições simultâneas de temperaturas (Figura 32). Após a coleta e a análise da sequência de todos os registros, como as diferenças das temperaturas registradas pelos aparelhos não ultrapassaram a 0,1 °C, dentro da margem de precisão do fabricante e do padrão da Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization - WMO), foi desconsiderada a necessidade de correção. O procedimento, repetido a cada início de um período de medições, definiu os equipamentos disponíveis, devidamente identificados por etiquetas, para a equipe de gestão de medição.

Assim, com os equipamentos revisados e com os PCs e transectos definidos, o período de coleta de dados ficou condicionado a previsão do tempo fornecida pelo Centro de Previsão do Tempo e Pesquisas Climáticas (CEPETEC). De acordo com as orientações do roteiro metodológico de Monteiro (2003), para a avaliação do ambiente térmico da área de estudo as coletas de dados deveriam acontecer para os períodos de inverno e verão, no caso da região onde se encontra a área de estudo os

períodos seco e chuvoso, em dias característicos das duas estações climáticas, observando a ausência de chuvas no dia da coleta e no dia anterior e condições de calma e céu limpo, em dias que representassem as condições climáticas mais significativas ao longo dos dois períodos. Essas condições foram necessárias, pois as presenças de ventos e nuvens poderiam influenciar o estudo, estratificando o microclima e variando a radiação líquida disponível na superfície da Terra, respectivamente. Nos dias de coletas de dados em que as variáveis termo-higrométricas não expressavam a tendência de comportamento térmico da área as medições foram desconsideradas e seus resultados dispensados para a posterior análise dos resultados.



**Figura 32** – Calibração dos equipamentos.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Seguindo estas orientações as medições foram programadas para acontecer em quatro períodos ao longo de um ano, dois em cada estação, em datas definidas pela disponibilidade da equipe de medições e pela previsão de três dias, no mínimo, de condições meteorológicas estáveis, de céu claro, sem chuva e com ventos reduzidos. Em Cuiabá essas são condições típicas da cidade, com 238 dias do ano, em média, com temperatura média superior a 28 °C, segundo Campelo Junior et al. (1991, p.548) uma característica do clima em Cuiabá, “[...] a ocorrência de períodos de curta duração com temperatura baixa alternando-se a temperaturas moderadas ou elevadas [...]” em dias, praticamente, sem nenhuma nebulosidade e rajadas de ventos, quando registradas, de baixa velocidade.

Dessa forma, as primeiras simulações de medições tiveram início em 03 de maio de 2010, estendendo-se até 08 de outubro de 2011. A Tabela 06 apresenta os dias de medições para coleta de dados.

Nos dias anteriores ao início dos períodos de medições os equipamentos para as medições fixas eram instalados nos PCs. Com o consentimento dos responsáveis pelos espaços, os equipamentos foram colocados, protegidos do sol e da chuva, em jardins de residências, em condomínios e em uma escola.

Estes equipamentos foram programados para registrar e armazenar em suas memórias a temperatura do ar a cada 5 min. Ao término de cada período de medição os equipamentos eram descarregados.

**Tabela 06** – Períodos de medições

Estação	Período de Coleta
Seca	06 a 10 de setembro de 2010
Chuva	13 a 17 de dezembro de 2010
Chuva	18 a 22 de abril de 2011
Seca	08 a 12 de agosto de 2011

O método de medições móveis e sua instrumentação utilizado neste trabalho foi adaptado com base nos trabalhos realizados por Kaiser & Faria (2001), aplicado em Bauru, SP, Pezzuto (2007), em Campinas, SP e Barros et al. (2010b), em Cuiabá, MT. Nos dias de medições, para as medidas móveis, cerca de uma hora antes do seu início instalavam-se o medidor de estresse térmico, em um dos PCs, e o equipamento acoplado ao veículo, momento em que os relógios destes e do GPS eram sincronizados. Com os equipamentos programados para registrar e armazenar dados a cada 10 segundos, os registros das coordenadas geográficas e altitude em relação ao nível do mar fornecidos pelo GPS garantiram que todo ponto com registro de temperatura do ar fosse georreferenciado. Também nestes dias, desde o amanhecer e a cada 30 min foram realizados registros da intensidade da radiação solar.

A WMO recomenda que as principais observações meteorológicas de um dia típico devam acontecer às 00 h, 06 h, 12 h e 18 h GMT (Greenwich Meridian Time),

correspondentes às 20 h, 02 h, 08 h e 14 h, horário local. Assim, com exceção do horário das 02 h, esses foram os horários em que aconteceram as medições móveis.

Denominado por roteiro, cada horário de medição foi iniciado, aproximadamente, trinta minutos antes do horário pesquisado. Dependendo das condições locais de trânsito, com o veículo a uma velocidade média entre 20 km/h e 30 km/h, o roteiro era completado entre uma hora e uma hora e 15 minutos. De acordo com este procedimento, o roteiro das 08 h, por exemplo, tinha início às 07 h e 30 min, sendo finalizado, após percorrer todo o trajeto ao longo da área de estudo, entre 09 h e 09 h e 15 min.

Em média, cada roteiro percorrido produziu 420 pontos ao longo do transecto, localizados pelo GPS, que tiveram as temperaturas registradas pelo equipamento móvel. Destes 420 registros de temperatura, pelo critério da proximidade, 300 foram associados, junto às áreas de influência, aos pontos definidos ao longo dos transectos.

A articulação com a escala climática local foi realizada utilizando-se os dados da estação meteorológica do Aeroporto Marechal Rondon (AMR). Localizado na cidade de Várzea Grande, o Aeroporto Marechal Rondon se encontra a aproximadamente 6 km a sudoeste da UFMT, ponto fixo de início e fim dos transectos.

#### **4.5.3 Tratamento dos Dados**

Após a realização da coleta dos dados referentes às medições fixas e móveis foi estruturado um banco de dados, com planilhas específicas para as medições ocorridas em cada bairro, onde, em função do horário da medição, a cada ponto georreferenciado foram associadas duas temperaturas, a temperatura do ar no local indicado pelo GPS, registrada pelo equipamento móvel, e a outra referente ao último registro do equipamento fixo, localizado no PC do bairro. Revisões realizadas nestas planilhas permitiram a exclusão de pontos coincidentes, registrados em momentos em que o veículo, por algum motivo qualquer, tenha parado.

Como a temperatura do ar, durante a execução de cada roteiro, poderia apresentar padrões de variação diferentes para cada bairro, as medições fixas no PC do bairro foram utilizadas para sincronizar as medições móveis dentro do bairro para os horários padrões dos roteiros, 08 h, 14 h ou 20 h. Para tanto as medições fixas de cada bairro, registradas durante o período de tempo em que o roteiro foi percorrido,

foram utilizadas para uma análise de regressão. As retas de regressão geradas simularam a variação da temperatura no PC do bairro ao longo do tempo em que aconteceu o roteiro. A equação determinada pela reta de regressão linear para a variação da temperatura do ar em um PC de um determinado bairro foi utilizada para ajustar as temperaturas das medições móveis realizadas naquele bairro.

Com as equações de regressão linear, em função do horário da medição no roteiro, cada temperatura registrada pelo equipamento móvel foi sincronizada para o horário padronizado de 08 h, 14 h ou 20 h, resultando em uma planilha corrigida de dados.

A confecção de variogramas com os valores das temperaturas corrigidas para os 3 horários padrões em cada ponto georreferenciado de um mesmo bairro, ajustados por modelos que melhor representaram a variabilidade destas em função das posições dos pontos de medições dentro do bairro, permitiu a verificação do grau da dependência espacial da variável temperatura do ar. Como microclimas próximos tenderiam a apresentar valores de temperatura semelhantes, característica definida por autocorrelação espacial, foi possível através da interpolação, a partir dos valores das temperaturas conhecidas, estimar valores para pontos onde não houveram medições, viabilizando a construção de superfícies contínuas que constituíram um mapa interpretativo do estado dessa variável em toda a área de estudo. Paralelamente à verificação da correlação espacial foi avaliada a anisotropia, ou seja, a diferente variabilidade dos dados para as diversas direções, não sendo esta detectada nos variogramas direcionais.

Aplicando os parâmetros de ajuste, efeito pepita, patamar e alcance, foram construídos os mapas de superfícies contínuas de cada bairro para o atributo temperatura do ar, confeccionados pela técnica da krigagem ordinária. Estes mapas superpostos aos mapas do levantamento cartográfico permitiram a caracterização do ambiente térmico do lugar. Para a escolha dos mapas representativos dos ambientes térmicos dos diferentes bairros em cada estação foi utilizado, como critério estatístico, o conjunto de dados cujo variograma apresentou o maior coeficiente de determinação,  $R^2$ , significando o melhor ajuste dos dados. Para essa análise exploratória dos dados e a geoestatística elaborada, realizadas pelos softwares Surfer

v.8.01 e Gama Design v.5.0.3, foram utilizados todos os pontos registrados nos roteiros, excluindo apenas aqueles coincidentes

Os mapas dos ambientes térmicos em conjunto com as métricas determinadas para cada bairro permitiram análises e interpretações baseadas no aporte teórico da bioclimatologia e da climatologia urbana, destacando-se a especificidade do caso e as possibilidades de generalização do estudo.

Com os mesmos dados utilizados para a confecção dos mapas térmicos, porém destacando apenas os 300 pontos escolhidos para o estudo mais detalhado, procurou-se identificar a força da relação entre a temperatura do ar e os percentuais de fragmentos arbóreos em uma dada área de influência, o raio de influência que melhor explica a temperatura do ar e verificar se a fragmentação da vegetação arbórea, definida pela dimensão fractal, poderia influenciar na temperatura do ar de um dado ambiente. Para estes objetivos buscou-se por soluções que explicassem da maneira mais simples as relações entre os grupos através de técnicas de regressão.

Para Silva et al. (2004) “tanto na pesquisa científica como na abordagem experimental” o registro de “um dado fenômeno pode resultar em um gráfico cuja análise fornece parâmetros que possibilitam descrever qualitativa e quantitativamente tal fenômeno”, técnica que recebe o nome genérico de ajuste de curvas ou regressão. A partir da década de 80, a determinação gráfica destes parâmetros, devido a popularização dos computadores, foi substituída por métodos computacionais. Neste trabalho foi utilizado o aplicativo de regressão linear e não-linear TableCurve 2D v.5.1.1 para ajuste das funções de uma variável independente, que seriam os percentuais de área verde e a dimensão fractal das áreas verdes de um dado recorte, para uma variável a ser explicada, a temperatura do ar associada ao núcleo do sistema indicado em cada recorte.

Estes resultados possibilitaram estimativas da temperatura do ar em determinada distribuição urbana, além da sugestão de padrões de distribuição especial das áreas verdes de forma a um melhor condicionamento térmico urbano.

#### **4.6 AVALIAÇÃO DA PREFERÊNCIA RESIDENCIAL**

Procurando um melhor entendimento da questão da preferência de um determinado local para habitação em detrimento de outros, a partir do referencial

teórico da topofilia, foram realizadas entrevistas semiestruturadas para avaliar quais os elementos perceptivos mais influenciam na escolha do ambiente residencial desta amostra da população da cidade de Cuiabá, residente nos 5 bairros relacionados neste trabalho. Nesta avaliação foi considerado o bairro Jardim das Américas, vertical e horizontal, como uma unidade.

A aplicação do instrumento de coleta de dados foi realizada durante a semana de 15 a 20 de agosto de 2011, de forma individual, apenas com os moradores dos bairros. Todas as impressões e informações coletadas foram registradas pelos pesquisadores nos instrumentos aplicados.

Os resultados desta avaliação forneceram indícios da importância da qualidade ambiental na escolha do ambiente residencial por esta população. No âmbito do planejamento urbano, a qualidade ambiental deve ser entendida como ausência de poluição, lixo e ruídos, e uma arborização e morfologia urbana que confirmem as melhores condições microclimáticas possíveis para aquele clima local.

Um estudo prévio, de acordo com o roteiro metodológico proposto por Llinaresa & Pageb (2008), foi realizado para a obtenção do instrumento de pesquisa. Para tanto buscou-se palavras e expressões, principalmente adjetivos, usados pelas pessoas para expressar os atributos de um imóvel para moradia. Utilizando como fontes a internet, jornais e revistas profissionais, foram relacionadas mais de uma centena de expressões como: excelente localização, espaço ideal, melhor vista, seus melhores momentos, rua tranquila e arborizada, áreas de lazer e muito verde, clima agradável, entre outros.

Essa técnica reduziu o número de palavras ao formar grupos de palavras escolhendo aquelas mais gerais para representar os grupos. As expressões escolhidas, o espaço semântico, foram classificadas em oito eixos que refletiram aspectos relacionados com o esquema mental de residência de um indivíduo:

- a. Eixo 1. Grupo com referências como “abundância de vida noturna e despreocupada”, “jovem”, “vital”, “alegre”, “animado”, “dinâmico” e “com serviços de lazer e entretenimento”. Apresenta uma correlação negativa com adjetivos tais como condições de tráfego “intenso”, “pesado” e “barulhento”, interpretado como a dimensão do tráfego e do ruído;

- b. Eixo 2. Ele contém as variáveis relacionadas com o conceito de fácil acesso e rápido, tais como “boas ligações”, “boas ligações de transportes públicos”, “bem situados”, “fácil chegar ao local de trabalho” e “bom planeamento urbano”;
- c. Eixo 3. Corresponde conceitualmente à prospectiva de um bom investimento com a “expansão”, “desenvolvimento urbano”, com perspectivas promissoras de futuro como conceitos principais;
- d. Eixo 4. Este eixo inclui os descritores “com parques e áreas de lazer”, “ampla área, grandes espaços abertos”, “boas instalações desportivas”, “clima agradável” e “bem arborizado”, além dos termos espaçosos e paisagísticos. Este eixo pode ser interpretado como o eixo do conforto ambiental;
- e. Eixo 5. Este eixo pode ser interpretado como o eixo de luxo e prestígio. Apresenta uma forte correlação positiva com expressões como “de luxo”, “requintado”, “alta classe”, “prestígio”, “sem problemas de segurança”, “elegante, moderno” e uma correlação negativa com expressões tais como “imigrantes”, “marginal”, “multicultural” e “deteriorando”;
- f. Eixo 6. Este eixo está relacionado com os adjetivos “comercial”, “com boas lojas” e “área de negócio”. Ele representa o eixo comercial e empresarial;
- g. Eixo 7. Representa a dimensão emblemática e caráter distinto de um imóvel sendo composto por expressões como “emblemático”, “único e especial”, “num ambiente histórico” e “com personalidade e caráter próprio”;
- h. Eixo 8. Pode ser entendido por expressões como “pacífica”, “amigável” e “vizinhança agradável”, com uma grande variedade de escolas e qualidade de vida.

Assim constituídos os eixos foram intitulados em função dos adjetivos que representavam aspectos mais gerais destes e foram relacionados em ordem alfabética para compor o instrumento definitivo base das entrevistas, apresentado no Anexo I.

Aplicado inicialmente a uma população de 125 pessoas distribuídas igualmente nos 5 bairros, o instrumento de pesquisa abordou os itens:

- a. A afeição pelo lugar de moradia;
- b. Os elementos perceptivos, positivos ou negativos, do lugar de moradia;

- c. A percepção da qualidade ambiental do lugar que vive;
- d. A sua participação nesta qualidade;
- e. O esquema de ambiente residencial do indivíduo.

Para avaliar os aspectos perceptivos mais importantes para a preferência residencial de um indivíduo foi solicitado aos entrevistados que apontassem, de forma objetiva, quais dos eixos julgavam mais relevantes para uma possível escolha de um ambiente residencial.

O roteiro da coleta de dados também apresentou uma questão aberta baseada em evocações livres que procurou avaliar a imagem do lugar onde reside o entrevistado, além de outras 3 questões objetivas avaliando a qualidade ambiental do seu bairro, especificamente quanto ao conforto térmico, sua relação com a arborização e a contribuição efetiva de cada um para a constituição do clima urbano. Correspondendo a estímulos projetivos de caráter espontâneo, as evocações livres permitiram acessar, de forma menos controlada, “os elementos que constituem o universo semântico do termo ou do objeto estudado.” (ABRIC, 1994, p.66).

Para essa questão aberta foi orientado aos entrevistadores que gravassem, ou anotassem, todos os argumentos a respeito do ambiente de moradia do indivíduo, para posterior transcrição *ipsis litteris* e embasamento de possíveis discussões a respeito das preferências apontadas pelos eixos temáticos.

A base de dados obtida serviu de referência para a avaliação da saturação da coleta de informações, procedimento utilizado para inferir sobre a suficiência do volume de dados coletados para a população em estudo, de acordo com o roteiro metodológico proposto por De Muisis et al. (2009) para avaliação da saturação de questões abertas. A saturação pode ser qualitativamente definida como o “tamanho de amostra em que a inclusão de novos participantes apresenta uma redundância tal que, conforme critério definido pelo pesquisador, pouco acrescenta ao material já obtido” (DE MUSIS et al., 2009, p.506).

A avaliação da saturação da coleta de dados foi realizada por um procedimento de simulação Monte Carlo, variando os indivíduos selecionados e o tamanho da amostra com o auxílio do aplicativo Crystal Ball®, da Oracle.

Posteriormente foi realizada uma análise exploratória dos dados por estatística coesitiva, na qual as expressões que compuseram o espaço semântico de qualificações dos bairros foram processadas pelo aplicativo Cohesive Hierarchical Implicative Classification v.3.1 (CHIC), que por meio da análise implicativa clássica favoreceu a compreensão de relações entre os eixos temáticos, permitindo inferir possíveis caminhos discursivos entre eles. Como resultado o software apresentou uma árvore de similaridades, um gráfico implicativo de possíveis coesões entre as respostas dos entrevistados sobre aspectos das variáveis levantadas no início do estudo. O resultado dessa análise forneceu subsídios necessários para avaliar os aspectos de percepção, topofilia e imagem de residência dos moradores desta região da cidade.

## **5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste capítulo serão apresentadas as análises dos resultados e as discussões, utilizando essas análises como subsídios, sobre a influência das áreas verdes e a fragmentação destas sobre o ambiente térmico de um lugar.

As etapas foram assim organizadas:

- a. Avaliação da evolução urbana da cidade de Cuiabá, utilizando as métricas da paisagem, ao longo dos últimos 30 anos;
- b. Caracterização micrometeorológica do período 2010/2011;
- c. Tratamento dos dados das medições móveis;
- d. Relação morfologia do bairro, caracterizada pelas métricas da paisagem, com a temperatura média do ar;
- e. Relação da temperatura do ar com o percentual de áreas verdes de um recorte deste ambiente;
- f. Análise de uso e ocupação dos solos a partir dos mapas dos ambientes térmicos da área de estudo nos horários das medições;
- g. Relação da temperatura do ar com a fragmentação das áreas verdes de um recorte deste ambiente;
- h. Estudo dos aspectos que constituem a imagem de residência dos moradores da área de estudo.

### **5.1 AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO URBANA DA CIDADE DE CUIABÁ, UTILIZANDO AS MÉTRICAS DA PAISAGEM, AO LONGO DOS ÚLTIMOS 30 ANOS**

Nesta análise da expansão urbana da Grande Cuiabá nos últimos trinta anos, de 1980 a 2010, duas categorias de índices de paisagem foram escolhidas: a primeira a partir da quantificação dos fragmentos de cada classe de uso dos solos, a segunda a

partir da perspectiva da organização, e consequente heterogeneidade espacial, e da complexidade do uso dos solos.

### 5.1.1 Descrição Quantitativa da Dinâmica da Paisagem

Os resultados das metodologias aplicadas às imagens de satélites mostraram a rapidez da expansão da urbanização na Grande Cuiabá nos últimos 30 anos. Os fragmentos classificados como urbanos aumentaram em 10.828 ha, passando de 21,47% da área total delimitada para o estudo (PLAND), em 1980, para 36,53% em 2010, com uma taxa de crescimento praticamente constante entre 1980 e 1995 e entre 1995 e 2010 (Tabela 07).

**Tabela 07** – Evolução das métricas de quantificação da paisagem para os fragmentos de cada tipo de ocupação do solo entre 1980 e 2010

Classe	Ano	CA (ha)	PLAND (%)	NP	PD ( $10^{-2}\text{ha}^{-1}$ )	LPI (%)	AREA (ha)
Corpos d'água	1980	2194,5	2,91	1035	1,37	0,13	2,12
	1995	822,6	1,11	233	0,31	0,54	3,53
	2010	1204,5	1,63	595	0,80	0,65	2,02
Vegetação arbórea	1980	30687,3	40,70	1612	2,13	15,10	19,04
	1995	20534,3	27,77	4498	6,04	3,61	4,57
	2010	14986,7	20,27	4178	5,61	1,24	3,59
Vegetação rasteira	1980	26131,2	34,66	2646	3,50	4,85	9,88
	1995	30548,7	41,31	4236	5,69	9,51	7,21
	2010	29511,1	39,91	4239	5,69	6,62	6,96
Urbano	1980	16188,8	21,47	1850	2,45	10,40	8,75
	1995	21479,4	29,04	2514	3,37	17,07	8,54
	2010	27016,8	36,53	2261	3,03	16,88	11,95
Solo Nu	1980	190,08	0,25	79	0,10	0,07	2,41
	1995	567,54	0,77	390	0,52	0,07	1,46
	2010	1233,45	1,67	801	1,08	0,08	1,54

Legenda:

CA - área da classe;

PLAND - porcentagem da paisagem;

NP - número de fragmentos de determinada classe;

PD - densidade de fragmentos;

LPI- índice de maior fragmento;

AREA - área média do fragmento de determinada classe.

A evolução da área dos solos expostos, que apresentaram um aumento de 8 vezes no período, também foi um bom indicador da rapidez do avanço da urbanização sobre a paisagem natural, provocado pela especulação imobiliária.

Com relação aos fragmentos arbóreos, a área total ocupada por esta classe diminuiu em 15.700 ha, passando de 40,70% da área total delimitada para o estudo, em 1980, para 20,27% em 2010. Essa redução foi mais intensa no período de 1980 a 1995, por volta de 13% da área total delimitada para o estudo, resultado condizente com as mais altas taxas de crescimento urbano da história da cidade que, segundo Vilarinho Neto (2005), ocorreram na década de 1980. Em 1995, a área urbanizada, com 29,04% da área total delimitada para o estudo, tornou-se dominante sobre os fragmentos de vegetação arbórea que neste ano ocupavam apenas 27,77% desta área.

No entanto a redução da área total dos fragmentos arbóreos não foi provocada apenas pela evolução da área urbanizada. A classe vegetação rasteira também teve sua área ampliada no período, de 34,66%, em 1980, para 39,91% em 2010, da área total delimitada para o estudo. O resultado sugere que a vegetação rasteira, como as pastagens e agricultura do cinturão verde da cidade, também ampliou os seus domínios sobre os fragmentos de vegetação arbórea. Nesta estatística também aparecem as vegetações rasteiras, denominadas comumente por mato, dos terrenos urbanos, espaços que poderiam funcionar como estoques de vegetação arbórea de maior porte, ilhas em meio a urbanização, mas que voltados à especulação imobiliária, sofrem todos os anos uma limpeza nada seletiva, muitas vezes com uso do fogo.

As diferenças das sazonalidades das estações do ano, além das diferenças entre as datas das imagens não permitiram inferências quanto a evolução da área ocupada pelos corpos d'água na área delimitada para o estudo.

### **5.1.2 Descrição da Evolução da Complexidade e da Organização Espacial do Ambiente Urbano**

A urbanização durante este período produziu um aumento no número de fragmentos de áreas construídas, de 1.850, em 1980, para 2.261 em 2010 (Tabela 08). Nos primeiros 15 anos do estudo houve um aumento substancial na dimensão do maior fragmento urbano (LPI), de 10,4% da área delimitada para o estudo, em 1980, para 17,1% em 1995, porém a área média dos fragmentos foi praticamente a mesma.

Por outro lado, entre 1995 e 2010, houve uma inversão nesta tendência, sugerindo que o crescimento urbano mais intenso foi concentrado na área central da cidade, nos primeiros 15 anos, crescendo horizontalmente para a periferia da cidade a partir de pequenos fragmentos isolados, que nos anos seguintes evoluíram, passando a aglutinar outros fragmentos, de forma que a quantidade destes reduziu de 2.514, em 1995, para 2.261, em 2010.

**Tabela 08** – Evolução das métricas de complexidade e organização espacial da paisagem para os fragmentos de cada tipo de ocupação do solo entre 1980 e 2010

Classe	Ano	SHAPE	FRAC	PAFRAC	ENN (m)	AI
Corpos d'água	1980	1,98	1,10	1,58	223,3	34,81
	1995	6,96	1,24	1,33	158,8	82,99
	2010	5,85	1,21	1,30	144,4	80,70
Vegetação arbórea	1980	24,01	1,33	1,63	161,3	64,60
	1995	6,45	1,21	1,37	68,2	82,62
	2010	4,59	1,19	1,38	73,5	80,26
Vegetação rasteira	1980	14,49	1,28	1,67	161,7	51,88
	1995	20,53	1,32	1,50	61,7	81,68
	2010	15,94	1,30	1,50	61,90	82,18
Urbano	1980	11,77	1,24	1,57	168,8	66,24
	1995	20,85	1,29	1,38	67,6	65,54
	2010	19,91	1,30	1,40	65,8	88,32
Solo Nu	1980	1,86	1,10	1,49	288,1	44,36
	1995	1,69	1,09	1,31	241,3	74,79
	2010	1,60	1,08	1,29	195,6	75,09

Legenda:

SHAPE - índice de forma;

FRAC - dimensão fractal;

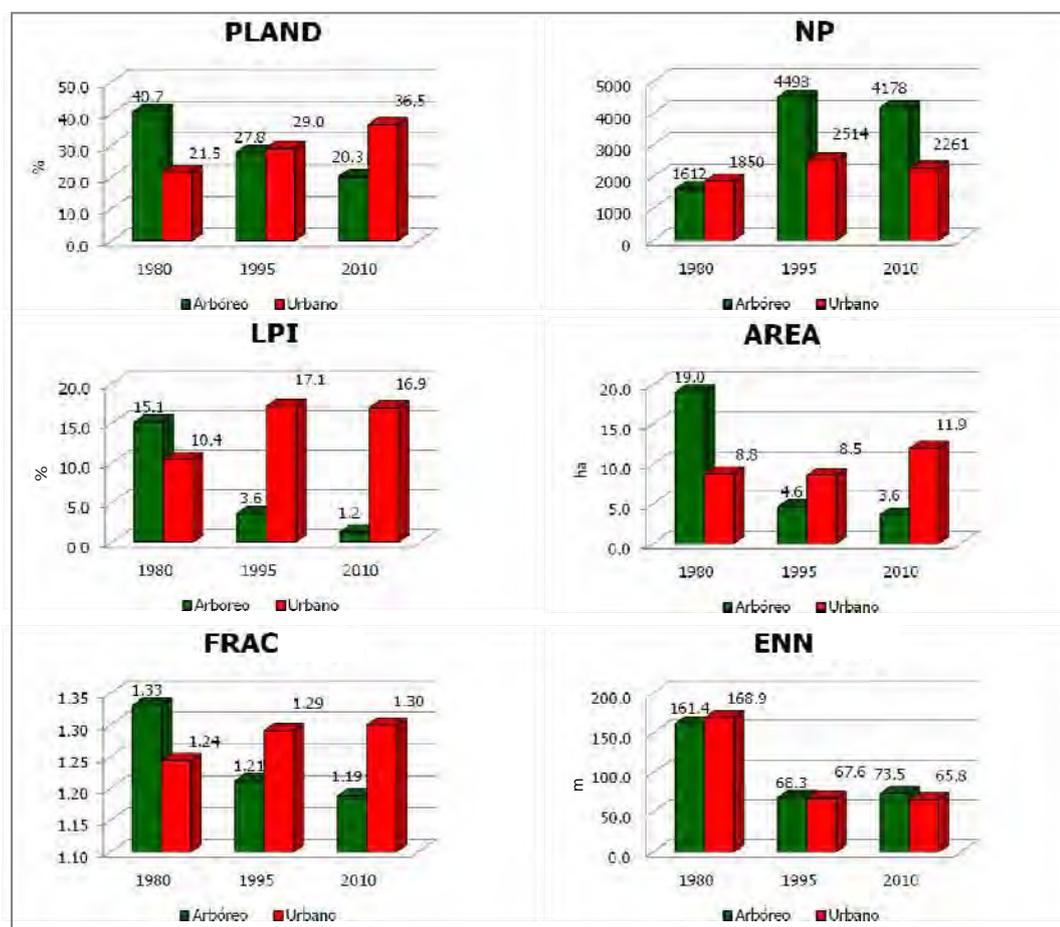
PAFRAC - dimensão fractal perímetro-área;

ENN - distância ao vizinho mais próximo de mesma classe;

AI - índice de agregação.

O índice dimensão fractal (FRAC), variando de 1,24 em 1980, para 1,29 em 1995 e 1,30 em 2010, conseguiu mostrar o aumento da complexidade da área urbanizada, confirmado pela redução da distância média entre os fragmentos, de 168,9 m, em 1980, para 65,8 m em 2010. A expansão horizontal, muito dispersa, experimentada nos primeiros 15 anos do estudo tornou a forma da malha urbanizada muito complexa, porém nos últimos 15 anos os índices mostraram que houve uma

redução nessa velocidade, de forma que a urbanização passou a ocupar os vazios dentro da área já constituída. A Figura 33 mostra a evolução de alguns destes índices durante os últimos 30 anos.



**Figura 33** – Evolução de algumas métricas da paisagem para o período 1980/2010.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Estas tendências diferentes entre a complexidade do uso do solo urbano nos dois períodos de 15 anos também puderam ser observadas nos índices de forma (SHAPE) e dimensão fractal perímetro-área (PAFRAC), ao indicarem variações elevadas na complexidade das formas nos primeiros 15 anos do estudo e uma ligeira redução na complexidade destas formas no período mais recente.

O índice de agregação (AI), baseado nas vizinhanças de pixels de mesma classe, confirmou essa tendência com uma agregação ligeiramente superior no ano de 1995, comparado ao ano de 1980, e uma evolução significativa para 88,32% no ano

de 2010. O elevado valor deste índice em 2010, cujo valor máximo de 100% significa a existência de um único fragmento compacto da classe, confirmou a tendência de ocupação dos vazios não urbanizados no perímetro do estudo.

Por motivos diferentes aos apresentados pela área urbanizada a quantidade de fragmentos de vegetação arbórea também aumentou em valores absolutos no mesmo período. Os fragmentos arbóreos evoluíram de 1.612, em 1980, para 4.178 em 2010. Naturalmente, as extensas superfícies vegetadas existentes em 1980 foram, em função da atividade destinada àquele espaço, retiradas por completo para constituir uma nova arborização, ou mantidas em parte, porém divididas em fragmentos com áreas bastante reduzidas, apenas para satisfazer uma legislação e uma fiscalização pouco efetiva. A acelerada redução da área de vegetação arbórea na região delimitada para o estudo pôde ser percebida também pela diminuição da dimensão do maior fragmento arbóreo (LPI), de 15,1% da área total da paisagem, em 1980, para 3,6% em 2010. As transformações resultaram em uma redução significativa na área média dos fragmentos ocupados por vegetação arbórea, de 19,0 ha, em 1980, para 3,6 ha em 2010.

Para a classe vegetação arbórea o índice dimensão fractal, que variou de 1,33 em 1980, para 1,21 em 1995 e para 1,19, em 2010, conseguiu mostrar a diminuição da complexidade dos fragmentos de área vegetada, confirmada pela redução da distância média entre estes, de 161,4 m, em 1980, para 73,5 m em 2010. A redução da complexidade implica que os fragmentos de vegetação arbórea em 2010, em sua maioria, ficaram restritos aos formatos regulares dos lotes ainda não construídos, ou ao paralelismo das ruas, onde existe arborização pública, indicando que perturbações antropogênicas operaram sobre este espaço, forçando o desaparecimento desta categoria, na sua forma original, da paisagem.

O índice SHAPE descreveu bem a redução da complexidade das formas das áreas vegetadas no período, bastante intensa nos primeiros 15 anos, de 24,01 para 6,45, e moderada nos últimos 15 anos, passando para um valor de 4,59 em 2010. O índice PAFRAC, conseguiu indicar a rápida redução da complexidade das áreas vegetadas ocorrida entre 1980 e 1995, porém para o período 1995/2010 apontou uma ligeira elevação da complexidade destas formas. A mesma discordância nos últimos 15 anos ocorreu quando este índice foi aplicado à classe área urbanizada.

Quanto a agregação das áreas vegetadas, o índice AI mostrou um aumento da agregação dos fragmentos arbóreos. Independente da quantidade de área vegetada, o índice de agregação, apontando para a vizinhança de pixels desta classe, indicou que os fragmentos de vegetação arbórea, antes dispersos por toda a área em questão, em 2010 apresentaram-se, na maior parte destes, concentrados nas margens dos muitos córregos que cortam a cidade, sugerindo, conforme a definição, uma elevada agregação entre os pixels desta classe.

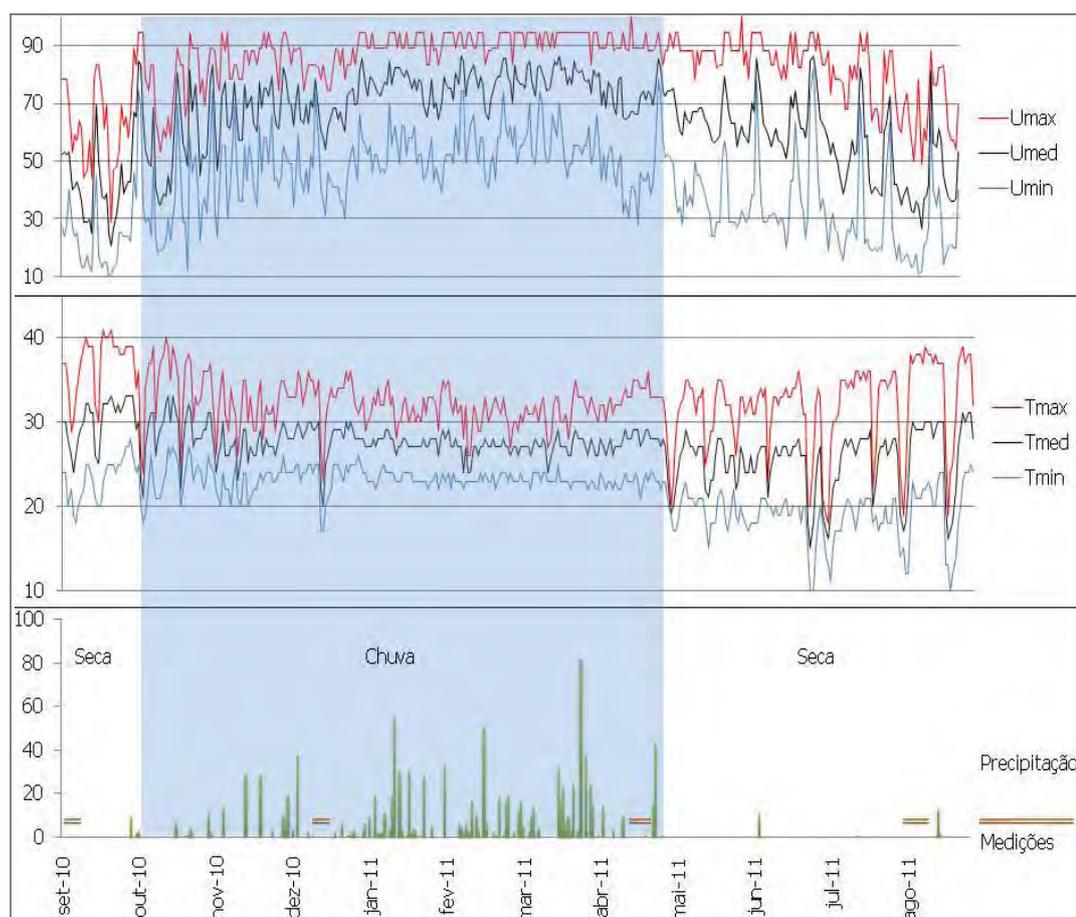
## **5.2 CARACTERIZAÇÃO MICROMETEOROLÓGICA DO PERÍODO 2010/2011**

Para este trabalho foram utilizados os dados registrados pela estação meteorológica do Aeroporto Marechal Rondon com a finalidade de descrever o comportamento do clima local no período do estudo, de setembro de 2010 a agosto de 2011.

Para a caracterização micrometeorológica do clima local no período foram consideradas as variáveis: temperatura e umidade relativa do ar, e precipitação (Figura 34).

A análise das variáveis climáticas permitiu afirmar que, segundo a caracterização macroclimática de Cuiabá elaborada por Campelo Júnior et al. (1991), estas apresentaram um comportamento típico para a região ao longo de todo o período do estudo.

As precipitações mínimas ocorreram entre maio e setembro e as máximas entre outubro e abril. Para as temperaturas, as máximas ocorreram entre julho e outubro, enquanto que as mínimas em julho e agosto, consequência da invasão de Massas Polares do Atlântico que atingiram a região entre os meses de junho e agosto. Neste período, auge da estação seca, a baixa umidade relativa do ar, que pode atingir valores críticos, da ordem de 10% nas horas mais quentes do dia, é responsável por elevadas amplitudes térmicas diárias, os maiores registros ao longo do ano. Na estação chuvosa a umidade relativa do ar mantém-se sempre elevada, especialmente nos dias de registros de precipitações, estabilizando a temperatura do ar, de forma a não ocorrência de grandes oscilações desta variável ao longo do dia.



**Figura 34** – Temperatura e umidade do ar, máxima, média e mínima, e precipitação acumulada, diárias para o período de setembro de 2010 a agosto de 2011.

**Fonte:** Aeroporto Marechal Rondon, 2011.

### 5.2.1 Comparação dos Dados Climáticos dos Postos de Controle com a Estação Meteorológica

Os registros obtidos com as medições realizadas nos pontos fixos, os postos de controle (PCs), foram comparados aos dados registrados, correspondentes ao mesmo período de observação, pela Estação Meteorológica do Aeroporto Marechal Rondon (AMR).

Para esta comparação usamos os valores médios das variáveis considerando que, em função dos dias escolhidos para as medições, as variações da temperatura e umidade relativa do ar ao longo de um dia se repetiram de forma semelhante em dias consecutivos. Assim a composição das temperaturas médias em cada horário expressou bem o ambiente térmico de cada espaço ao longo de um dia típico de

medição. A Tabela 09 apresenta os valores médios da temperatura do ar mínima e máxima, da amplitude térmica e da umidade relativa do ar para os dias de medições nas duas estações, seca e chuvosa.

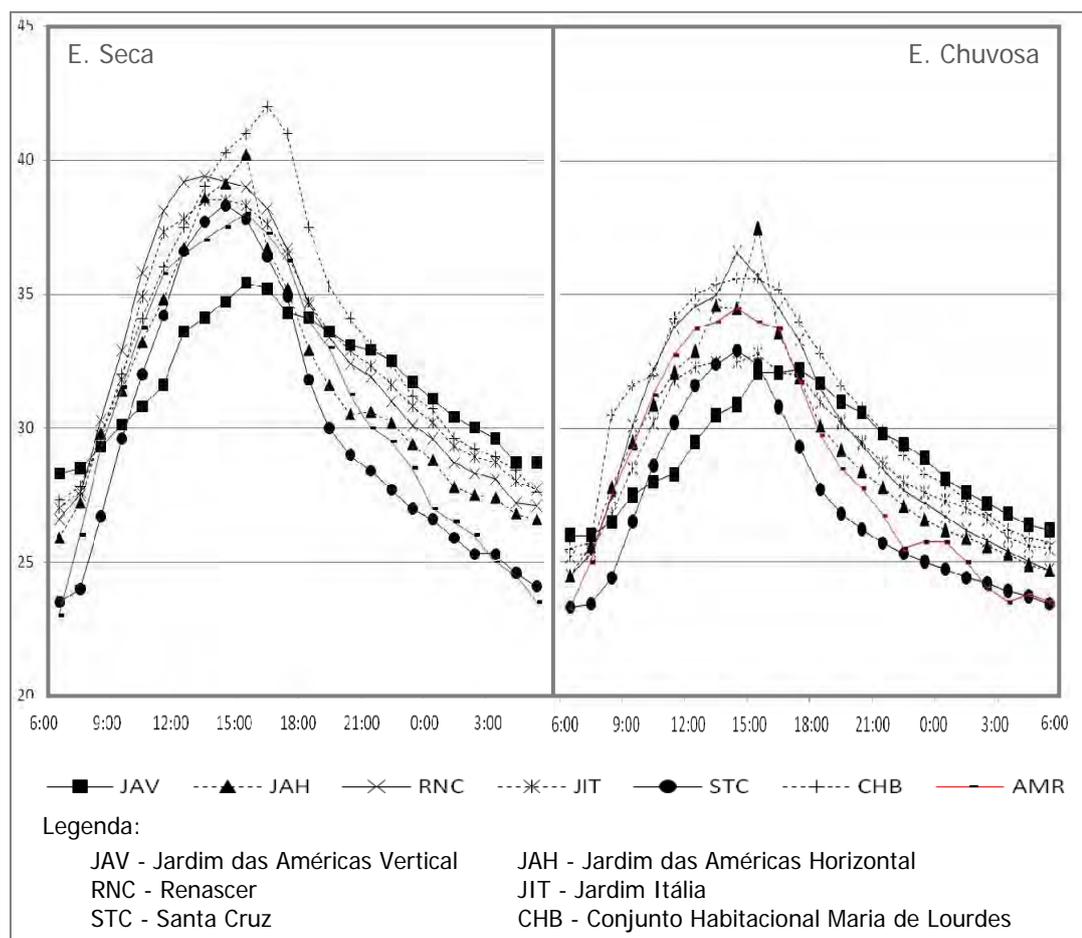
**Tabela 09** – Valores médios de temperatura do ar, mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa do ar, mínima e máxima, para os dias de medições

Estação	PC	Temperatura do Ar (°C)		Amplitude Térmica Média (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	
		Máxima	Mínima		Máxima	Mínima
Seca	JAV	35,5	27,7	7,8	55,0	34,4
	JAH	40,3	25,9	14,4	52,9	28,8
	RNC	39,6	25,6	14,0	58,3	29,8
	JIT	38,7	27,0	11,7	52,6	27,7
	STC	38,4	23,5	14,9	58,3	39,7
	CHB	41,4	27,2	14,2	55,2	27,3
	AMR	38,0	23,0	15,0	58,8	16,0
Chuvosa	JAV	32,3	25,9	6,4	81,3	55,7
	JAH	37,6	24,5	13,1	79,0	53,5
	RNC	37,3	24,5	12,8	79,0	51,7
	JIT	32,8	25,2	7,6	80,5	50,6
	STC	33,0	23,2	6,8	83,2	50,9
	CHB	35,8	25,3	10,5	71,4	46,9
	AMR	34,5	23,3	11,2	88,5	38,5

Legenda:

- JAV - Jardim das Américas Vertical;
- JAH - Jardim das Américas Horizontal;
- RNC - Renascer;
- JIT - Jardim Itália;
- STC - Santa Cruz;
- CHB - Conjunto Habitacional Maria de Lourdes;
- AMR - Aeroporto Marechal Rondon.

Os registros da temperatura do ar, realizados com uma periodicidade de 2 min, durante todos os dias de medições serviram de base para a construção das curvas de aquecimento e resfriamento de cada PC (Figura 35). Uma análise exploratória nos dados registrados em todos os PCs permitiu verificar um comportamento regular das curvas diárias em todo o período de coleta, de forma que todas as informações destes postos foram incluídas na constituição das curvas. Os registros da umidade relativa do ar foram realizados durante os transectos, apenas nos horários padrões das medições, 08 h, 14 h e 20 h.



**Figura 35** – Médias horárias da temperatura do ar, em °C, nos postos de controle e na Estação Meteorológica do Aeroporto Marechal Rondon (AMR) para os dias de medições.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Pela análise desses registros observou-se que, independente de seca ou chuva, as temperaturas máximas registradas pela Estação Meteorológica do Aeroporto Marechal Rondon estiveram próximas as médias dos valores destas temperaturas encontradas nos PCs, porém com relação as mínimas, também nas duas estações, as temperaturas mínimas registradas no AMR foram semelhantes as mínimas registradas pelo equipamento do PC do bairro Santa Cruz (STC), as menores entre todos os postos. O PC desse bairro sofre influência do seu entorno imediato, uma área verde com alta taxa de vegetação arbórea e um pequeno corpo d'água.

As maiores diferenças entre as temperaturas máximas, com relação a estação do AMR, foram de +3,4 °C, registrada na estação seca no posto do Conjunto Habitacional Maria de Lourdes (CHB), e de +3,1°C, na estação chuvosa no posto do

Jardim das Américas Horizontal (JAH). As maiores diferenças entre as temperaturas mínimas, com relação a estação do AMR, foram de +4,7 °C, registrada na estação seca no posto do Jardim das Américas Vertical (JAV), e de +2,6 °C, registrada no mesmo posto na estação chuvosa.

Neste posto do JAV a morfologia predominantemente vertical produz um efeito canyon sobre os ambientes no seu interior que, dificultando o acesso da radiação solar, ocasiona a redução das amplitudes térmicas diárias, neste caso as menores registradas nas duas estações entre todos os PCs. Todavia essa configuração também dificulta a dissipação da energia no período noturno, retardando o resfriamento do ar na região neste horário. Na estação chuvosa, a partir das 16 h a temperatura do ar nesse posto deixou de ter o menor registro e às 22 h a temperatura do ar no lugar passou a ser superior à registrada em todos os outros postos. Na estação seca esses fenômenos aconteceram nos horários de 18 h e 22 h (Figura 35).

O comportamento descrito da temperatura do ar favorecido pela morfologia do lugar, que retém a energia térmica em seu núcleo e dificulta a circulação do ar, configura a região verticalizada do Jardim das Américas como uma ilha de calor para a área de estudo.

As maiores amplitudes térmicas foram registradas na estação do AMR, de 15,0 °C na estação seca, e de 13,1 °C na estação chuvosa no posto do JAH. As menores temperaturas aconteceram no posto do STC, de 23,5 °C na estação seca e de 23,2 °C, na estação chuvosa, valores muito próximos aos registrados na Estação Meteorológica do AMR, de 23,0 °C e 23,3 °C, nas estações seca e chuvosa, respectivamente. As maiores temperaturas registradas nos dias de medições foram de 42,4 °C no posto do CHB na estação seca e de 37,6 °C no posto do JAH na estação chuvosa. Nesse último, apesar da proximidade à vegetação do córrego do Barbado, os possíveis efeitos de arrefecimento da temperatura do ar foram anulados pelas características do lugar, de elevada taxa de impermeabilização dos solos e adensamento das construções.

Para a umidade relativa do ar, as diferenças nos horários de medições impediram comparações com a estação do AMR. Na comparação entre os PCs, os menores índices de umidade relativa do ar, nas duas estações, foram registrados no posto do CHB, região densamente construída e pouco arborizada. Nesse caso,

posicionado em uma vertente ligeiramente voltada para o sol da tarde, permitindo um maior acesso da radiação solar em especial neste horário, a forma de ocupação dos lotes, com áreas reduzidas, recuos mínimos e solo quase que completamente impermeável, além da existência de apenas edificações térreas, explica o comportamento deste microclima, de elevadas temperaturas e baixas umidades. Também neste posto, em muitas horas do dia, os possíveis efeitos de arrefecimento da temperatura do ar, produzidos pela extensa mata de cerrado que envolve o lugar, foram anulados pelas características de ocupação deste espaço.

### **5.3 TRATAMENTO DOS DADOS DAS MEDIÇÕES MÓVEIS**

A seguir será descrita a metodologia utilizada para correção do tempo tardio nas medições móveis, avaliação da uniformidade destas, além da avaliação da correlação espacial entre as medidas através de um tratamento geoestatístico.

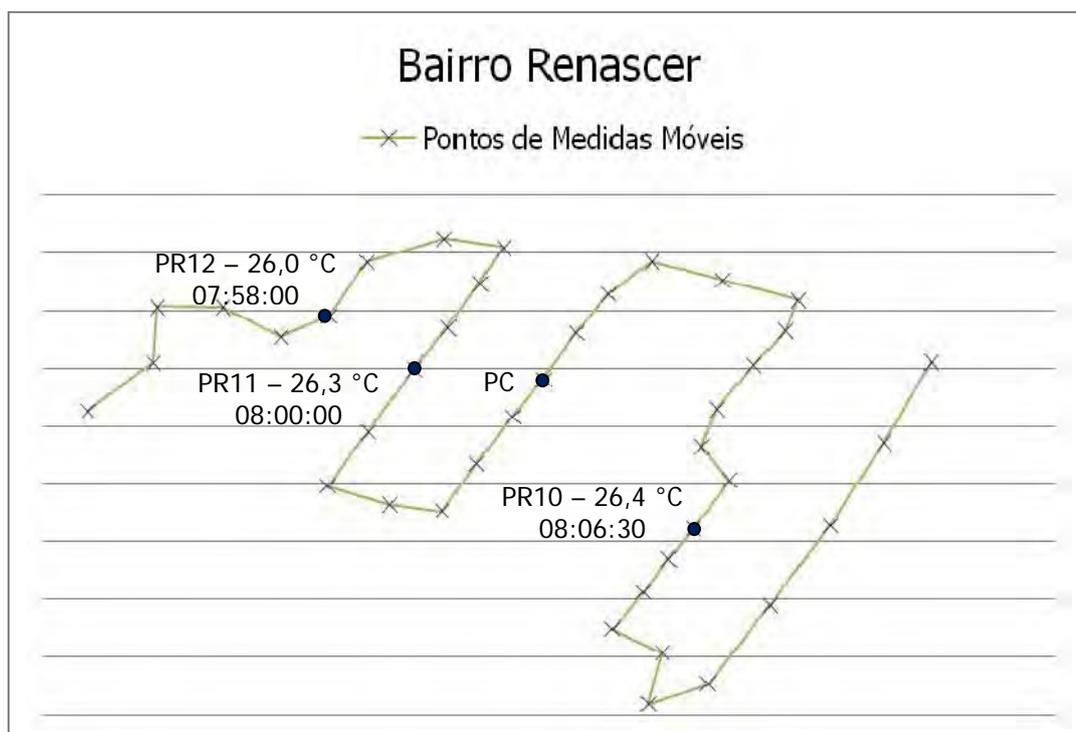
#### **5.3.1 Correção das Medidas Móveis**

Para um melhor detalhamento do ambiente térmico de um dado local em um instante do dia é necessário um grande número de medidas instantâneas da temperatura do ar com uma distribuição espacial que seja representativa do lugar. Para tanto, neste trabalho optou-se pelo método das medidas móveis, também denominado método do transecto móvel, que consiste em medidas da temperatura do ar registradas por sensores montados em um veículo que percorre um trajeto específico do espaço urbano.

Com o método das medidas móveis é possível produzir uma grande quantidade de informações com uma boa cobertura espacial. No entanto, essas informações são defasadas umas das outras por um intervalo regular de tempo e essa defasagem de tempo, entre duas medidas quaisquer que se queira comparar, pode ser significativa.

Assim, para avaliar o ambiente térmico da área de estudo nos horários padrões de 08 h, 14 h e 20 h, foi necessário corrigir os resultados da coleta de dados de medidas móveis para esses horários padrões. Para esta correção do tempo tardio foram utilizados como referências os equipamentos localizados nos postos de controle (PCs) de cada bairro, de forma que cada ponto de medida móvel foi relacionado o PC do bairro em questão.

As medidas fixas realizadas nos PCs foram utilizadas nesta etapa com a finalidade de correlacionar os resultados das medidas móveis a partir de índices de correções confiáveis. Para exemplificar, as Figuras 36 e 37 mostram como foi realizada a correção das temperaturas das medidas móveis realizadas nos pontos de referência PR10, PR11 e PR12, do bairro Renascer na manhã do dia 20 de abril de 2011, em função da evolução da temperatura do ar no PC desse bairro.

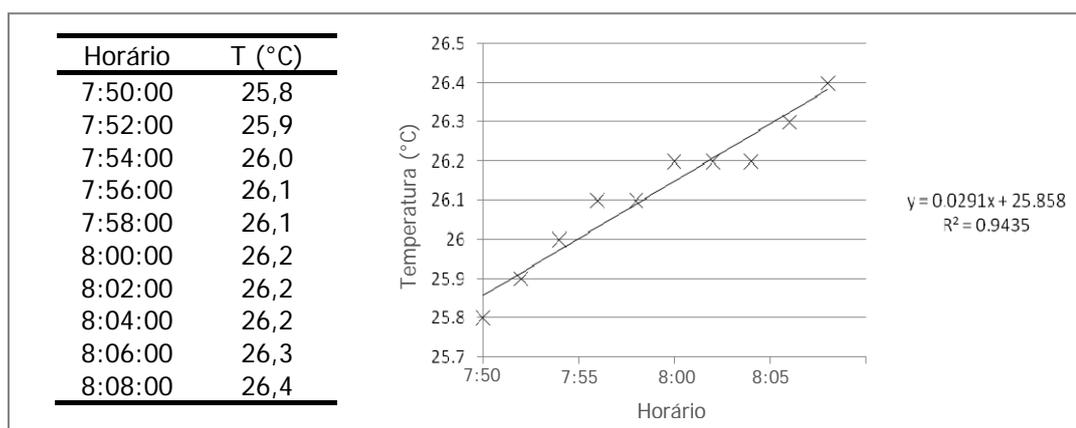


**Figura 36** – Temperatura do ar e horários de registros em 3 pontos de referência do bairro Renascer.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Na Figura 37 é possível verificar como variou a temperatura do ar no PC do bairro Renascer no intervalo de tempo entre o início e o fim das medições no bairro na manhã deste dia.

Os resultados da análise de regressão linear, cuja calibração apresentou um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 94,35%, indicaram o bom ajuste dos dados mostrando que a variação da temperatura do ar neste PC no período indicado foi praticamente constante e da ordem 0,0291 °C/min.



**Figura 37** – Evolução da temperatura do ar no bairro Renascer registrada pelo equipamento fixo.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

A aplicação do coeficiente linear da equação de regressão linear, de acordo com as variáveis apresentadas na Figura 36, forneceu as temperaturas do ar corrigidas para os PRs no horário padrão de 08 h (Tabela 10).

**Tabela 10** – Exemplo de correção de medidas móveis da temperatura do ar

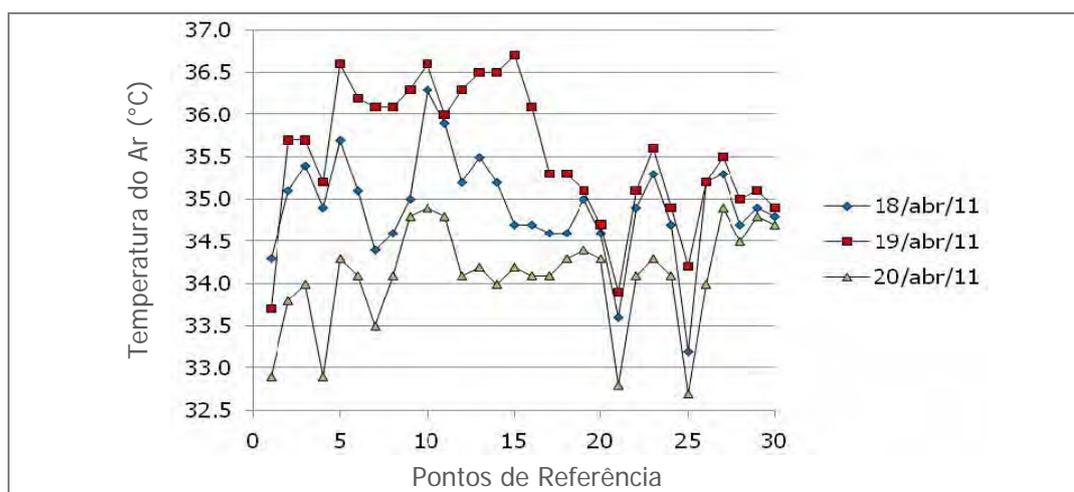
Ponto de Referência	Temperatura do ar (°C)	Defasagem de tempo (min)	Temperatura do ar corrigida (°C)
10	26,4	-2,0	26,5
11	26,3	0,0	26,3
12	26,0	+6,5	25,8

Esse procedimento permitiu corrigir todos os dados das medidas móveis, nas estações seca e chuvosa, que foram utilizados para a construção dos mapas dos ambientes térmicos da área de estudo para os horários padrões das medições.

### 5.3.2 Avaliação dos Dados das Medidas Móveis

Após o tratamento dos registros das medições móveis para os horários padrões, de 08 h, 14 h e 20 h, a base de dados foi constituída por 19 transectos de cada horário padrão, 9 realizados em dois períodos distintos da estação chuvosa e outros 10 realizados em dois períodos distintos da estação seca. Os dados referentes às medições do dia 17 de dezembro, nas coletas de dados realizadas na semana de 13 a 17 de dezembro de 2010, foram desprezadas para esta análise devido as variações de nebulosidades ocorridas durante a realização dos transectos.

A observação detalhada dos dados referentes a temperatura do ar corrigida em medições realizadas em dias consecutivos de uma mesma estação mostrou uma tendência de comportamento ao longo dos pontos de referência. Para ilustrar essa tendência, na Figura 38 são apresentadas as variações das temperaturas do ar, corrigidas para o horário das 14 h, nos pontos de referência em transectos realizados em três dias consecutivos da estação chuvosa.



**Figura 38** – Evolução da temperatura do ar nos pontos de referência registrada pelo equipamento móvel.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Apesar dos valores das temperaturas oscilarem em até 2,5 °C para um mesmo ponto de referência entre os dias de medições, a análise da Figura 38 sugeriu uma tendência de comportamento ao longo dos transectos, onde, com poucas exceções, os pontos em que ocorreram os maiores e os menores registros de temperatura do ar não variaram conforme o dia em que foi realizado o transecto. Desta forma, ao invés de considerar bases de dados de temperaturas médias dos períodos de coletas, para a escolha dos transectos utilizados como representativos dos horários padrões optou-se por um tratamento geoestatístico dos registros da temperatura do ar corrigidos para os horários padrões.

### 5.3.3 Tratamento Geoestatístico das Medidas Móveis

A análise geoestatística definiu a escolha do transecto base para a confecção dos mapas do ambiente térmico para os horários padrões nas duas estações do ano. O critério de escolha deste transecto foi baseado no semivariograma cujo ajuste

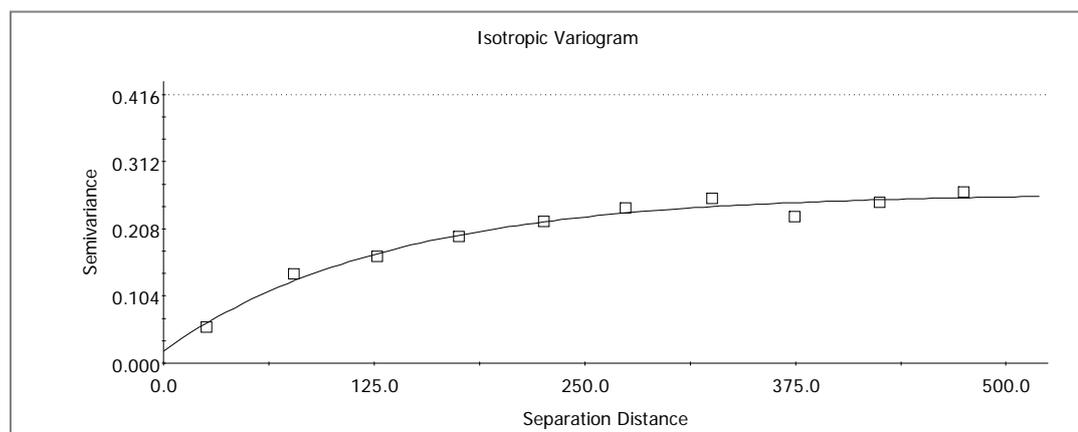
resultou em maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). As Tabelas 11 a 16 mostram os parâmetros geoestatísticos de todos os transectos.

Pelos critérios definidos neste trabalho a análise do ambiente térmico da área de estudo para o horário de 08 h na estação seca, em função do maior coeficiente de determinação  $R^2$ , foi realizada com base nas medições efetuadas no dia 11 de agosto de 2011 (Tabela 11).

**Tabela 11** – Parâmetros geoestatísticos referentes aos transectos da estação seca para o horário de 08 h

Transecto	$C_0$	$C+C_0$	A	$C_0/(C+C_0)$	$R^2$	Modelo
06set2010	0,009	0,111	262,0	0,919	0,899	esférico
07set2010	0,002	0,121	393,0	0,983	0,939	exponencial
08set2010	0,000	0,118	345,3	1,000	0,961	exponencial
09set2010	0,004	0,087	364,5	0,954	0,939	gaussiano
10set2010	0,007	0,103	222,0	1,000	0,971	esférico
08ago2011	0,035	0,120	325,6	0,708	0,800	linear
09ago2011	0,018	0,098	352,3	0,816	0,917	esférico
10ago2011	0,026	0,105	325,6	0,752	0,895	linear
11ago2011	0,019	0,263	396,0	0,928	0,975	exponencial
12ago2011	0,043	0,247	307,0	0,826	0,963	esférico

Para este horário da estação seca os dados foram melhor ajustados por uma função exponencial cujo semivariograma é apresentado na Figura 39.



**Figura 39** – Semivariograma base referente ao transecto das 08 h da estação seca.

**Fonte:** Gama Design v.5.0.3.

A força do modelo exponencial foi determinada pela variância estrutural de 0,928, caracterizando a forte dependência espacial da variável em estudo, a temperatura do ar.

O alcance de 396,0 m informou que a partir desta distância de um determinado ponto a temperatura do ar variou de forma aleatória, porém em uma distância inferior a este alcance, configurando uma área de influência, as temperaturas foram correlacionadas espacialmente umas com as outras, de forma que fatores espaciais explicaram os valores desta variável em cada ponto deste espaço.

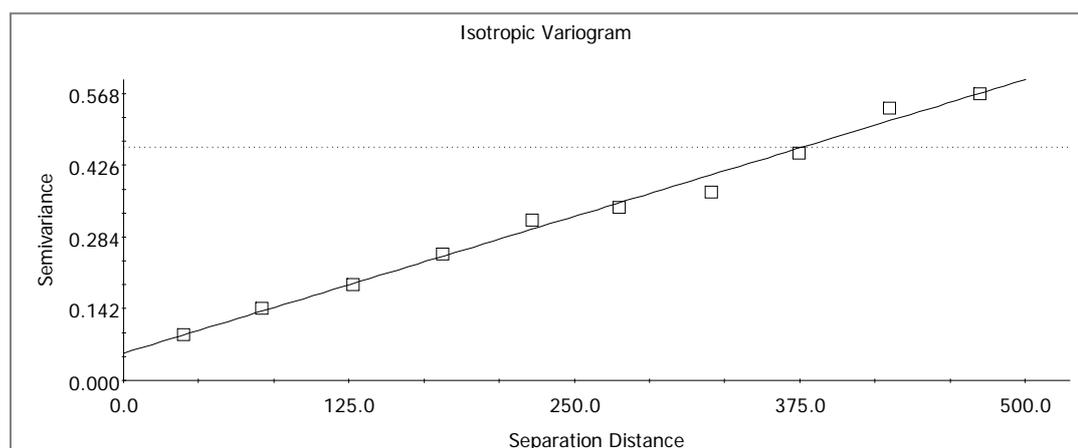
Para a análise do ambiente térmico da área de estudo no horário de 14 h para a estação seca foram utilizados os dados registrados nas medições efetuadas no dia 09 de setembro de 2010, cujo semivariograma apresentou maior coeficiente de determinação,  $R^2 = 0,991$  (Tabela 12).

**Tabela 12** – Parâmetros geoestatísticos referentes aos transectos da estação seca para o horário de 14 h

Transecto	$C_0$	$C+C_0$	A	$C_0/(C+C_0)$	$R^2$	Modelo
06set2010	0,036	0,166	534,0	0,783	0,755	esférico
07set2010	0,040	0,160	510,0	0,750	0,969	esférico
08set2010	0,051	0,171	474,9	0,702	0,944	linear
09set2010	0,054	0,569	474,9	0,905	0,991	linear
10set2010	0,101	0,301	373,0	0,664	0,972	esférico
08ago2011	0,044	0,143	325,8	0,692	0,927	linear
09ago2011	0,144	0,336	475,27	0,571	0,867	linear
10ago2011	0,034	0,136	355,5	0,750	0,950	exponencial
11ago2011	0,050	0,315	322,7	0,841	0,909	esférico
12ago2011	0,092	0,301	330,7	0,694	0,978	esférico

Expresso por um modelo linear, a força deste foi determinada pela variância estrutural de 0,905, valor que caracterizou a forte dependência espacial da temperatura do ar.

As temperaturas foram correlacionadas espacialmente umas com as outras até um alcance de 474,9 m, a partir desta distância a temperatura do ar variou de forma aleatória (Figura 40).



**Figura 40** – Semivariograma base referente ao transecto das 14 h da estação seca.

**Fonte:** Gama Design v.5.0.3.

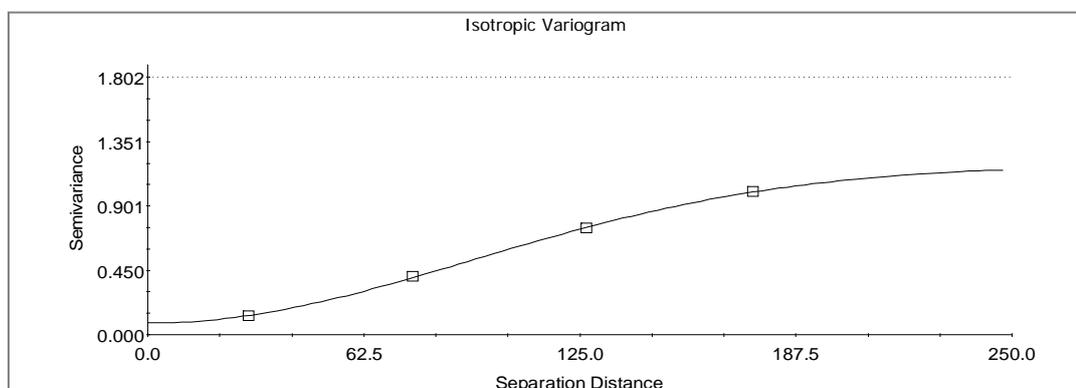
Pelos critérios definidos neste trabalho a análise do ambiente térmico da área de estudo para o horário de 20 h na estação seca, em função do maior coeficiente de determinação  $R^2$ , foi realizada com base nas medições efetuadas no dia 10 de agosto de 2011 (Tabela 13).

**Tabela 13** – Parâmetros geoestatísticos referentes aos transectos da estação seca para o horário de 20 h

Transecto	$C_0$	$C+C_0$	A	$C_0/(C+C_0)$	$R^2$	Modelo
06set2010	0,047	2,021	349,1	0,977	0,988	esférico
07set2010	0,141	1,945	255,7	0,928	0,969	linear
08set2010	0,182	1,682	214,0	0,892	0,999	gaussiano
09set2010	0,274	1,960	273,0	0,860	0,981	gaussiano
10set2010	0,001	1,967	313,6	0,999	0,993	esférico
08ago2011	0,001	1,423	255,7	0,999	0,991	linear
09ago2011	0,126	1,484	293,7	0,915	0,996	gaussiano
10ago2011	0,081	1,186	227,6	0,932	1,000	gaussiano
11ago2011	0,001	0,998	175,2	0,999	0,998	linear
12ago2011	0,009	0,030	230,6	0,694	0,878	esférico

A força do modelo gaussiano foi determinada pela variância estrutural de 0,932, valor que caracterizou a forte dependência espacial da temperatura do ar. O alcance de 227,6 m informou que a partir desta distância de um determinado ponto a temperatura do ar variou de forma aleatória, porém em uma distância inferior a este alcance, configurando uma área de influência, as temperaturas foram correlacionadas

especialmente umas com as outras, de forma que fatores espaciais explicaram os valores desta variável em cada ponto deste espaço (Figura 41).



**Figura 41** – Semivariograma base referente ao transecto das 20 h da estação seca.

**Fonte:** Gama Design v.5.0.3.

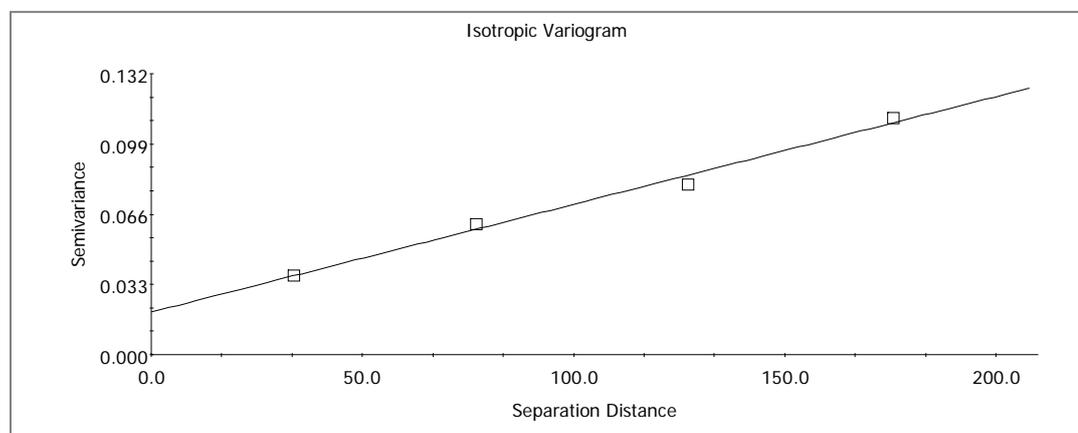
As medições efetuadas no dia 20 de abril de 2011 resultaram em uma função linear que apresentou melhor ajuste do semivariograma,  $R^2 = 0,998$ , para o horário de 8 h na estação chuvosa (Tabela 14).

**Tabela 14** – Parâmetros geoestatísticos referentes aos transectos da estação chuvosa para o horário de 8 h

Transecto	$C_0$	$C+C_0$	A	$C_0/(C+C_0)$	$R^2$	Modelo
13dez2010	0,025	0,132	205,6	0,811	0,959	esférico
14dez2010	0,035	0,134	176,1	0,739	0,942	linear
15dez2010	0,015	0,136	276,0	0,890	0,801	esférico
16dez2010	0,000	0,248	264,0	1,000	0,860	exponencial
17dez2010	-	-	-	-	-	-
18abr2011	0,012	0,146	301,0	0,918	0,956	esférico
19abr2011	0,018	0,130	293,5	0,862	0,981	esférico
20abr2011	0,001	0,998	175,2	0,999	0,998	linear
21abr2011	0,000	0,283	123,0	1,000	0,717	esférico
22abr2011	0,000	0,243	105,3	1,000	0,841	esférico

O alcance de 175,2 m, inferior ao alcance no mesmo horário na estação seca, configurou, pela dependência espacial da temperatura do ar, a extensão da área de influência. A força do modelo foi determinada pela variância estrutural de 0,999,

valor que caracterizou a forte dependência espacial da variável em estudo, a temperatura do ar (Figura 42).



**Figura 42** – Semivariograma base referente ao transecto das 8 h da estação chuvosa.

**Fonte:** Gama Design v.5.0.3.

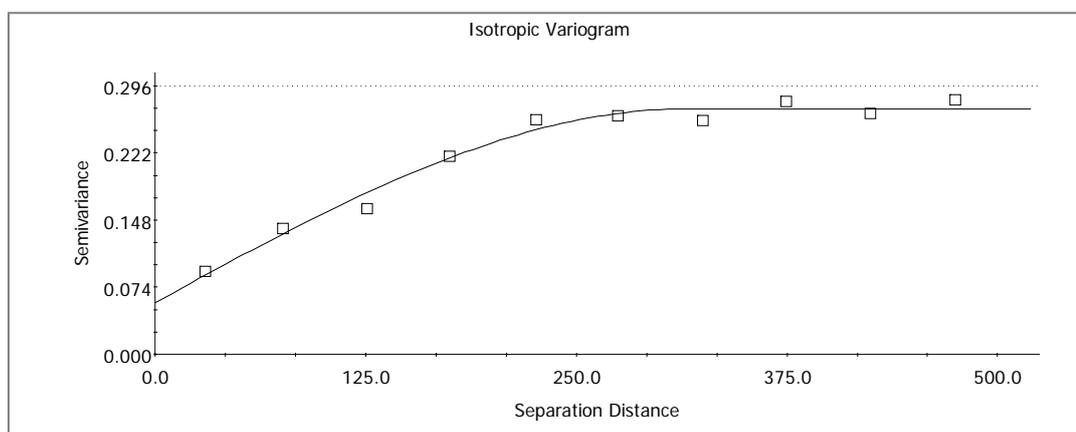
Para a análise do ambiente térmico da área de estudo no horário de 14 h para a estação chuvosa foram utilizados os dados registrados nas medições efetuadas no dia 16 de dezembro de 2010, cujo semivariograma apresentou maior coeficiente de determinação,  $R^2 = 0,979$  (Tabela 15).

**Tabela 15** – Parâmetros geoestatísticos referentes aos transectos da estação chuvosa para o horário de 14 h

Transecto	$C_0$	$C+C_0$	A	$C_0/(C+C_0)$	$R^2$	Modelo
13dez2010	0,046	0,262	290,0	0,824	0,774	esférico
14dez2010	0,029	0,265	321,0	0,891	0,744	linear
15dez2010	0,078	0,263	251,0	0,703	0,773	gaussiano
16dez2010	0,057	0,271	315,0	0,790	0,979	esférico
17dez2010	-	-	-	-	-	-
18abr2011	0,059	0,263	301,6	0,776	0,975	esférico
19abr2011	0,090	0,290	325,4	0,690	0,906	linear
20abr2011	0,087	0,267	265,8	0,674	0,975	gaussiano
21abr2011	0,064	0,257	315,0	0,751	0,963	esférico
22abr2011	0,091	0,263	273,1	0,654	0,958	gaussiano

Expresso por um modelo esférico, a força deste foi determinada pela variância estrutural de 0,790, valor que caracterizou a forte dependência espacial da

temperatura do ar. As temperaturas foram correlacionadas espacialmente umas com as outras até um alcance de 315,0 m, inferior ao alcance registrado na estação seca, a partir desta distância a temperatura do ar variou de forma aleatória (Figura 43).



**Figura 43** – Semivariograma base referente ao transecto das 14 h da estação chuvosa.

**Fonte:** Gama Design v.5.0.3.

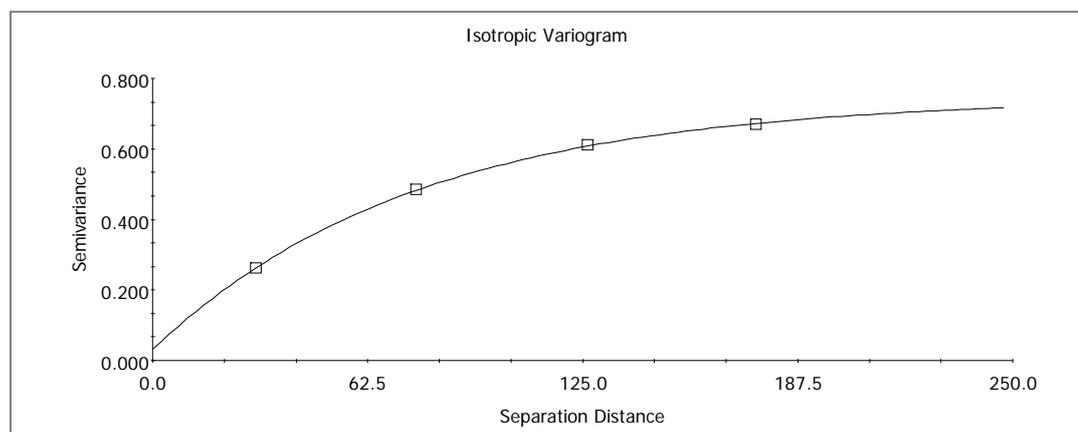
As medições efetuadas no dia 22 de abril de 2011 resultaram em uma função exponencial que apresentou melhor ajuste do semivariograma,  $R^2 = 1,000$ , para o horário de 20 h na estação chuvosa (Tabela 16).

**Tabela 16** – Parâmetros geoestatísticos referentes aos transectos da estação chuvosa para o horário de 20 h

Transecto	$C_0$	$C+C_0$	A	$C_0/(C+C_0)$	$R^2$	Modelo
13dez2010	0,194	0,817	282,3	0,763	0,980	esférico
14dez2010	0,310	0,907	325,3	0,658	0,892	linear
15dez2010	0,267	0,807	224,0	0,669	0,966	gaussiano
16dez2010	0,124	0,665	166,8	0,814	0,996	esférico
17dez2010	-	-	-	-	-	-
18abr2011	0,221	0,710	175,4	0,689	0,925	linear
19abr2011	0,204	0,664	140,1	0,693	0,997	gaussiano
20abr2011	0,069	0,168	175,6	0,589	0,861	linear
21abr2011	0,063	0,236	268,6	0,733	0,962	linear
22abr2011	0,031	0,745	229,8	0,958	1,000	exponencial

O alcance de 229,8 m, muito semelhante ao alcance no mesmo horário na estação seca, configurou, pela dependência espacial da temperatura do ar, a extensão

da área de influência. A força do modelo foi determinada pela variância estrutural de 0,958, valor que caracterizou a forte dependência espacial da variável temperatura do ar (Figura 44).



**Figura 44** – Semivariograma base referente ao transecto das 20 h da estação chuvosa.

**Fonte:** Gama Design v.5.0.3.

A análise geoestatística mostrou a forte dependência espacial da temperatura do ar em todos os horários das duas estações, de forma que uma interpolação, realizada pelo método da krigeagem, para estimar os valores da temperatura do ar em pontos não amostrados pode levar a excelentes resultados na construção dos mapas térmicos da área de estudo para cada horário padrão.

Os elevados valores da variância estrutural afastam a possibilidade do efeito pepita, ou seja, que os valores estimados para a temperatura do ar em um ponto e suas proximidades apresentem valores diferentes do amostrado para este ponto. Apenas no período da tarde da estação chuvosa obteve-se uma variância estrutural inferior a 90%, porém ainda considerada como de forte dependência espacial.

Esta informação sugere que neste horário na estação chuvosa, o núcleo do sistema, incorporando energia em potência máxima, diferencia as temperaturas de superfícies urbanizadas e vegetadas, uma com elevada taxa de calor sensível e a outra equivalente de calor latente, de forma que em áreas de adjacências entre as duas classes exista um elevado gradiente da temperatura do ar.

Tratado de forma secundária na verificação da correlação espacial da temperatura do ar através da análise geoestatística, o alcance de cada transecto é uma

variável bastante interessante para o objetivo deste trabalho. Pela definição, segundo a teoria geoestatística, para distâncias inferiores ao alcance os fatores espaciais explicam os valores da temperatura do ar de um lugar, caracterizando uma área de influência.

Esses alcances foram maiores na estação seca que na estação chuvosa, com valor máximo, de 474,9 m, no período vespertino da estação seca e valor mínimo, de 175,2 m, no período da manhã da estação úmida. Essa diferença de valores teve explicação na quantidade de vapor de água no ar e em estoque nos solos. Graças a maior quantidade de água disponível, com a conseqüente redução na razão de Bowen, a variável temperatura do ar apresentou maior estabilidade no período chuvoso, especialmente no período da manhã, assim os diferentes ambientes térmicos apresentaram-se de forma muito semelhante, com discretas variações que dificultaram a identificação da influência do uso dos solos sobre as condições de cada microclima.

Por outro lado na estação seca, a baixa umidade produziu uma condição favorável para grandes amplitudes térmicas, proporcionando uma maior interação entre atmosfera e superfície, de forma que nesta época do ano a influência de uma região densamente arborizada, por exemplo, pôde ser verificada a uma distância maior que aquela verificada na estação úmida.

#### **5.4 RELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA DO AR E A MORFOLOGIA DO BAIRRO**

A análise conjunta das métricas da paisagem, como descritoras da qualidade urbana, pôde mostrar padrões e processos relacionados ao uso do solo, à densificação das estruturas urbanas, ao desenvolvimento da vegetação e do desenho urbano, auxiliando a explicar o ambiente térmico de um lugar.

Neste estudo foram utilizadas as métricas da paisagem para caracterizar a morfologia dos bairros. Dessa forma, para avaliar a qualidade urbana destes, tomou-se um recorte de 500 m de raio de influência, a partir da porção central de cada bairro, para determinação dos índices relacionados à quantificação dos fragmentos de cada classe de uso dos solos, a complexidade do uso dos solos e a organização e conseqüente heterogeneidade espacial.

#### 5.4.1 Descrição Quantitativa da Paisagem dos Bairros

Os índices que quantificaram os fragmentos evidenciaram a maior urbanização do Jardim das Américas Vertical (JAV), com 83,99% de área urbanizada, em contraposição ao Santa Cruz (STC) que apresentou apenas 39,02% de área urbanizada. Os bairros Jardim Itália (JIT) e Renascer (RNC) apresentaram áreas urbanizadas da ordem de 58,00% da área total dos bairros, superando o Jardim das Américas Horizontal (JAH) onde 47,74% de sua área foram classificadas como urbanizadas (Tabela 17).

Com relação aos fragmentos de vegetação arbórea, incluindo as matas dos córregos, lotes não ocupados e arborização das vias públicas, os maiores percentuais ocorreram no STC, com uma área vegetada de 40,74%, e os menores valores foram encontrados no Conjunto Habitacional Maria de Lourdes (CHB), com apenas 3,16% da área total do bairro. Neste bairro, o CHB, apesar da carência de arborização nos espaços internos, uma vegetação de cerrado ainda exuberante contorna todo o lugar, de forma que se fosse tomado um raio de influência maior que os 500 m utilizados para este estudo os índices sofreriam uma inversão de tendência.

O reduzido número de fragmentos urbanos, 6 grandes manchas urbanas contra 79 fragmentos de vegetação arbórea, distribuídos numa área reduzida, confirmaram a maior urbanização do JAV. No CHB a urbanização, e a conseqüente carência de arborização urbana, ficou mais evidente pela concentração dos 84,91% de área urbanizada em apenas 5 grandes manchas. A urbanização também pôde ser quantificada pela quantidade de fragmentos arbóreos existentes, como por exemplo, no STC, bairro ainda pouco ocupado, onde a grande área vegetada se encontrava dividida em 729 fragmentos, enquanto que nos JIT e RNC, com um percentual de área verde muito inferior ao registrado no STC, as áreas verdes estavam fragmentadas em 982 e 1159 pedaços, respectivamente.

No JAH os 628 fragmentos que constituíam os 26,73% de vegetação arbórea, comparativamente aos outros bairros, poderiam parecer um sinal de pouca urbanização, no entanto este resultado deveu-se a extensão do maior fragmento de vegetação (LPI), a mata do córrego do Barbado que limita toda a extensão do bairro, que ocupa 10,27% da área total do bairro.

**Tabela 17** – Métricas de quantificação da paisagem dos bairros da área de estudo

Bairro	Classe	PLAND (%)	NP	PD	LPI (%)	AREA (ha)
JAV	Água	-	-	-	-	-
	Solo nu	0,96	57	460,42	0,97	0,0022
	Urbano	83,99	6	0,55	83,71	1,8108
	Veg. Arbórea	5,29	79	115,53	1,76	0,0087
	Veg. Rasteira	9,76	259	205,05	3,24	0,0049
JAH	Água	0,49	47	182,95	0,17	0,0055
	Solo nu	1,00	220	416,59	0,04	0,0024
	Urbano	47,74	105	4,18	46,06	0,2391
	Veg. Arbórea	26,73	628	44,68	10,27	0,0224
	Veg. Rasteira	24,03	976	77,23	3,55	0,0129
RNC	Água	0,21	60	527,24	0,03	0,0019
	Solo nu	0,98	194	358,40	0,10	0,0028
	Urbano	57,38	185	5,84	55,87	0,1713
	Veg. Arbórea	21,01	1159	99,89	3,65	0,0100
	Veg. Rasteira	20,43	1803	159,78	0,46	0,0063
JIT	Água	0,06	39	780,00	0,01	0,0013
	Solo nu	1,39	296	267,41	0,24	0,0037
	Urbano	58,57	139	2,99	56,92	0,3348
	Veg. Arbórea	20,82	982	59,35	10,73	0,0168
	Veg. Rasteira	19,15	1701	111,77	1,33	0,0089
STC	Água	0,05	34	776,26	0,01	0,0013
	Solo nu	2,30	280	144,23	0,97	0,0069
	Urbano	39,02	244	7,41	20,48	0,1350
	Veg. Arbórea	40,74	729	21,20	10,04	0,0472
	Veg. Rasteira	17,89	2128	140,94	0,66	0,0071
CHB	Água	0,01	2	1538,46	0,00	0,0006
	Solo nu	1,66	151	426,79	0,07	0,0023
	Urbano	80,24	5	0,28	84,72	3,6204
	Veg. Arbórea	7,83	314	466,50	0,33	0,0021
	Veg. Rasteira	10,27	462	211,02	0,93	0,0047

## Legenda:

- JAV - Jardim das Américas Vertical;
- JAH - Jardim das Américas Horizontal;
- RNC - Renascer;
- JIT - Jardim Itália;
- STC - Santa Cruz;
- CHB - Conjunto Habitacional Maria de Lourdes;
- PLAND - porcentagem da paisagem;
- NP - número de fragmentos de determinada classe;
- PD - densidade de fragmentos;
- LPI- índice de maior fragmento;
- AREA - área média do fragmento de determinada classe.

Com relação aos maiores fragmentos urbanizados foi possível perceber em todos os bairros, com exceção do STC, a ocorrência, de uma extensa mancha urbanizada (LPI) no interior destes. Este resultado indicou uma deficiência da arborização urbana nas vias públicas, no sentido que os fragmentos urbanos, não sendo cortados por fragmentos arbóreos, constituem manchas de áreas densamente construídas.

#### **5.4.2 Descrição da Complexidade e da Organização Espacial da Paisagem dos Bairros**

Com relação a complexidade das formas os índices de forma (SHAPE), dimensão fractal (FRAC) e dimensão fractal perímetro-área (PAFRAC) avaliaram a maior complexidade das formas a partir de um contorno das áreas, mais ou menos elaborado. No ambiente urbano, a reduzida dimensão fractal para a classe vegetação arbórea, por exemplo, sugeriu que os fragmentos desta classe estavam ocupando, na maior parte dos casos, espaços regulares, evidenciando uma associação com a intensidade de manejo, característica de um ambiente mais urbanizado. Os índices que quantificaram a complexidade das formas e a organização dos bairros do estudo são apresentados na Tabela 18.

Dessa forma foi possível perceber que em todos os bairros a dimensão fractal da vegetação arbórea variou entre 1,20 e 1,30, valores próximos a uma geometria mais simples, mostrando a sensibilidade da métrica às mudanças que ocorreram na paisagem. Por outro lado os valores elevados dessa métrica para os fragmentos urbanos indicaram que, apesar das manchas extensas em cada bairro, a urbanização avança por todos os espaços produzindo uma configuração cada vez mais complexa.

As matas ainda preservadas nos limites do STC e JIT proporcionaram valores da dimensão fractal dos fragmentos arbóreos de 1,34 e 1,32, respectivamente, contrapondo aos valores de 1,21 e 1,27 deste mesmo índice para os bairros CHB e JAV, respectivamente. Aplicada aos fragmentos arbóreos, a métrica SHAPE também mostrou-se sensível as mudanças ocorridas em cada uma das paisagens do estudo, variando de 3,91 no JAV, indicando geometrias mais simples, até 8,60 no STC, sugerindo geometrias mais complexas, menos antropofizadas. A métrica PAFRAC não conseguiu explicar as relações entre as formas das áreas verdes.

**Tabela 18** – Métricas de complexidade e organização espacial da paisagem dos bairros da área de estudo

Bairro	Classe	SHAPE	FRAC	PAFRAC	ENN (m)	AI
JAV	Água	-	-	-	-	-
	Solo nu	1,30	1,15	1,39	15,27	42,51
	Urbano	7,57	1,35	N/A	5,61	94,84
	Veg. Arbórea	3,91	1,27	1,53	11,07	66,75
	Veg. Rasteira	3,23	1,31	1,56	5,97	57,74
JAH	Água	1,56	1,16	1,31	59,29	67,48
	Solo nu	1,30	1,15	1,39	14,83	42,37
	Urbano	24,76	1,51	1,48	5,24	86,69
	Veg. Arbórea	5,25	1,30	1,56	10,59	64,88
	Veg. Rasteira	3,13	1,31	1,57	5,50	66,05
RNC	Água	1,20	1,12	1,32	26,66	42,73
	Solo nu	1,48	1,17	1,36	16,01	49,43
	Urbano	30,40	1,53	1,44	5,02	85,62
	Veg. Arbórea	6,04	1,31	1,52	10,77	74,56
	Veg. Rasteira	2,74	1,33	1,58	5,40	49,89
JIT	Água	1,17	1,11	1,40	56,70	27,46
	Solo nu	1,48	1,16	1,36	19,31	55,68
	Urbano	27,15	1,50	1,45	5,04	89,37
	Veg. Arbórea	6,44	1,32	1,54	10,42	75,99
	Veg. Rasteira	3,14	1,33	1,53	5,55	61,50
STC	Água	1,17	1,09	1,33	71,14	32,52
	Solo nu	1,62	1,15	1,37	10,16	73,07
	Urbano	17,62	1,47	1,44	5,25	85,80
	Veg. Arbórea	8,60	1,34	1,51	10,22	84,82
	Veg. Rasteira	3,17	1,34	1,57	5,46	54,51
CHB	Água	1,00	1,00	N/A	456,24	0,00
	Solo nu	1,23	1,12	1,33	13,97	44,65
	Urbano	8,87	1,33	1,52	10,19	88,59
	Veg. Arbórea	1,72	1,21	1,52	9,03	38,98
	Veg. Rasteira	1,74	1,21	1,49	7,20	57,38

## Legenda:

- JAV - Jardim das Américas Vertical;
- JAH - Jardim das Américas Horizontal;
- RNC - Renascer;
- JIT - Jardim Itália;
- STC - Santa Cruz;
- CHB - Conjunto Habitacional Maria de Lourdes;
- SHAPE - índice de forma;
- FRAC - dimensão fractal;
- PAFRAC - dimensão fractal perímetro-área;
- ENN - distância ao vizinho mais próximo de mesma classe;
- AI - índice de agregação.

A distância média entre os fragmentos (ENN) e o índice de agregação (AI) forneceram indícios da organização espacial dos bairros. No STC e no JIT a distância média entre os fragmentos arbóreos foi praticamente a mesma, 10,22 m e 10,59 m, respectivamente, no entanto as áreas médias destes foram de 472 m<sup>2</sup> no STC contra 224 m<sup>2</sup> no JIT.

Apesar da distância média, da ordem de 10 m, entre os fragmentos arbóreos não ter variado muito entre os bairros, o índice de agregação (AI) mostrou-se sensível a ponto de classificar a dispersão destas áreas pelos diferentes espaços. Segundo este índice, o STC, com AI = 84,82, foi o bairro onde a vegetação arbórea apareceu mais agregada, formando um contínuo, de forma que os efeitos de arrefecimento para o entorno próximo puderam ser melhor percebidos. Os bairros JAV, JAH e CHB com índices de agregação respectivamente iguais a 66,75, 64,88 e 38,98, apresentaram os piores resultados para esta análise.

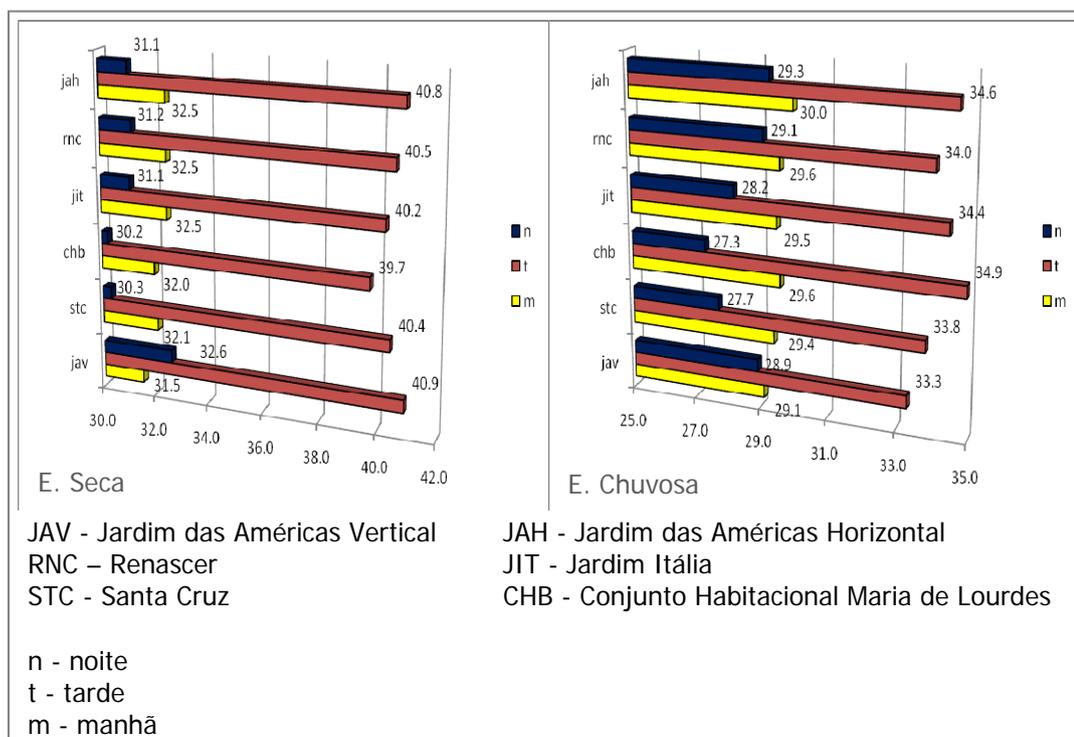
#### **5.4.3 A Influência da Morfologia na Temperatura Média dos Bairros**

As temperaturas médias do ar nos bairros, em cada horário padrão e estação, foram determinadas com a utilização dos dados das medições realizadas nos transectos selecionados conforme descrito no item 5.3.3.

A comparação simples da temperatura média do ar em cada transecto de cada bairro mostrou que essas métricas podem ajudar a explicar o ambiente térmico de um lugar, conforme os resultados apresentados na Figura 45. No bairro STC, por exemplo, a comparação indicou que a presença de áreas verdes em quantidade e complexidade suficientes podem justificar as menores temperaturas médias em quase todos os horários das duas estações. Confirmando essa tendência, nos bairros JIT, JAH e RNC, com áreas verdes em quantidades muito semelhantes, a maior dimensão fractal, índice de forma e índice de agregação destas áreas verdes no JIT, indicando que a vegetação encontrava-se fragmentada mas com uma tendência a continuidade, de forma a também fragmentar as grandes manchas urbanizadas, pôde explicar a menor temperatura média ocorrida neste bairro, comparativamente aos outros dois bairros, em quase todos os horários nas duas estações.

Apesar do predomínio, em extensão e complexidade, de áreas urbanizadas no JAV, mostrado pelas métricas da paisagem, a morfologia da região verticalizada é o

principal fator responsável pelo padrão de temperaturas muito diferente dos apresentados nos demais bairros do estudo.



**Figura 45** – Temperatura média do ar por bairro para o período de medições.  
**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

No CHB, com valores das métricas semelhantes aos determinados para o JAV, os resultados confirmaram o padrão de construções térreas, caracterizadas pelas elevadas densidade de construções e impermeabilização dos solos e reduzidas arborização pública e áreas verdes, como determinantes para as maiores temperaturas apresentadas no período vespertino neste bairro. No entanto, determinadas para os limites dos bairros, as métricas apresentadas para o CHB não abrangeram a mata que envolve o bairro, responsável pelas atenuações da temperatura do ar, especialmente as ocorridas no período noturno das duas estações do ano.

De modo geral a paisagem urbana dos bairros do estudo apresentou uma fragmentação consistente com a ocupação humana, de acordo com os resultados oferecidos pelas métricas utilizadas. O ambiente urbano, muito recortado, com manchas de áreas verdes de formas retilíneas, isoladas e pouco complexas devido a forte influência antrópica neste ambiente, foi muito bem caracterizado pelos índices

de organização espacial dimensão fractal (FRAC), de forma (SHAPE) e de agregação (AI).

Os resultados deste estudo mostraram que estes índices, de organização espacial e de quantificação de fragmentos, podem servir como ferramentas atrativas para desenvolvimento de melhores métodos de simulação, predição e medição das propriedades físicas dos sistemas urbanos, a partir da avaliação dos padrões de ocupação dos solos e conseqüentemente da qualidade da paisagem.

## **5.5 RELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA DO AR E A ÁREA DOS FRAGMENTOS ARBÓREOS DOS AMBIENTES URBANOS**

A morfologia da região verticalizada do Jardim das Américas (JAV) produziu algumas distorções na análise da influência de fragmentos de áreas verdes sobre a temperatura do ar de um ambiente. O efeito canyon, especialmente nas primeiras horas da manhã, impedindo a entrada da radiação solar nos ambientes internos desta região, refletiu em um aquecimento diferenciado com relação às regiões adjacentes no mesmo horário, comportamento observado também em outros horários do dia.

Assim, devido a esse padrão de ocupação diferente do observado nos demais bairros deste estudo, foram desconsideradas para esta análise as informações dos pontos levantados na região do JAV, de forma que o banco de dados foi composto por 250 pontos, 50 pontos por bairro, cada qual associado aos valores das temperaturas do ar, registros corrigidos dos transectos selecionados conforme descrito anteriormente, e do percentual de vegetação arbórea no entorno de cada ponto para os raios de influência de 10 m, 20 m, 50 m, 100 m, 200 m, 500 m, e 1 km.

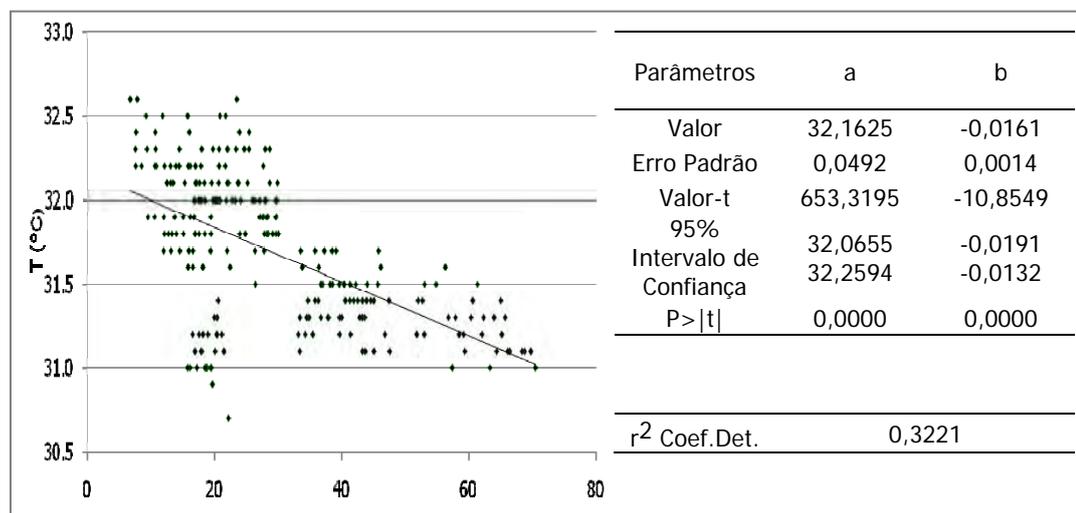
Para verificar a existência de alguma relação entre a temperatura do ar em um ponto e a área vegetada existente no entorno próximo deste, além de estimar, caso exista esta relação, a extensão da sua influência, foram realizadas regressões simples assumindo uma possível relação linear entre as variáveis: o percentual de áreas verdes, a variável independente ou explicativa, e a temperatura do ar, a variável dependente ou variável a ser explicada. As regressões foram realizadas entre as temperaturas do ar de cada transecto e o percentual de área vegetada em cada um dos raios de influência.

As regressões testaram a força da relação entre as variáveis. Assim, foi assumido como a extensão da área de influência da vegetação arbórea sobre a temperatura do ar de um lugar aquele raio cuja regressão resultou em um maior valor do coeficiente de determinação  $R^2$ . Esta estatística expressa a porcentagem da variável dependente que é explicada pela variável independente.

Os resultados foram apresentados em um gráfico de espalhamento, uma representação gráfica da relação entre as variáveis. Também foram apresentados os parâmetros da reta de regressão, a e b, o erro padrão (*Std Error*), o valor-t (*t-value*), o intervalo de confiança (*95% Confidence Limits*), o teste da hipótese ( $P > |t|$ ), além do valor do coeficiente de determinação, estatísticas realizadas no aplicativo TableCurve 2D v.5.1.1. Ainda com relação a apresentação dos resultados, para melhor embasar as discussões, foi construído um diagrama, para cada transecto, da temperatura média por faixas dos percentuais de área vegetada.

### 5.5.1 Raios de Influência para a Estação Seca

A figura 46 apresenta os resultados da regressão linear realizada para o transecto do horário de 08 h da estação seca.



**Figura 46** – Distribuição da temperatura do ar às 08 h da estação seca em função do percentual de área verde para um raio de influência de 500 m.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Nestas condições os percentuais dos fragmentos arbóreos apresentaram uma maior relação com a temperatura do ar para um raio de influência de 500 m, valor

equivalente aos 396,0 m de alcance encontrado no tratamento geoestatístico. Para este raio de influência a estatística  $R^2$  permitiu inferir que a vegetação arbórea pode explicar 32,21% da variação da temperatura do ar para este horário nesta estação.

A classificação das temperaturas deste transecto mostrou que dos 25 recortes com maior área de vegetação arbórea, com um raio de influência de 500 m, 17 destes foram classificados entre as 25 menores temperaturas encontradas na área de estudo no horário em questão. As 12 menores temperaturas do estudo para o horário foram localizadas nestes recortes.

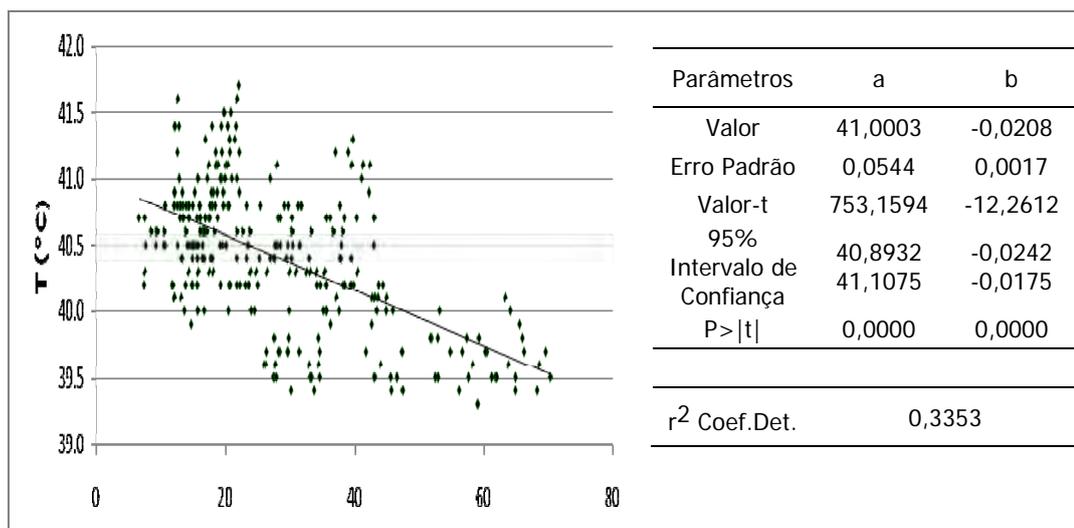
Para a estação seca no horário de 08 h a temperatura média variou entre 31,1°C e 32,0 °C em recortes com mais de 60% e com até 20% de área vegetada, respectivamente (Figura 47). A menor temperatura, de 29,9 °C, foi registrada na região do bairro Jardim Itália (JIT), com temperaturas reduzidas também ocorrendo nos bairros Santa Cruz (STC) e Conjunto Habitacional Maria de Lourdes (CHB).



Figura 47 – Temperatura média do ar por faixas de percentuais de vegetação arbórea para um raio de influência de 500 m e o registro de temperatura mínima às 08 h da estação seca.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

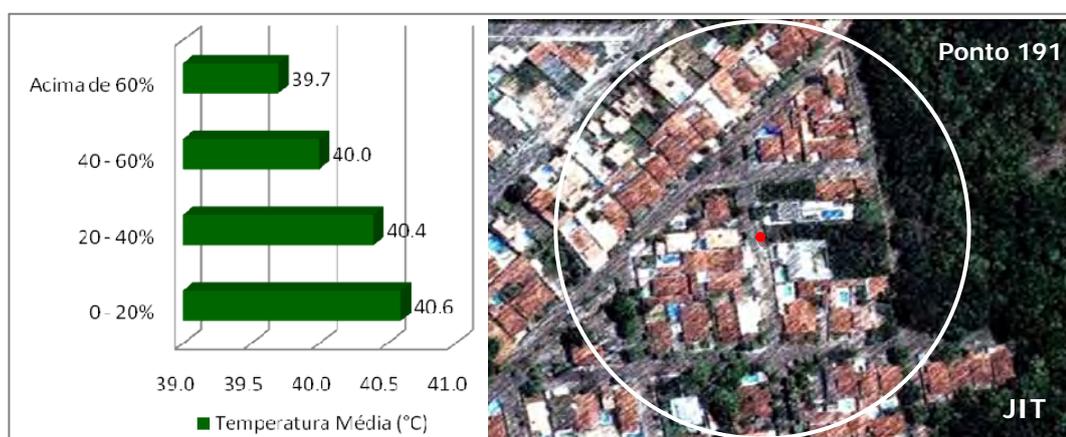
Para o horário de 14 h da estação seca as áreas dos fragmentos de vegetação arbórea apresentaram uma relação mais forte com a temperatura do ar para um raio de influência de 500 m, valor equivalente aos 474,9 m encontrados no tratamento geoestatístico (Figura 48).



**Figura 48** – Distribuição da temperatura do ar às 14 h da estação seca em função do percentual de área verde para um raio de influência de 500 m.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Para este raio de influência, segundo o resultado da estatística  $R^2$ , a área vegetada pode explicar 33,53% da variação da temperatura do ar para este horário nesta estação. A menor temperatura, de 39,4 °C, para o horário de 14 h da estação seca foi registrada na região do JIT, com outros pontos de temperaturas reduzidas nos bairros STC e CHB. A temperatura média do ar variou entre 39,7 °C e 40,6 °C em recortes com mais de 60% de área vegetada e recortes com até 20% de área verde, respectivamente (Figura 49).

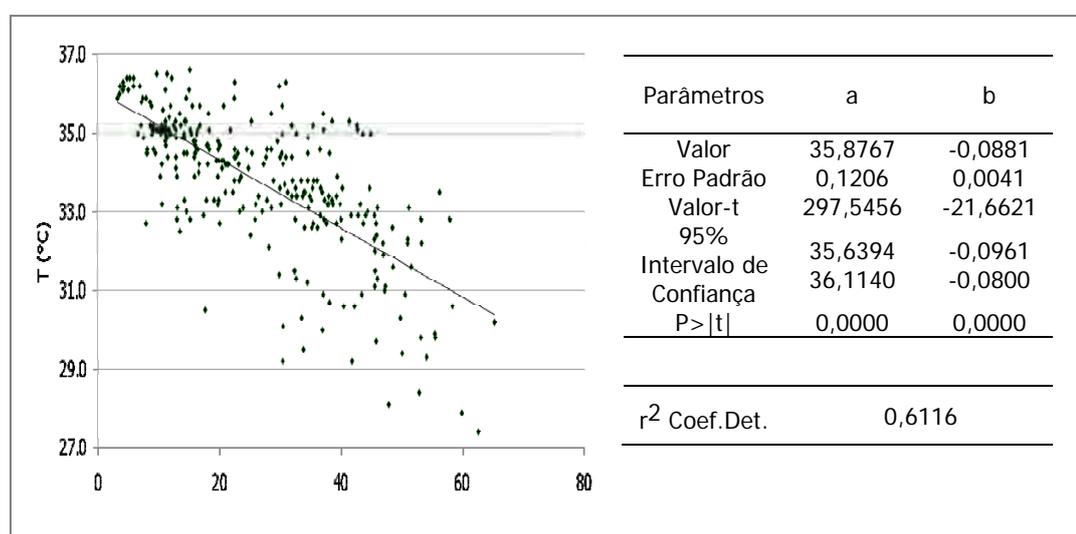


**Figura 49** – Temperatura média do ar por faixas de percentuais de vegetação arbórea para um raio de influência de 500 m e o registro de temperatura mínima às 14 h da estação seca.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

A classificação das temperaturas do transecto de 14 h da estação seca mostrou que dos 25 recortes com maior área de vegetação arbórea, para um raio de influência de 500 m, 10 destes foram classificados entre as 25 menores temperaturas encontradas para o horário, sendo que as 4 menores temperaturas do estudo foram localizadas nestes recortes.

Na medição noturna da estação seca, as áreas dos fragmentos arbóreos apresentaram maior relação com a temperatura do ar para um raio de influência de 200 m, valor equivalente aos 227,6 m encontrados no tratamento geoestatístico (Figura 50).

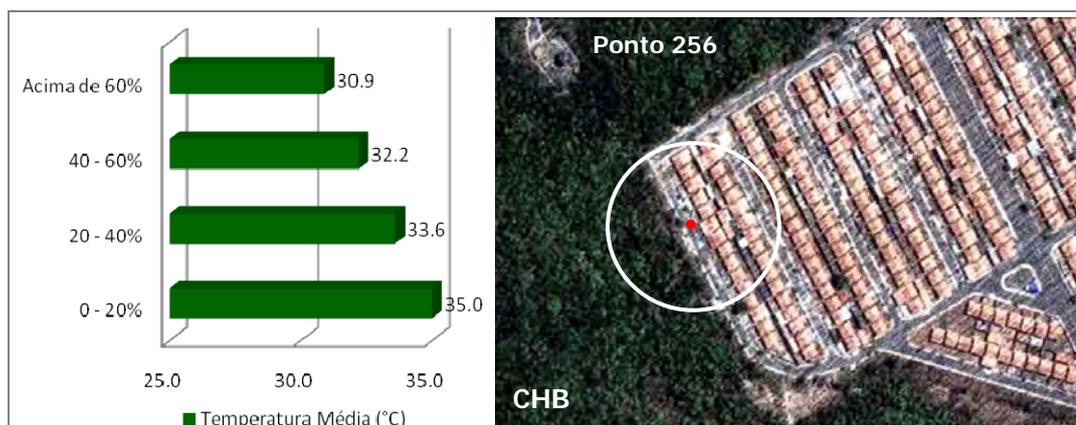


**Figura 50** – Distribuição da temperatura do ar às 20 h da estação seca em função do percentual de área verde para um raio de influência de 200 m.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

No horário noturno a relação entre as variáveis apresentou maior força que nos outros horários, de forma que os fragmentos de vegetação arbórea do ambiente urbano explicaram 61,16% da variação da temperatura do ar para o horário nesta estação.

A menor temperatura para a estação seca no horário de 20 h, de 26,5 °C, foi registrada nas proximidades da grande área verde do CHB, com temperaturas reduzidas ocorrendo também nos bairros STC e JIT. A temperatura média do ar variou entre 30,9 °C e 35,0 °C em recortes com mais de 60% de área vegetada e em recortes com até 20% de área vegetada, respectivamente (Figura 51).



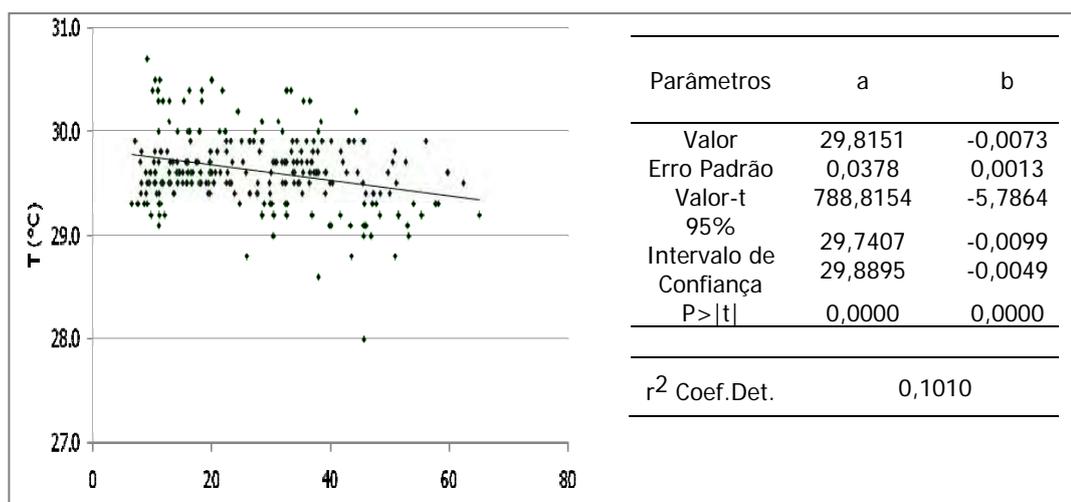
**Figura 51** – Temperatura média do ar por faixas de percentuais de vegetação arbórea para um raio de influência de 200 m e o registro de temperatura mínima às 20 h da estação seca.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Selecionando os 25 recortes com maior área de vegetação arbórea, para um raio de influência de 200 m, 12 destes foram classificados entre as 25 menores temperaturas registradas para o período, sendo que as 3 menores temperaturas do estudo estavam localizadas nestes recortes.

### 5.5.2 Raios de Influência para a Estação Chuvosa

A figura 52 apresenta os resultados da regressão linear realizada para o transecto do horário de 08 h da estação chuvosa.



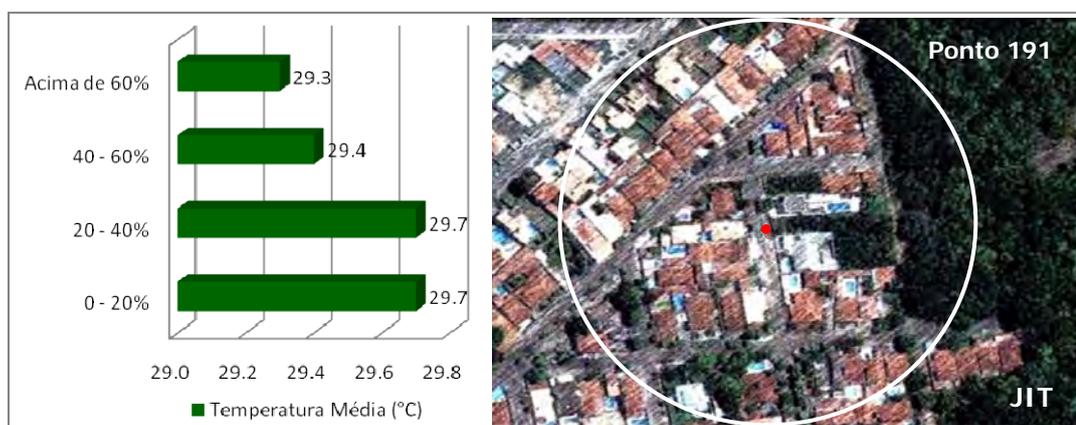
**Figura 52** – Distribuição da temperatura do ar às 08 h da estação chuvosa em função do percentual de área verde para um raio de influência de 200 m.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Nestas condições os percentuais dos fragmentos arbóreos apresentaram uma maior relação com a temperatura do ar para um raio de influência de 200 m, valor equivalente aos 175,2 m de alcance encontrado no tratamento geostatístico. Para este raio de influência a estatística  $R^2$  permitiu inferir que a vegetação arbórea pode explicar 10,10% da variação da temperatura do ar para este horário nesta estação, a relação mais fraca entre todos os transectos.

A classificação das temperaturas deste transecto mostrou que dos 25 recortes com maior área de vegetação arbórea, para um raio de influência de 200 m, 12 destes foram classificados entre as 25 menores temperaturas encontradas na área de estudo no horário em questão. As 3 menores temperaturas do estudo para o horário foram localizadas nestes recortes.

Para a estação chuvosa no horário de 08 h a temperatura média variou entre 29,3 °C e 29,7 °C em recortes com mais de 60% de área vegetada e recortes com até 20% de área vegetada, respectivamente. A menor temperatura, de 28,8 °C, foi registrada nas proximidades da grande área verde do bairro JIT, com temperaturas reduzidas ocorrendo também nos bairros STC e CHB (Figura 53).

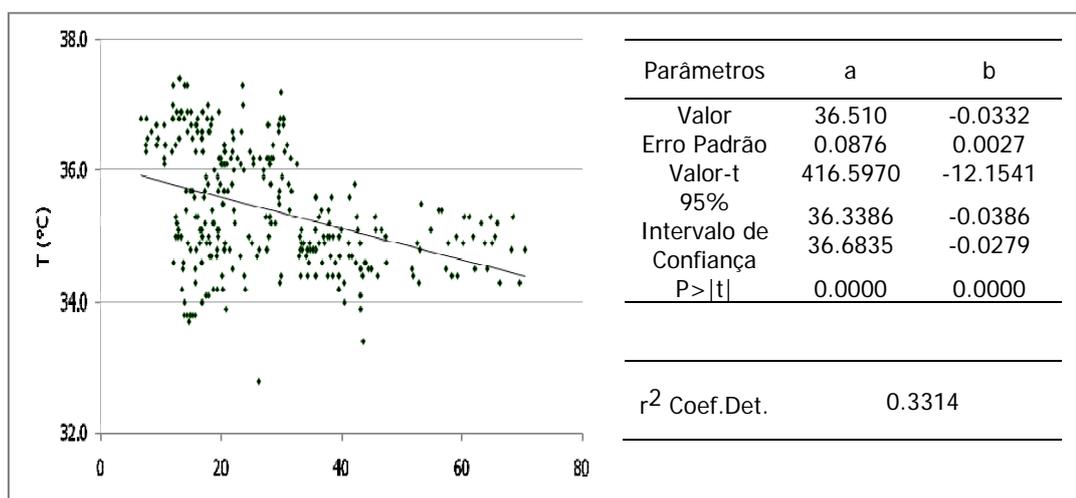


**Figura 53** – Temperatura média do ar por faixas de percentuais de vegetação arbórea para um raio de influência de 200 m e o registro de temperatura mínima às 08 h da estação úmida.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Para o horário de 14 h da estação chuvosa, as áreas dos fragmentos de vegetação dos ambientes apresentaram uma relação mais forte com a temperatura do

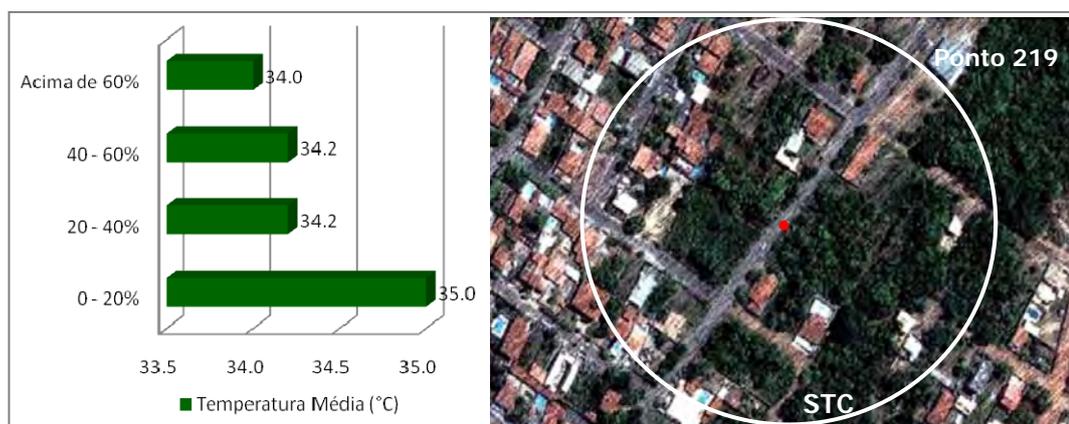
ar para um raio de influência de 500 m, equivalente aos 315,0 m encontrados no tratamento geostatístico (Figura 54).



**Figura 54** – Distribuição da temperatura do ar às 14 h da estação chuvosa em função do percentual de área verde para um raio de influência de 500 m.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

A menor temperatura, de 32,6 °C, para o horário de 14 h da estação chuvosa foi registrada nas proximidades da grande área verde do bairro STC, com temperaturas reduzidas ocorrendo também nos bairros JIT e JAV. A temperatura média do ar variou entre 34,0 °C e 35,0 °C em recortes com mais de 60% de área vegetada e recortes com até 20% de área verde, respectivamente (Figura 55).

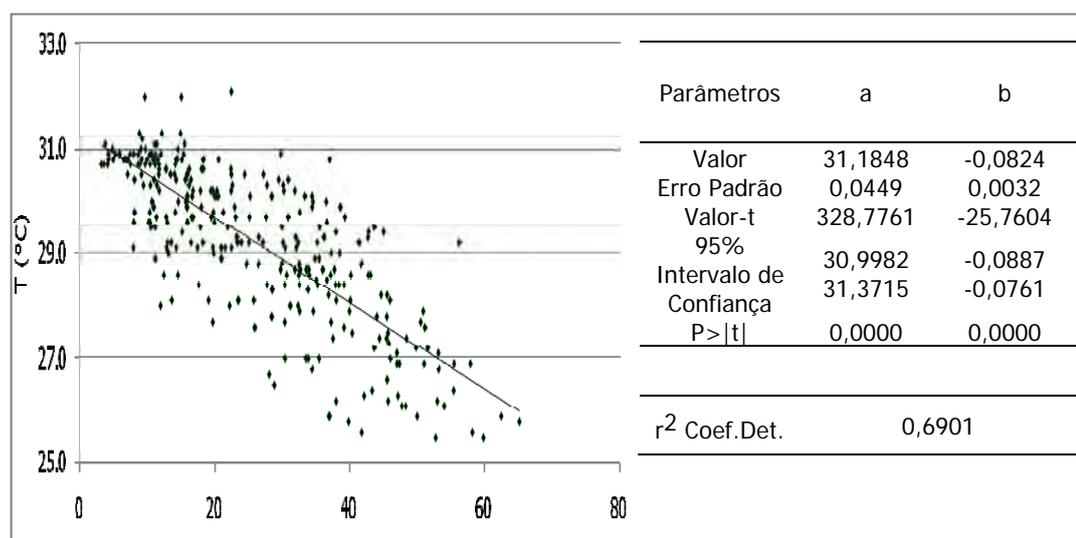


**Figura 55** – Temperatura média do ar por faixas de percentuais de vegetação arbórea para um raio de influência de 500 m e o registro de temperatura mínima às 14 h da estação úmida.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

A classificação das temperaturas deste transecto mostrou que dos 25 recortes com maior área de vegetação arbórea, para um raio de influência de 500 m, 12 destes foram classificados entre as 25 menores temperaturas encontradas para o horário, sendo que as duas menores temperaturas do estudo foram localizadas nestes recortes. Para este raio de influência, segundo o resultado da estatística  $R^2$ , a área vegetada pode explicar 33,14% da variação da temperatura do ar para o horário nesta estação.

Na medição noturna da estação chuvosa, as áreas dos fragmentos arbóreos apresentaram maior relação com a temperatura do ar para um raio de influência de 200 m, valor equivalente aos 229,8 m encontrados no tratamento geoestatístico (Figura 56).



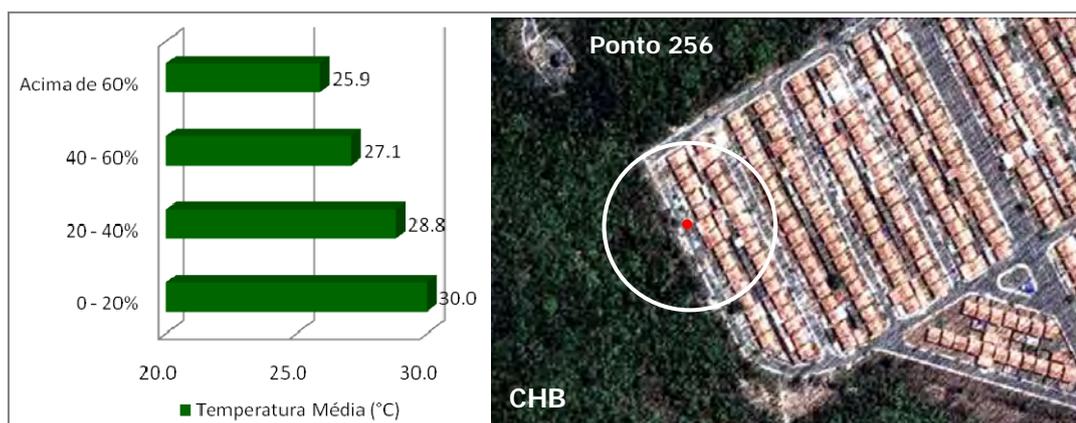
**Figura 56** – Distribuição da temperatura do ar às 20 h da estação chuvosa em função do percentual de área verde para um raio de influência de 200 m.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

No horário de 20 h da estação chuvosa, como ocorreu na estação seca, a relação entre as variáveis apresentou maior força que nos outros horários, de forma que os fragmentos de vegetação arbórea do ambiente urbano explicaram 69,01% da variação da temperatura do ar para o horário nesta estação.

Selecionando os 25 recortes com maior área de vegetação arbórea, para um raio de influência de 200 m, 14 destes foram classificados entre as 25 menores temperaturas registradas, sendo que as 3 menores temperaturas do estudo ocorreram nestes recortes. A menor temperatura, de 26,0 °C, para a estação chuvosa no horário

de 20 h foi registrada nas proximidades da grande área verde do CHB, com ocorrência de temperaturas reduzidas também nos bairros STC e JIT. A temperatura média do ar variou entre 25,9 °C e 30,0 °C em recortes com mais de 60% de área vegetada e em recortes com até 20% de área verde, respectivamente (Figura 57).



**Figura 57** – Temperatura média do ar por faixas de percentuais de vegetação arbórea para um raio de influência de 200 m e o registro de temperatura mínima às 20 h da estação úmida.

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

A configuração de abundância de fragmentos arbóreos e reduzidas temperaturas do ar, em quase todos os horários das duas estações, permitiram configurar os ambientes destacados dos bairros JIT, STC e CHB (Figuras 47 a 57) como ilhas de frescor para esta região da cidade de Cuiabá.

Os resultados confirmaram a existência da relação entre a temperatura do ar de um lugar com a presença de fragmentos arbóreos em seu entorno próximo. A força da relação avaliada pelo ajuste linear serviu apenas para indicar a tendência observada, de que maiores temperaturas geralmente implicam em recortes com menores percentuais de área verde, uma vez que não se pretendia neste trabalho tomar a equação da regressão como preditiva dos valores da temperatura do ar. Ainda assim, a análise de variância mostrou que a regressão é adequada, pelo seu nível de significância,  $p$ -valor = 0,000, onde rejeita-se a hipótese nula, de não haver relação entre as variáveis, a um nível de significância de 5%.

A relação mais fraca foi encontrada na estação chuvosa para o horário de 08 h. A elevada umidade do ar e dos solos nesta época e horário faz com que a razão de

Bowen seja bastante reduzida, de forma que a radiação, ainda pouco intensa, atua de forma discreta sobre os ambientes térmicos produzindo microclimas muito semelhantes. A diferença na razão de Bowen nas duas estações do ano também pode explicar as variações nos raios de influência das áreas vegetadas para os mesmos horários.

Aparentemente, os resultados indicaram que o raio de influência de um fragmento arbóreo sobre o ambiente térmico de um lugar varia entre 200 m e 500 m dependendo da época do ano e do horário, alcançando valores maiores no período diurno e reduzindo sua extensão no período noturno, confirmando os resultados alcançados pelo método geoestatístico. Estes resultados também sugerem que o percentual de vegetação arbórea de uma região delimitada não tem peso sobre a extensão da influência, mas afeta fortemente a intensidade desta influência.

No período noturno a inexistência da radiação solar, faz com que cada espaço urbano atue como operador da dinâmica temporal, um núcleo de um sistema que irradiando a energia incorporada ao longo dia mantém o ar a sua volta aquecido por mais tempo. Com menor quantidade de energia incorporada, os microclimas das regiões de áreas vegetadas, como que pressionados, sofrem a atuação das adjacências de forma que seu raio de influência é reduzido neste período. Confirmando as suspeitas, apesar do menor raio de influência, no período noturno ficou mais evidente a força da influência da vegetação sobre a temperatura do ar nos ambientes urbanos.

Uma observação mais apurada dos gráficos de espalhamento mostrou que em algumas situações pontos com percentuais iguais de áreas verdes apresentaram variações de temperatura de até 4 °C, sugerindo que esta variável pode não atuar sozinha sobre o microclima de um lugar. O conjunto de outras variáveis como presença de corpos de água, altitude, propriedades térmicas dos revestimentos são também explicativas para o ambiente térmico de um lugar. Características fisiológicas da vegetação, como IAF e altura do dossel, e a estrutura, o padrão, da distribuição destas áreas verdes também podem explicar em parte essas variações de temperatura encontradas.

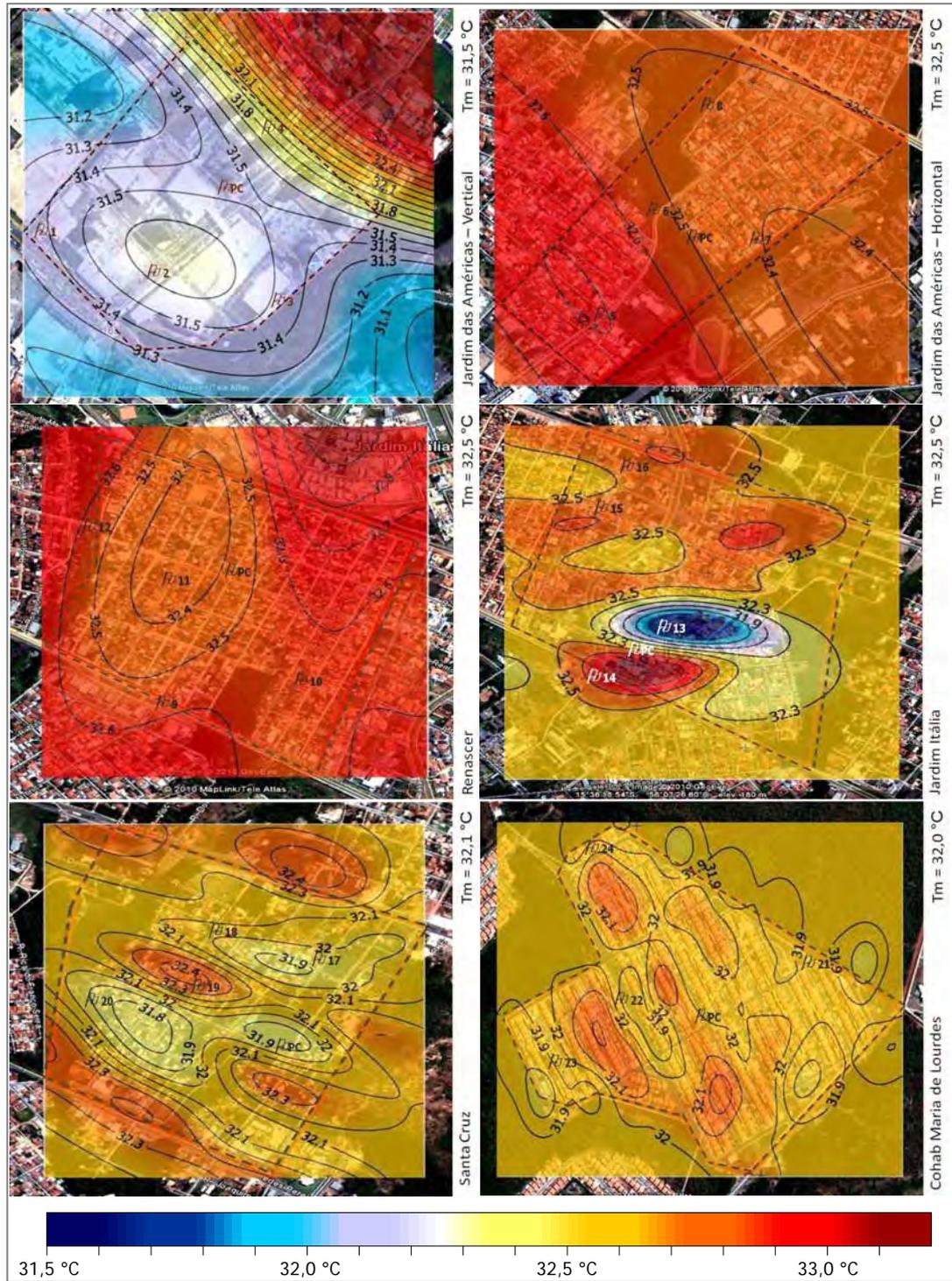
## **5.6 ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS A PARTIR DOS MAPAS DOS AMBIENTES TÉRMICOS DA ÁREA DE ESTUDO**

Os dados microclimáticos coletados nos diferentes pontos de medição nos ambientes dos bairros do estudo possibilitaram a identificação de pequenas variações térmicas entre os locais de coleta.

Para esta análise, que procura discutir a relação entre essas variações térmicas com a forma de ocupação dos solos, foi considerada a base de dados de temperaturas do ar medidas pelos transectos selecionados, conforme critério estatístico definido anteriormente, para a confecção de mapas de superfície contínua da temperatura do ar para os horários padrões de 08 h, 14 h e 20 h, nas duas estações. A análise foi dividida por estação, chuvosa e seca, a partir das informações contidas nos mapas dos ambientes térmicos.

### **5.6.1 Discussão dos Resultados da Estação Seca**

As figuras 58, 59 e 60 apresentam os mapas dos ambientes térmicos da estação chuvosa confeccionados a partir da interpolação, pelo método da Krigagem, das temperaturas nas medições móveis, conforme funções que melhor se ajustaram aos dados segundo os variogramas construídos. Os mapas dos ambientes térmicos, ampliados e agrupados por horário de medição, são apresentados no Apêndice I.



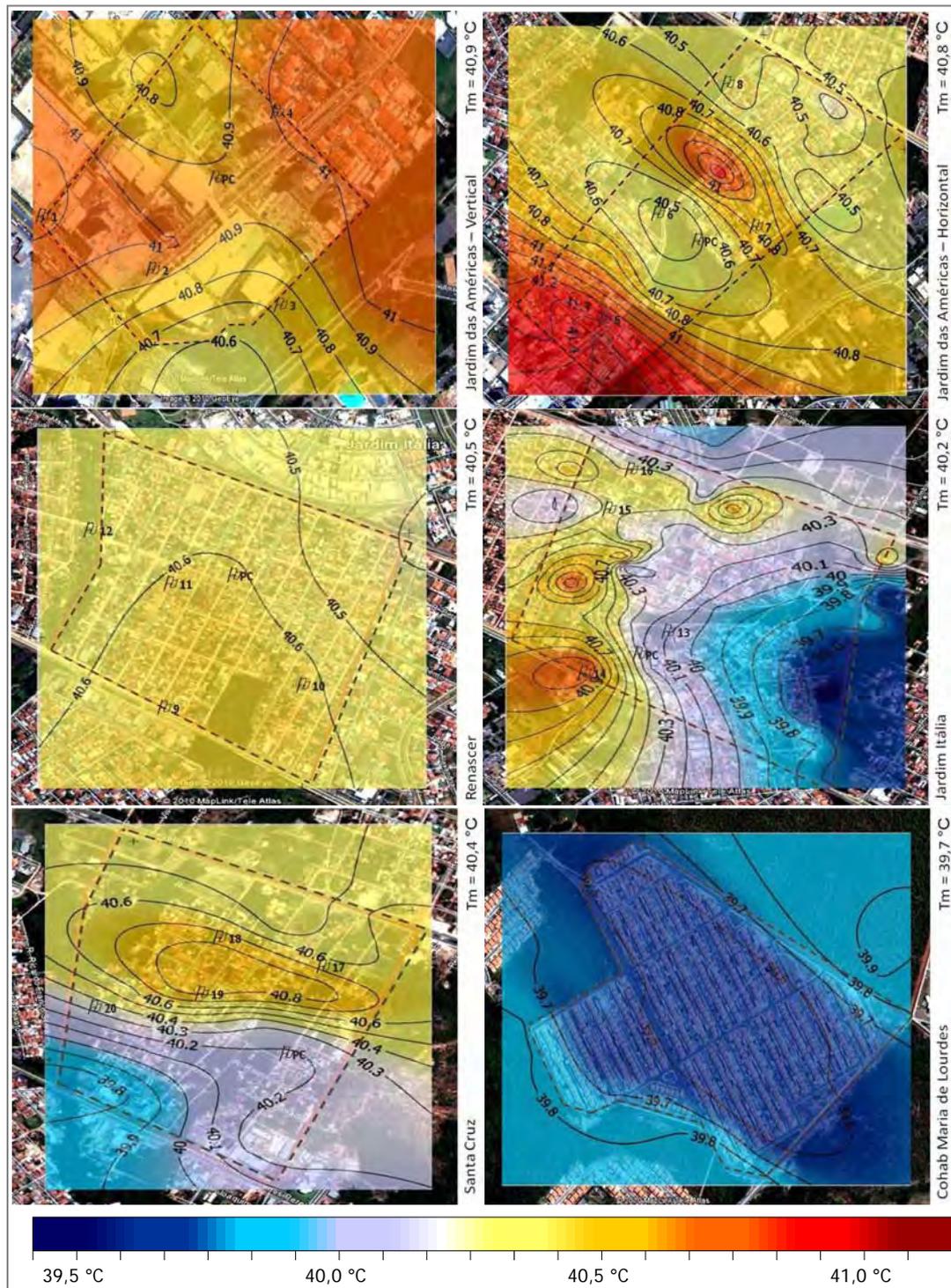
**Figura 58** – Ambiente térmico às 08 h da estação seca.  
**Fonte:** Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.

No período da manhã da estação seca, com uma quantidade de água no ar e nos solos bastante reduzida, além de um reduzido índice de área foliar (IAF) das vegetações mais distantes dos corpos d'água, a resposta rápida à radiação inicial foi praticamente a mesma em todos os pontos, especialmente naqueles densamente construídos. Assim foi possível perceber que os pontos de referência (PRs) localizados em regiões de fácil acesso solar, como os pontos do Jardim das Américas Horizontal (JAH), Jardim Itália (JIT) e Renascer (RNC), áreas de residências predominantemente térreas, foram os que aqueceram mais rapidamente.

Nos pontos do Conjunto Habitacional Maria de Lourdes (CHB), também áreas de residências predominantemente térreas, neste mesmo horário o aquecimento ocorreu de forma mais lenta, atingindo temperaturas menores às 08 h da manhã. Diferentemente dos primeiros pontos, no CHB a evapotranspiração do extenso fragmento arbóreo do seu entorno, reduzindo a razão de Bowen, minimizou a energia disponível para o aquecimento das superfícies e do ar e favoreceu o balanço de energia nestes espaços de influência da grande área verde.

Os pontos protegidos da radiação solar, o operador do sistema clima, pelos edifícios do Jardim das Américas Vertical (JAV) apresentaram as menores temperaturas do período, entre 31,8 °C e 31,4 °C, com menor registro de temperatura do ar para o período matutino acontecendo no PR1 do JAV. Temperatura reduzida, da ordem de 31,5 °C, também foi registrada no PR13 do JIT, localizado próximo a uma APP da nascente de um pequeno córrego.

No mesmo JIT a possível influência da APP não se fez sentida no PR14, uma vez que neste ponto foi registrada a maior temperatura, de 32,9 °C, para o horário. No PR14, a avenida larga e uma rotatória com tráfego intenso de veículos e reduzida arborização anularam os possíveis efeitos de arrefecimento do ar produzidos pelos fragmentos arbóreos próximos.



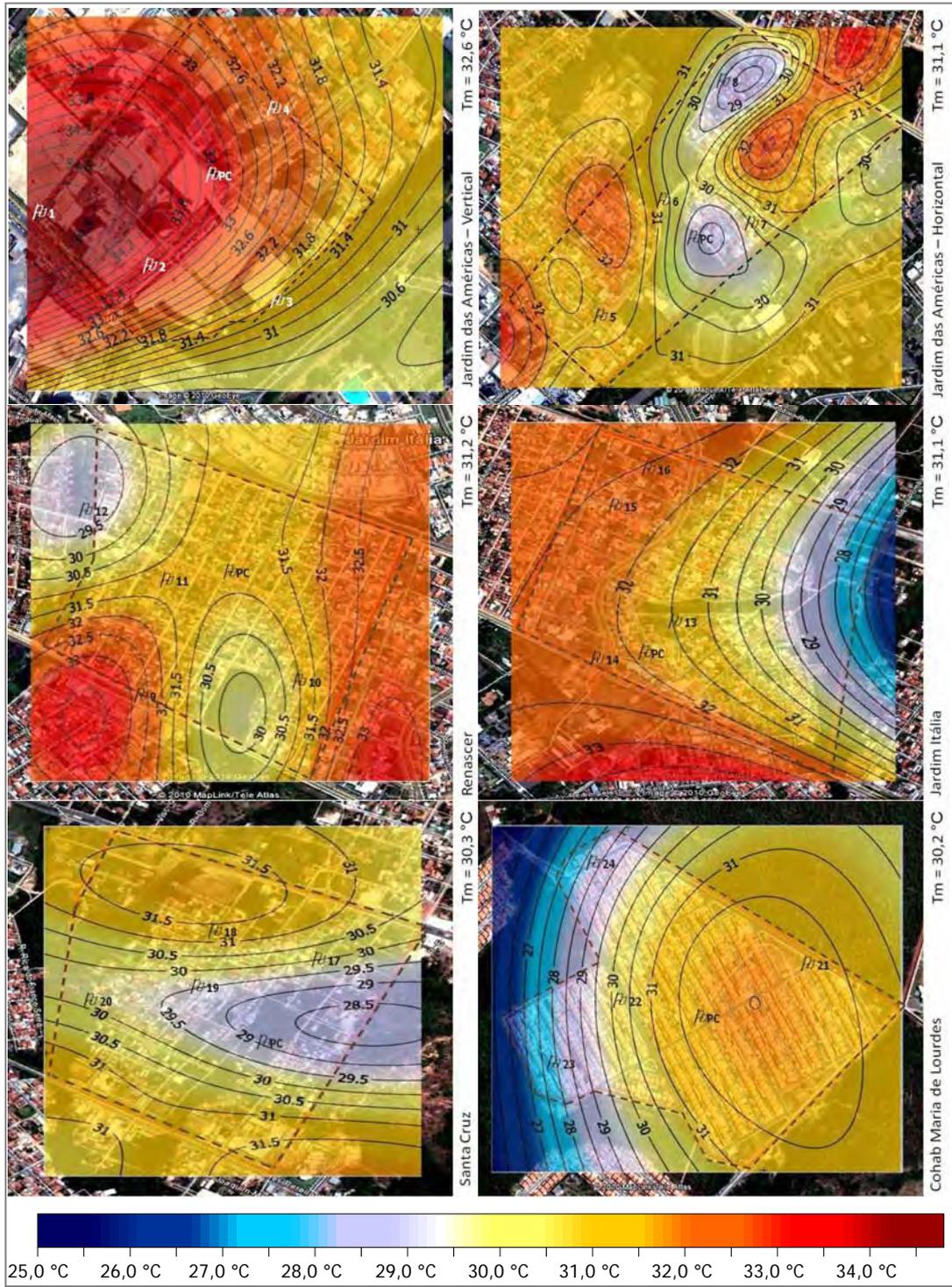
**Figura 59** – Ambiente térmico às 14 h da estação seca.  
**Fonte:** Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.

No período vespertino foi possível perceber um ambiente térmico muito parecido nos PRs do Santa Cruz (STC), equivalente aos registrados nos bairros JAH, RNC e JIT. Estes últimos possuem uma conformação morfológica muito próxima, além da proximidade espacial, porém no STC, cuja urbanização é bastante inferior aos outros três, na estação seca a redução do IAF e a conseqüente redução da evapotranspiração da vegetação resultaram em uma fração maior da radiação solar disponibilizada na forma de calor sensível, fator que pode explicar a redução da intensidade da influência destas áreas verdes sobre os demais ambientes do bairro. Neste sentido, Owen et al. (1998) confirmaram que a resposta das superfícies, a temperatura radiante, que provoca o aquecimento do ar a sua volta é função das variáveis, teor de água da superfície do solo e cobertura vegetal.

O maior aquecimento do período, da ordem de 41,3 °C, foi registrado no PR5, localizado na av. Brasília, principal via do bairro, caracterizada pelo intenso tráfego e ausências de arborização e construções que impeçam a livre entrada da radiação neste horário. Invertendo a tendência matutina, com 41,1 °C de temperatura do ar, outro ponto de aquecimento foi localizado no PR1 do JAV na av. Fernando Correa da Costa, uma via de trânsito rápido com 6 pistas e arborização reduzida onde a radiação solar pode agir sobre este núcleo quase que durante todo o dia.

Com relação às temperaturas mínimas, nesta época do ano nesta porção do continente quase sempre estão associadas ao bloqueio da radiação solar e a presença de água. Vegetações de maior porte, cada vez mais raras neste ambiente urbano, ao associar esses fatores produzem uma condição de refrigeração passiva, como a ocorrida nos espaços adjacentes aos fragmentos arbóreos do JIT, os ambientes menos aquecidos para o horário, com temperaturas da ordem de 39,6 °C.

Semelhantes em percentagens de urbanização e áreas vegetadas, acompanhando o mesmo córrego, além de espacialmente muito próximos, os bairros JAH e RNC compartilharam resultados de ambientes térmicos, em média, muito parecidos. Porém, estes resultados favoreceram discretamente o RNC, o que foi creditado aos quintais, onde as espécies frutíferas, em geral mangueiras, e infelizmente, as ausências de asfaltamento, que reduz a emissividade e a impermeabilidade da superfície, e de saneamento, resultando em ruas sempre molhadas pelo esgoto que corre livre pelas vias.



**Figura 60** – Ambiente térmico às 20 h da estação seca.

**Fonte:** Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.

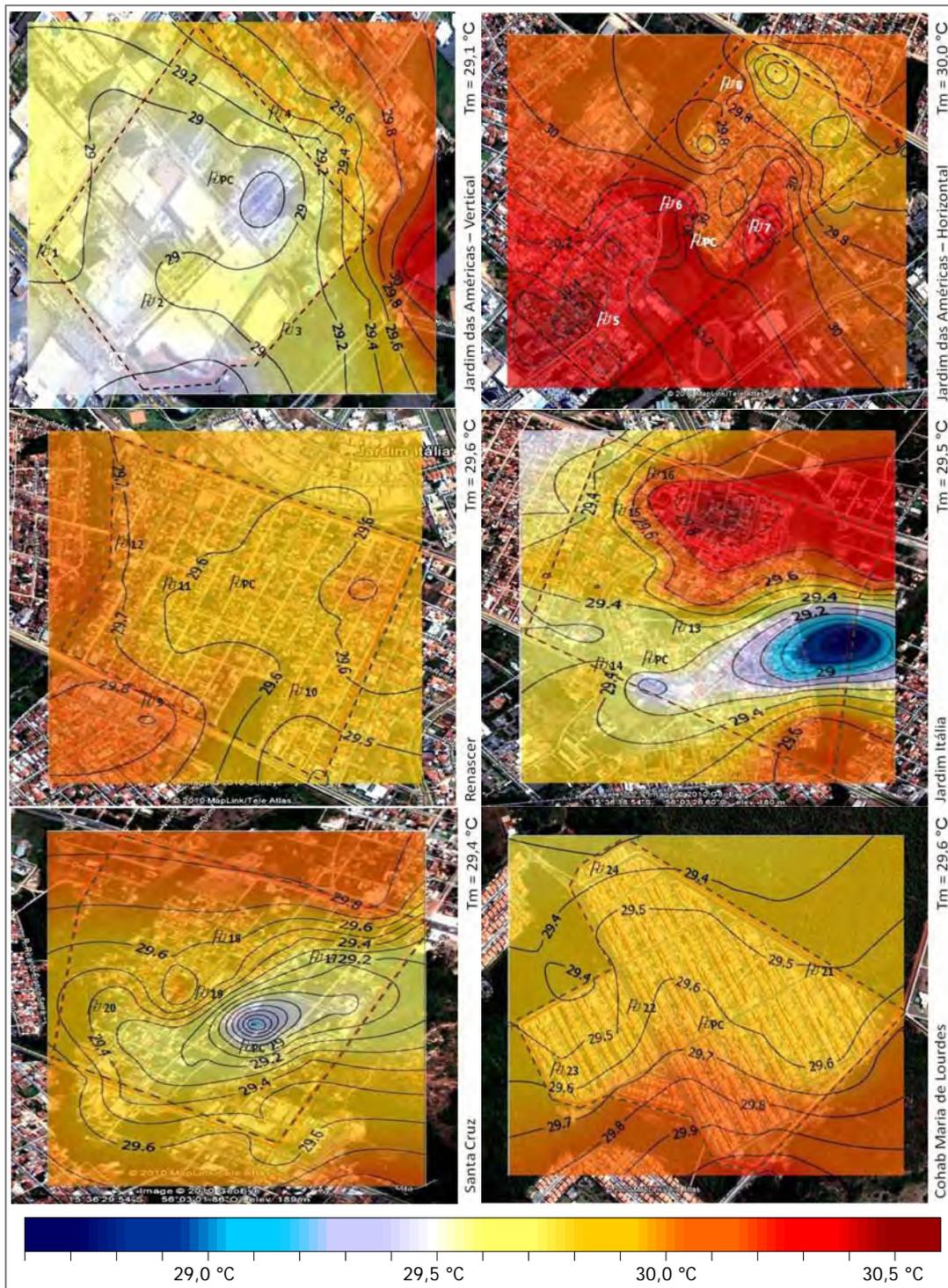
Com relação à influência da vegetação no clima urbano, contrariando o senso comum, esta torna-se mais evidente no período noturno. Neste horário a evapotranspiração volta a ser expressiva, de forma que a vegetação fazendo uso do excedente de energia presente no ar responde pela rápida redução de temperatura nos ambientes vegetados e nas suas proximidades. Esta constatação pôde ser percebida nos PR8 do JAH e PR12 do RNC, adjacentes à vegetação do córrego do Barbado, com registros de 29,0 °C e 29,5 °C, respectivamente, no PR17 do STC localizado em uma região bastante arborizada, com 29,5 °C, além dos menores registros do horário nos PR23 e PR24 do CHB, pontos abraçados pelo cerrado do lugar, com 28,0 °C e 28,5 °C, respectivamente.

Confirmando a relação mostrada no item 5.5 deste trabalho, uma análise visual da Figura 60 permitiu identificar várias situações de influências das áreas verdes sobre os ambientes térmicos dos bairros: O cerrado que envolve o CHB, sobre o núcleo do bairro, ainda bastante aquecido neste horário; os fragmentos de áreas verdes do STC; a vegetação do córrego do Barbado que corta transversalmente o JAH; o pequeno fragmento de área verde do RNC agindo, mesmo que timidamente, sobre o ambiente térmico do seu entorno.

As máximas temperaturas do período noturno aconteceram nos PR1, com 34,8 °C, e PR2, com 33,6 °C, do JAV, espaços muito abertos, com vegetação escassa e intenso tráfego de veículos. Neste horário a amplitude entre os extremos de temperatura do ar chega a 6,8 °C. Pelas medições dos PCs de cada bairro foi possível inferir que estes contrastes se acentuam no período da madrugada, configurando esse ambiente do JAV como uma ilha de calor nas duas estações do ano para a região, com características de intensidade muito forte na estação seca.

### **5.6.2 Discussão dos Resultados da Estação Chuvosa**

As figuras 61, 62 e 63 apresentam os mapas dos ambientes térmicos da estação chuvosa confeccionados a partir da interpolação, pelo método da Krigagem, das temperaturas nas medições móveis, conforme funções que melhor se ajustaram aos dados segundo os variogramas construídos. Os mapas dos ambientes térmicos, em escala ampliada e agrupados por horário de medição, são apresentados no Apêndice I.



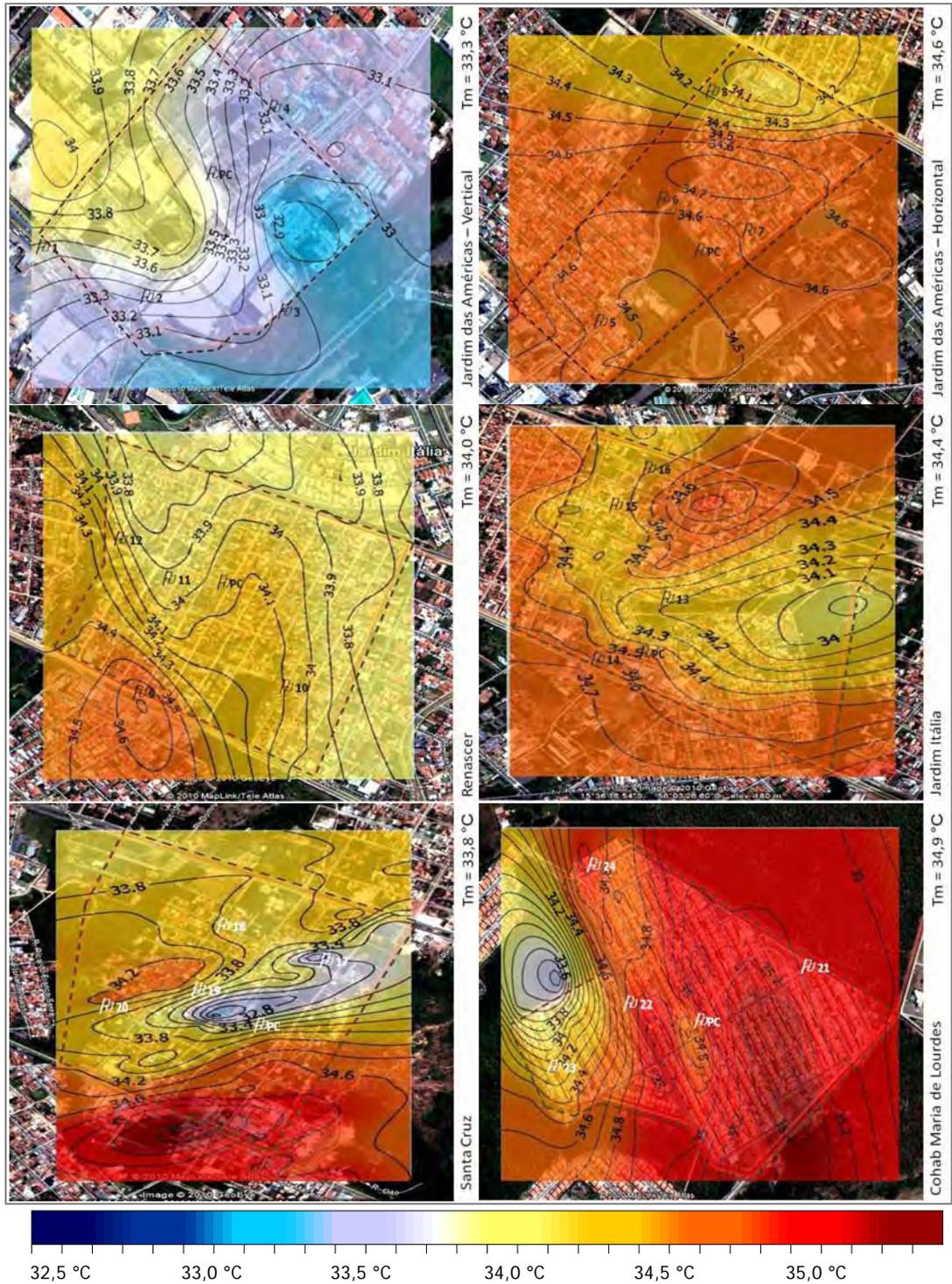
**Figura 61** – Ambiente térmico às 08 h da estação chuvosa.  
**Fonte:** Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.

A análise da Figura 61 permitiu perceber que para o horário das 8 h os ambientes térmicos dos 24 pontos de referência (PRs) estavam muito parecidos. A reduzida intensidade da radiação solar para o horário e a água, presente no ar e nos solos, estabeleceram um ritmo mais lento para as variações de temperaturas. Ainda assim foi possível destacar as temperaturas mais elevadas para o horário nos PRs 5, 6 e 7 do Jardim das Américas Horizontal (JAH).

Favorecido pela proximidade à vegetação das margens do córrego do Barbado, o PR8, localizado neste mesmo bairro, registrou temperaturas ligeiramente inferiores aos demais pontos do bairro. Por outro lado o PR7 apresentou temperaturas muito elevadas para os três horários, registrando a maior temperatura entre todos os pontos, de 30,0 °C, para o período noturno.

Protegidos da radiação solar pelos altos edifícios da região nas primeiras horas da manhã os PRs 1, 2, 3 e 4 do Jardim das Américas Vertical (JAV) apresentaram temperaturas reduzidas em relação às registradas nos outros bairros no mesmo horário, sendo que nos PRs 1 e 2 foram registradas temperaturas de 29,0 °C.

No entanto, as menores temperaturas do período, por volta de 28,7 °C, foram registradas, novamente, nas proximidades do PR13 do Jardim Itália (JIT) e na região do posto de controle (PC) do Santa Cruz. Esses registros de temperaturas mínimas, mesmo em um horário de pequenas variações de temperaturas entre os diferentes espaços, confirmam a influência dos fragmentos de vegetação arbórea sobre os ambientes térmicos dos lugares. Nos demais PRs o aquecimento inicial da manhã produziu diferenças na temperatura do ar de no máximo 0,6 °C.

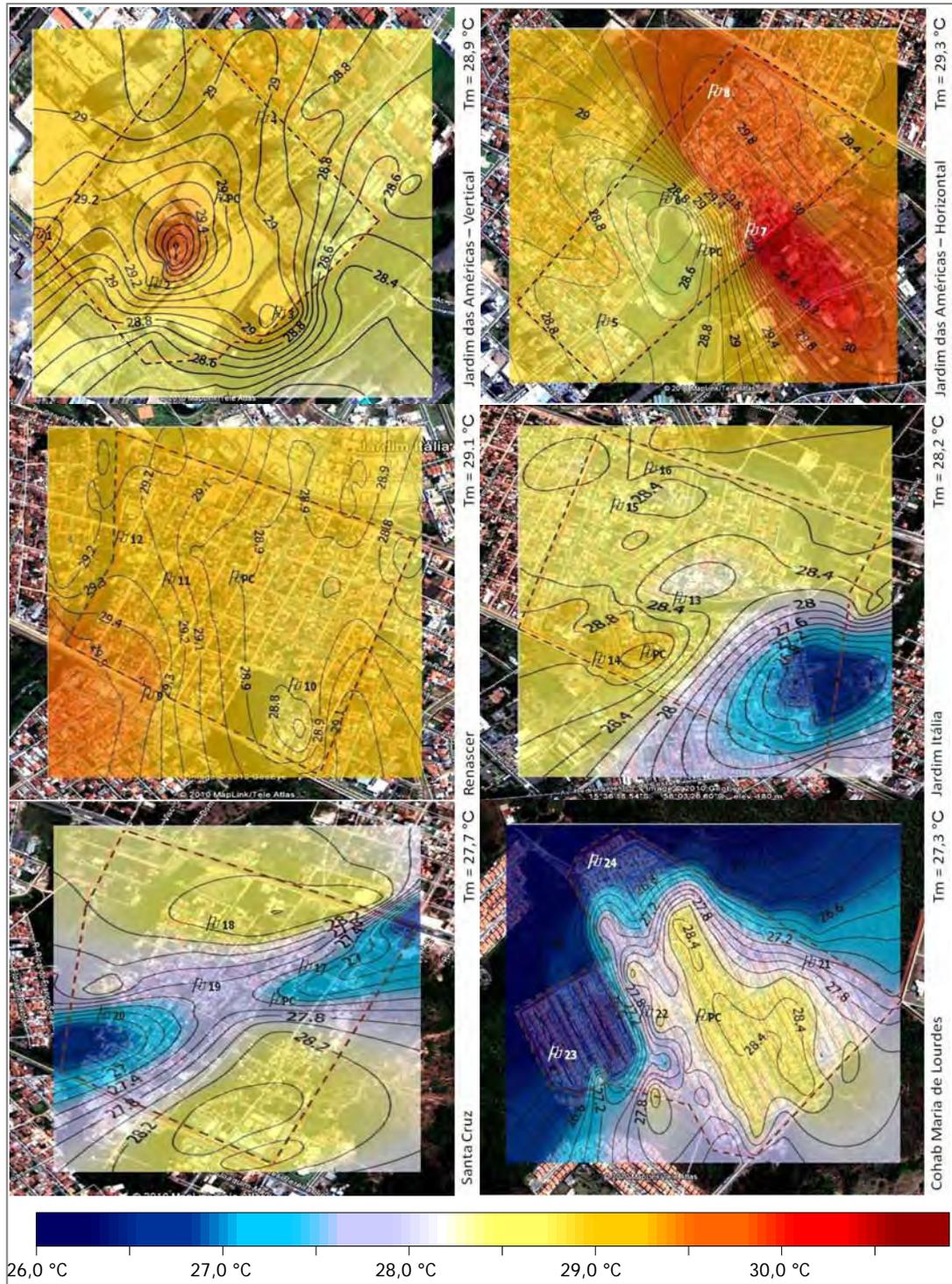


**Figura 62** – Ambiente térmico às 14 h da estação chuvosa.  
**Fonte:** Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.

No período da tarde, os PRs 21, 22, 23 e 24 do Conjunto Habitacional Maria de Lourdes (CHB) registraram as temperaturas mais elevadas para o período, sendo que a máxima entre todos os pontos, de 35,1 °C, foi registrada no PR21, localizado próximo a porção central do bairro. Notou-se que mesmo o abundante cerrado do entorno do bairro não foi capaz de arrefecer as temperaturas registradas no horário, resultado da combinação do adensamento de construções, com a alta taxa de impermeabilização e a localização em uma vertente voltada para o sol da tarde. Temperaturas elevadas também foram encontradas em todos os PRs do Jardim das Américas Horizontal (JAH), Jardim Itália (JIT) e Renascer (RNC), bairros com características comuns de adensamento de construções, na maior parte térreas, e reduzida cobertura vegetal.

Para o horário vespertino algumas das menores temperaturas foram registradas nos PRs do Jardim das Américas Vertical (JAV), confirmando os motivos já relacionados. A menor temperatura entre esses postos para o horário foi registrada no PR4, na rua Buenos Aires, localizada no limite da região verticalizada foi protegida em toda a sua extensão da radiação solar do horário pela barreira de edifícios que a acompanha.

Como ocorrido na estação seca, porém com uma menor extensão de influência, a temperatura mínima para o horário, por volta de 32,6 °C, ocorreu em áreas densamente vegetadas, desta vez na região do posto de controle (PC) do bairro Santa Cruz.



**Figura 63** – Ambiente térmico às 20 h da estação chuvosa.  
**Fonte:** Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.

As qualidades que produziram temperaturas diurnas reduzidas nos pontos de referência (PRs) do Jardim das Américas Vertical (JAV) foram as mesmas que justificaram as elevadas temperaturas nestes pontos no horário das 20 h. Além das características já citadas, o intenso tráfego de veículos no horário contribuiu também para a ocorrência das temperaturas elevadas, uma forte contribuição antropogênica para o balanço de energia da região. A força dessa contribuição pôde ser observada em um transecto realizado no dia 21 de abril de 2011, feriado nacional, quando o fluxo de veículos no lugar no horário foi bastante reduzido, registrando na av. Brasília, principal via do Jardim das Américas, uma redução de aproximadamente 3,0 °C no valor da temperatura do ar com relação às temperaturas registradas nos outros transectos realizados na mesma semana.

Apesar de posicionados em regiões de fundo de vale, os PRs 1 e 2 do JAV e o PR11 do Renascer (RNC) apresentaram temperaturas elevadas para o período noturno, evidenciando a forte influência das atividades e do uso dos solos do entorno imediato na diferenciação térmica de cada lugar. Os PRs 7 e 8 do Jardim das Américas Horizontal (JAH) e os PRs 9 e 12 do RNC também apresentaram temperaturas do ar elevadas para o horário noturno evidenciando mais uma vez os prejuízos para o ambiente térmico de um lugar provocados pelo adensamento das construções e pela escassez de áreas verdes.

Como aconteceu na estação seca, também na estação chuvosa a influência da vegetação sobre o clima urbano foi mais intensa no período noturno. Neste sentido os mapas conseguiram destacar as ilhas de frescor em cada bairro e as respectivas áreas de influência dos fragmentos de vegetação arbórea em relação aos seus entornos. Exemplos desta influência foram percebidos na Figura 63, em reduções da temperatura do ar no PR6 do JAH, na ponte sobre o córrego do Barbado cuja mata divide o bairro em duas porções separadas por 1,0 °C de diferença, e no PR10 do RNC, onde o fragmento geométrico de vegetação arbórea apresentou uma influência discreta, atenuando a temperatura do ar em 0,5 °C em relação às áreas próximas.

No entanto os maiores destaques foram para os pontos localizados no Santa Cruz (STC) e no Conjunto Habitacional Maria de Lourdes (CHB). No STC, com exceção do PR18, próximo ao prédio do antigo hospital, os demais PRs sofreram a influência direta das matas que ainda existem na região. No PR20, influenciado pelo

entorno imediato, com a presença de uma mata de cerrado ainda íntegro e com alta taxa de vegetação em região de fundo de vale, foi registrada uma temperatura mais amena, da ordem de 26,8 °C.

A análise visual das regiões dos fragmentos arbóreos dos JIT, STC e CHB na Figura 63 permitiu identificar com clareza a força da influência destas áreas vegetadas avançando sobre os espaços mais urbanizados, sugerindo uma extensão da ordem de 200 m, coerente com os resultados anteriores. A menor temperatura para o horário, de 26,0 °C, foi registrada no PR24 do CHB, vizinho a mata íntegra, temperatura 4,0°C inferior à registrada no núcleo do sistema climático do JAV. Pelas medições dos PCs de cada bairro, como ocorrido na estação seca, foi possível inferir que esses contrastes se acentuaram no período da madrugada, configurando a região verticalizada do Jardim das Américas como uma ilha de calor nas duas estações do ano, com características de intensidade forte na estação chuvosa e muito forte na estação seca.

As imagens dos ambientes térmicos, em virtude dos horários dos transectos, não conseguiram expressar a real intensidade da ilha de calor no JAV, cuja inversão ocorre a partir das 22 h, e o aquecimento vespertino exagerado que ocorreu no CHB, cujo pico foi registrado às 16 h. Essas oscilações foram detectadas apenas pelos equipamentos de registro contínuo instalados nos PCs de cada bairro da área de estudo.

Pela análise conjunta dos dados da estação chuvosa foi possível perceber que os transectos nos três períodos de medições, matutino, vespertino e noturno, de forma geral, indicaram uma tendência de comportamento. Diretamente associados aos aspectos da morfologia do entorno próximo, os ambientes situados em áreas com a mesma configuração de uso e ocupação do solo apresentaram o mesmo desempenho térmico.

Não obstante, na estação seca alguns ambientes que apresentaram temperaturas reduzidas na estação chuvosa, mesmo muito próximos de regiões bastante vegetadas, pareceram não sofrer influência destas. A observação sugere uma redução no raio de influência destas áreas vegetadas, o que não corresponde aos resultados até aqui apresentados.

A ampliação do raio de influência na estação seca deve estar associada a grande amplitude térmica entre os núcleos de áreas densamente construídas e áreas densamente vegetadas, que nem sempre se reflete numa influência de intensidade significativa. Dessa forma, um agrupamento de árvores, por exemplo, que, dentro da área de influência de um lugar, produzia um arrefecimento da ordem de 2,0 °C para este espaço na estação chuvosa, na estação seca, dependendo da posição e da distribuição do agrupamento, pode ter sua contribuição para o arrefecimento do lugar reduzida em intensidade, apesar da sua influência atingir espaços mais distantes.

Esse entendimento colocou um novo ingrediente na questão. Os resultados indicaram que os percentuais de áreas verdes, dentro do raio de influência do núcleo de um sistema, estavam relacionados à temperatura do ar neste núcleo, porém esses percentuais não afetaram a extensão dessa influência. Dessa maneira a retirada ou a formação de áreas vegetadas, dentro do raio de influência do núcleo de um sistema, afetariam a intensidade desta influência, resultando em aumento ou redução, mesmo que mínima, da temperatura do ar nesse ambiente. Todavia, acréscimos iguais de áreas vegetadas dentro do perímetro de influência em diferentes configurações poderiam resultar em diferentes reduções da temperatura do ar no núcleo do sistema. Esse novo ingrediente, o padrão da distribuição espacial das áreas verdes, associado à extensão destas pode ajudar a extrair a estrutura dos sistemas urbanos e produzir modelos capazes de descrever a evolução destes sistemas.

Esta é uma característica típica de todos os sistemas complexos, onde as variações aparentemente aleatórias, são regidas por processos não-lineares, como a função geradora do conjunto de Mandelbrot.

O microclima de um dado espaço é uma composição dos diversos elementos morfológicos que constituem o ambiente, com raios e intensidades de influência diferenciados, que se auto-regulam em um equilíbrio dinâmico através de uma teia de relações, de forma que árvores isoladas ou agrupamentos de árvores enfileiradas, em função do padrão de ocupação deste espaço urbano saturado de sistemas de fluxos, podem produzir melhores resultados no condicionamento térmico de um ambiente que um extenso fragmento arbóreo.

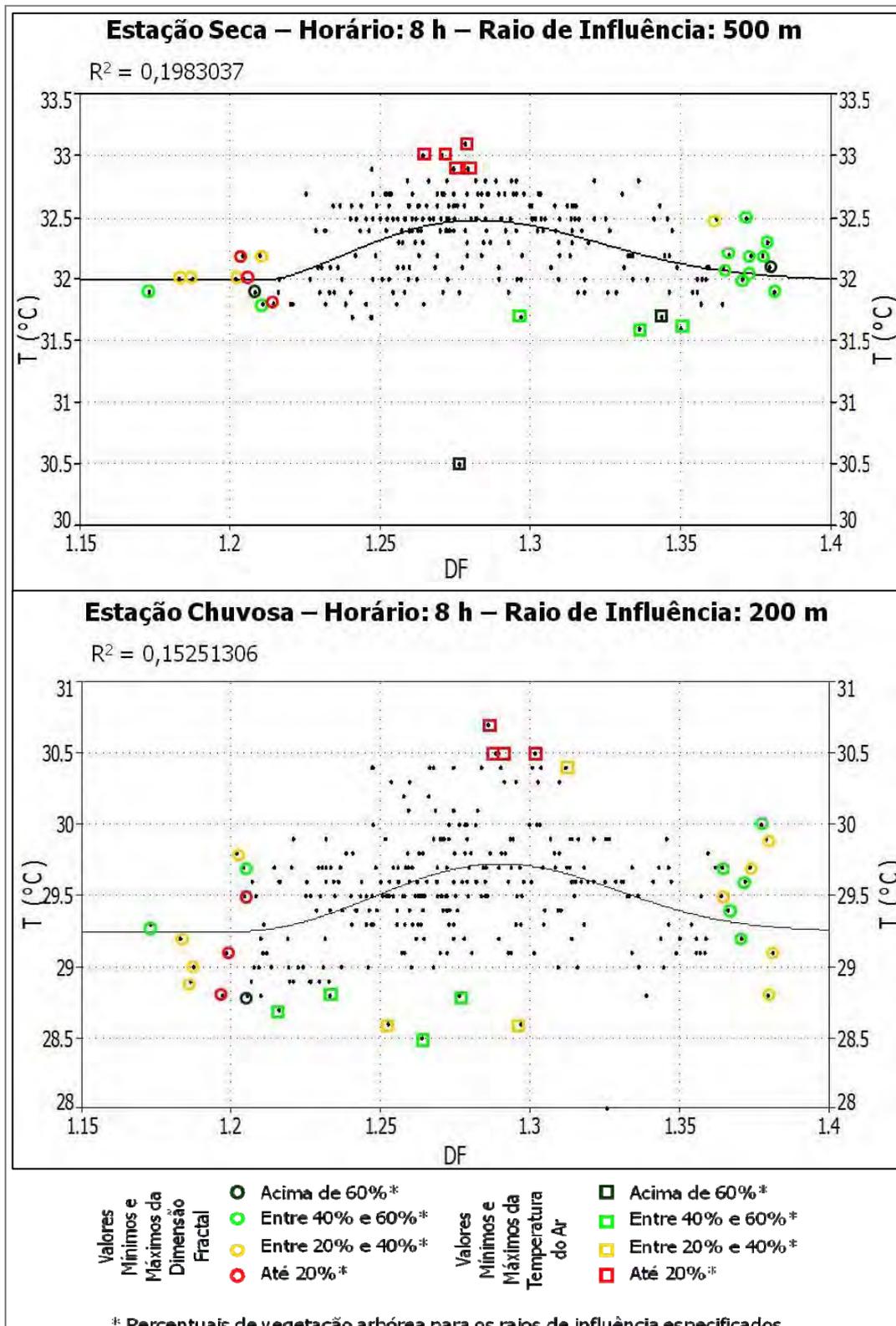
## **5.7 RELAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR COM A FRAGMENTAÇÃO DAS ÁREAS VERDES DE UM RECORTE DESTE AMBIENTE**

Que medidas definiriam se uma forma, comparativamente a outra metricamente equivalente, é mais ou menos irregular? Como deve estar distribuída a área vegetada de um espaço delimitado de forma que a intensidade de sua influência seja maximizada? A complexidade das questões, envolvendo forma mais fragmentada ou composição contraditória, é inerente aos padrões presentes nas ciências da natureza, padrões que, segundo Mandelbrot (1975), encontram respostas na geometria fractal.

A dimensão fractal, como medida da fragmentação de uma área ou ainda como o nível de ocupação do espaço pela forma, foi utilizada nesta análise para tentar avaliar que padrão espacial, mais ou menos fragmentado, devem apresentar as áreas vegetadas dos ambientes urbanos para que sua função de amenização climática seja melhor aproveitada.

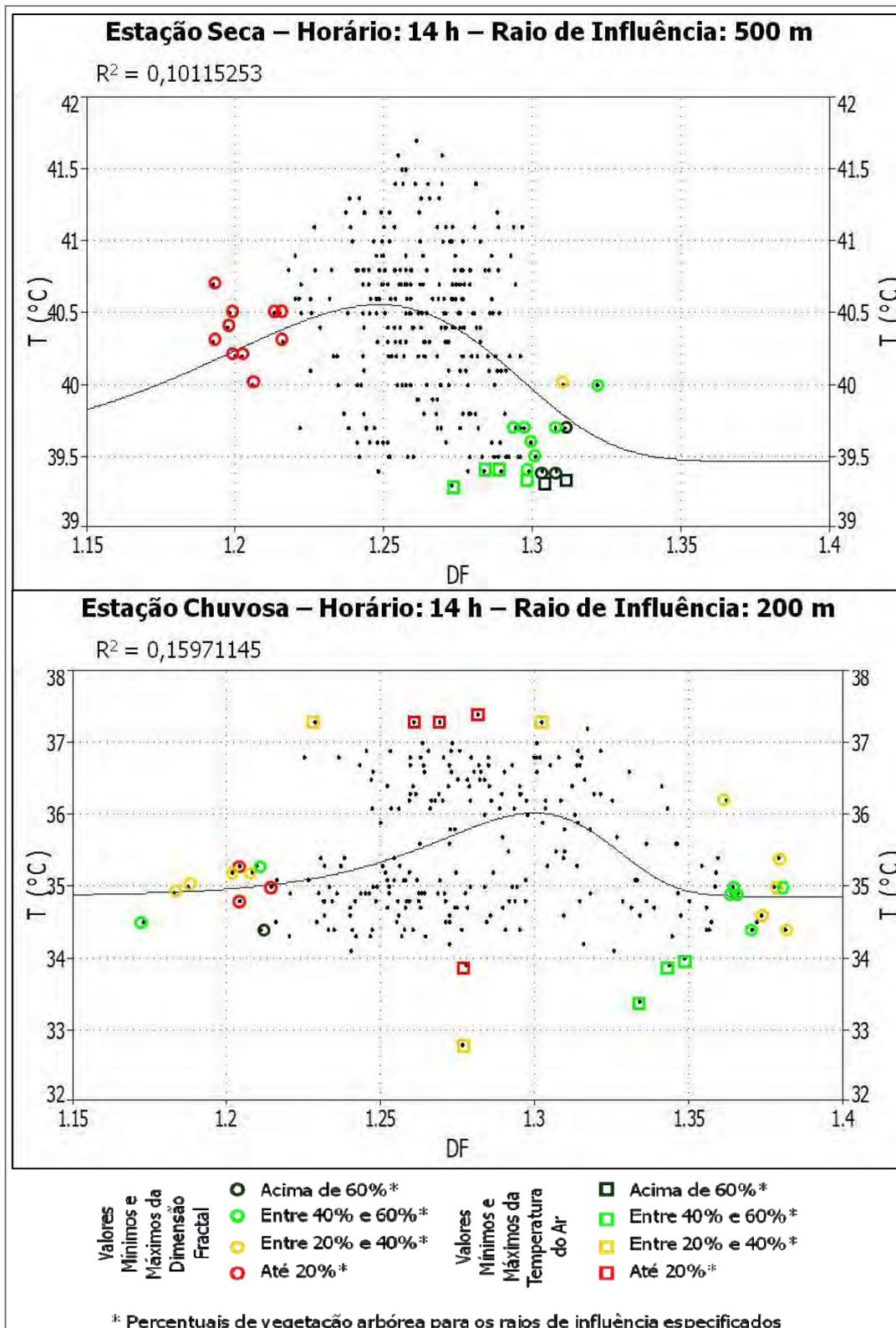
Para esta avaliação os 250 pontos da base de dados, com as respectivas temperaturas para cada transecto e valores da dimensão fractal das áreas vegetadas para todos os raios de influência propostos neste trabalho, foram submetidos ao aplicativo TableCurve 2D v.5.1.1 com a intenção de encontrar uma função que melhor explicasse a possível relação entre essas variáveis.

As curvas que melhor se ajustaram aos pontos de cada transecto e os respectivos raios de influência em função dos maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ) são apresentados nas Figuras 64, 65 e 66. Sobre os diagramas, para auxiliar na explicação do comportamento das variáveis, foram plotados os pontos, classificados pelos percentuais de áreas verdes dos recortes, que apresentaram as maiores e as menores temperaturas do transecto e os maiores e os menores valores da dimensão fractal dessas áreas verdes.



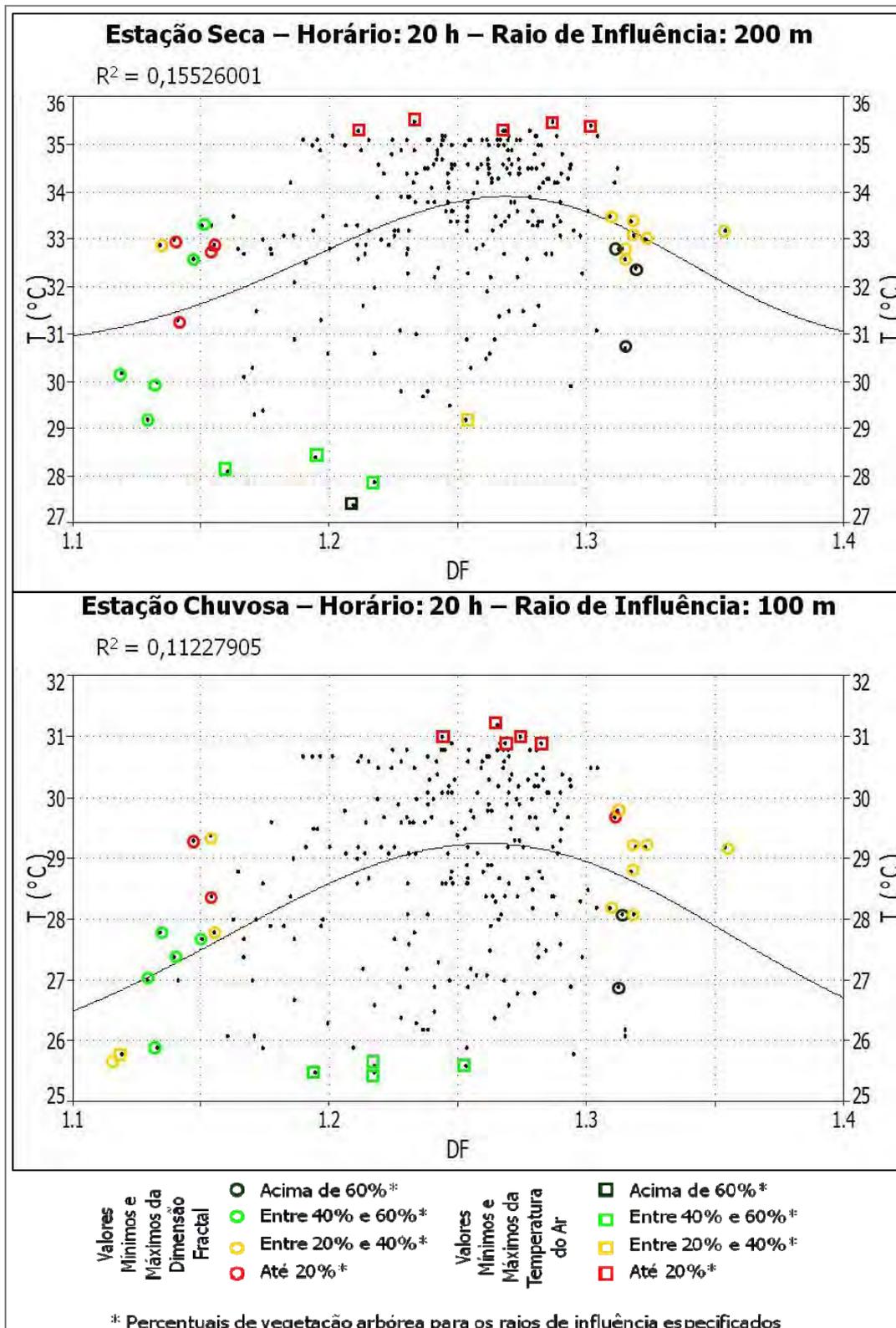
**Figura 64** – Ajuste da curva dimensão fractal das áreas verdes em função da temperatura do ar para o horário de 08 h.

**Fonte:** TableCurve 2D v.5.1.1.



**Figura 65** – Ajuste da curva dimensão fractal das áreas verdes em função da temperatura do ar para o horário de 14 h.

**Fonte:** TableCurve 2D v.5.1.1.



**Figura 66** – Ajuste da curva dimensão fractal das áreas verdes em função da temperatura do ar para o horário de 20 h.

**Fonte:** TableCurve 2D v.5.1.1.

A função de resposta Weibull foi o melhor modelo paramétrico para ajustar as curvas. Outras funções, aplicadas a estes mesmos dados, produziram valores bastante interessantes para a estatística  $R^2$ , sem, no entanto, trazer luz a dúvida levantada.

As curvas, em todos os horários e estações, apresentaram uma mesma tendência, sugerindo a existência da relação entre a temperatura do ar de um lugar, não apenas com a extensão dos fragmentos arbóreos de seu entorno próximo, bem como com o padrão como estes estão dispostos neste ambiente, padrão expresso pela dimensão fractal destas áreas verdes. A força da relação, avaliada no ajuste da curva pelo coeficiente de determinação  $R^2$ , foi muito pequena em todas as curvas, porém, como na situação anterior, o traçado da curva teve a finalidade de indicar uma tendência, difícil de ser observada sem tal artifício.

As assíntotas destas curvas nesta aplicação apontaram para as menores temperaturas do ambiente nos limites extremos da dimensão fractal, definindo em ambos os casos áreas completamente vegetadas. Os valores extremos da temperatura do ar corresponderam aos valores médios da dimensão fractal.

Ligeiramente diferente entre os horários dos transectos, as curvas se assemelharam para os mesmos horários nas duas estações. Como no processo geoestatístico, a dimensão fractal das áreas verdes também melhor se ajustou aos raios de influência na faixa de 200 m a 500 m, com extensão de influência também reduzida na estação chuvosa em comparação com a seca.

Na estação seca os pontos pareceram mais concentrados na região da curvatura da função, em uma faixa restrita de valores da dimensão fractal. A observação indicou que nesta estação do ano a fragmentação das áreas verdes teve menor influência sobre os ambientes térmicos destes espaços, que foram melhor explicados pelo percentual de áreas verdes existentes em cada recorte de influência. Na estação seca, a maior interação entre atmosfera e superfície proporcionada pela baixa umidade resultou em grandes amplitudes térmicas, de forma que a influência das áreas vegetadas pôde ser verificada a uma distância maior que aquela verificada na estação úmida.

Os pontos plotados sobre as curvas permitiram perceber que a fragmentação atua com maior força sobre as áreas com percentuais menores de área vegetada, de

até 20% da área total. Nestes recortes uma maior fragmentação das áreas verdes, ou seja valores mais elevados da dimensão fractal, implicaram em lugares com temperaturas mais elevadas.

A análise dos dados mostrou que mais da metade dos pontos amostrados para este trabalho apresentaram áreas verdes com extensões inferiores a 20% dos recortes que ocupam. Assim, para a maior parte dos nossos espaços urbanos a existência de espaços concentrados de vegetação arbórea, como por exemplo ruas, praças arborizadas ou pequenos parques podem funcionar melhor que espaços vegetados equivalentes distribuídos pelos ambientes urbanos agindo sobre a extensão desses ambientes desprotegidos.

Recortes com percentuais maiores de áreas vegetadas apresentaram temperaturas reduzidas, com redução proporcional a extensão destes, sob quaisquer valores do índice de fragmentação, de forma que as implicações da fragmentação são reduzidas sobre esses recortes. Todavia, os recortes com percentuais elevados de áreas verdes com maiores valores de dimensão fractal, fragmentados mas conectados, formando contínuos, podem atuar no sistema clima urbano fragmentando as grandes manchas urbanizadas, reduzindo a intensidade da influência destas.

## **5.8 ESTUDO DOS ASPECTOS QUE CONSTITUEM A IMAGEM DE RESIDÊNCIA DOS MORADORES DA ÁREA DE ESTUDO**

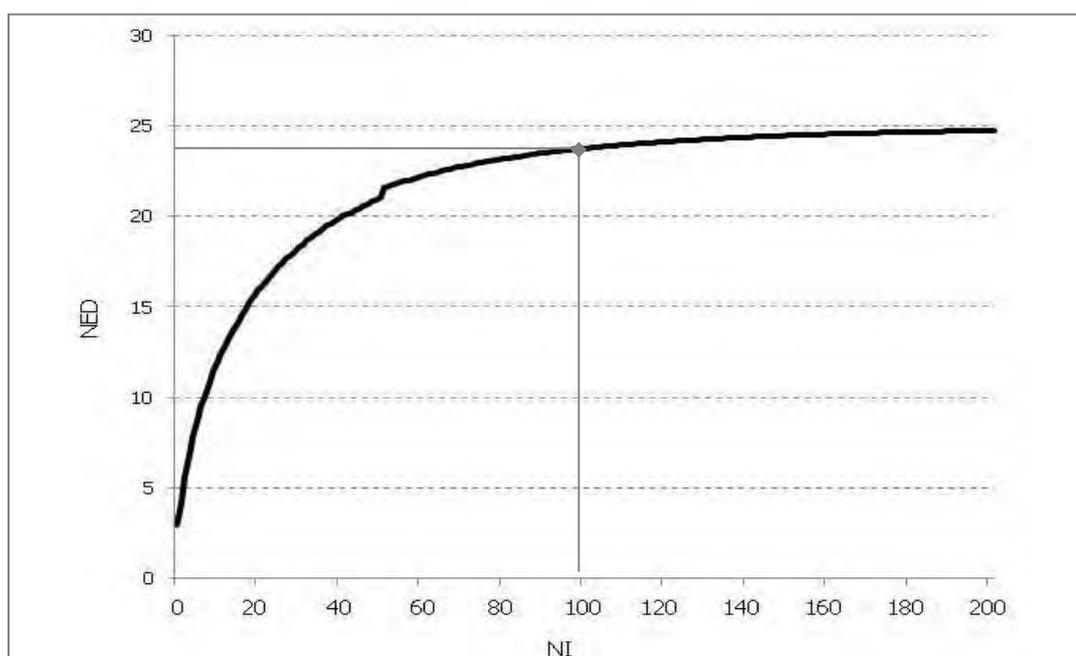
O estudo proposto procurou determinar a importância da qualidade ambiental na escolha do ambiente residencial pela população desta região da cidade de Cuiabá. Para tanto foram aplicados questionários aos moradores dos bairros delimitados para o estudo com o objetivo de avaliar a influência do conjunto de atributos físicos e emocionais sobre a escolha de um bairro para se viver. O instrumento de pesquisa foi elaborado conforme descrito no item 4.6 deste trabalho. A pesquisa foi realizada em visitas às residências dos moradores durante o mês de agosto de 2011, nos períodos da manhã e tarde, conforme a presença dos moradores em suas residências. O questionário completo encontra-se no Anexo I deste trabalho.

### **5.8.1 Avaliação do Grau de Saturação do Padrão de Respostas**

Para o estudo dos aspectos que constituem a imagem de residência dos moradores dos bairros do estudo foram entrevistados, inicialmente, 25 indivíduos por

bairro, totalizando 125 indivíduos, que forneceram um total de 25 evocações diferentes. A técnica de amostragem foi probabilística, de forma que cada bairro foi dividido em cinco regiões onde, em cada uma destas, foram realizadas 5 entrevistas.

A amostra inicial de 125 indivíduos foi submetida a duzentas reamostragens pelo método de simulação Monte Carlo, com número de sujeitos variando de um a 125, de forma a estimar uma referência prática para a saturação da coleta de dados. A Figura 67 apresenta o modelo obtido com melhor ajuste, uma curva de saturação crescente até o ponto de máximo que, conforme uma interpretação visual, começa a partir de 100 indivíduos.



**Figura 67** – Gráfico de regressão entre o Número de Indivíduos (NI) e o Número de Evocações Diferentes (NED).

**Fonte:** Elaboração do Autor, 2011.

Assim, o procedimento para avaliar a saturação do padrão de respostas à questão aberta indicou a suficiência da base de dados para a análise, uma vez que o ponto de referência prático para a saturação foi menor que a amostra de base utilizada.

Estabelecido o banco de dados, as análises das entrevistas, além de permitirem identificar o perfil dos moradores de cada bairro, foram suficientes para permitir inferências sobre o comportamento da população nos quesitos relacionados

no instrumento de pesquisa. Os resultados possibilitaram uma melhor compreensão dos fenômenos perceptivos estudados e conciliados com os objetivos proposto, estabelecendo que elementos perceptivos, entre eles o clima e a arborização do lugar, foram mais decisivos na escolha de um indivíduo por um lugar de moradia.

### **5.8.2 Análise dos Aspectos Que Constituem a Imagem de Residência da População dos Bairros**

Para esta análise os entrevistados foram separados por sexo e classificados em três faixas etárias, de 15 a 25 anos, 26 a 49 anos e acima de 50 anos, uma vez que a percepção de um ambiente varia significativamente entre homens e mulheres e entre indivíduos com idades diferentes.

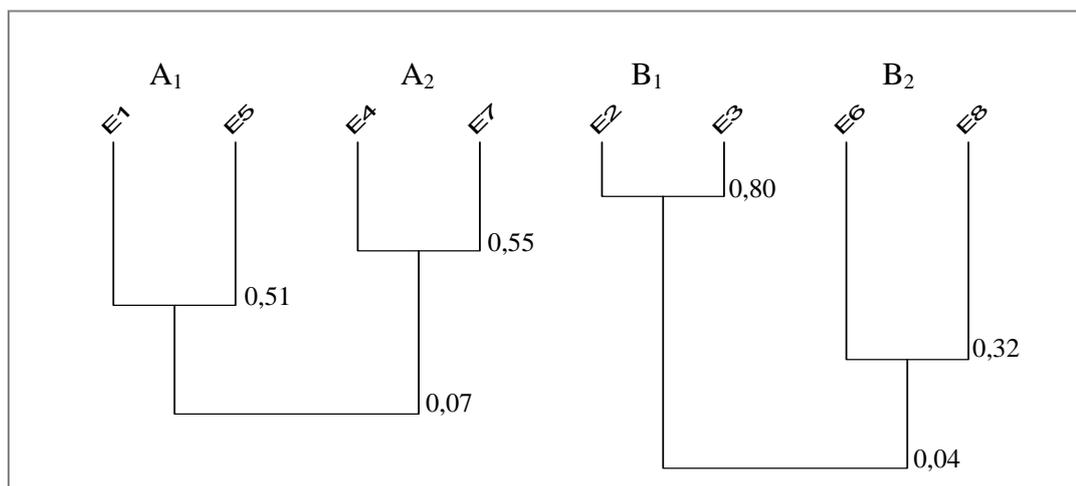
Caracterizada a população dos moradores dos bairros, procurou-se estabelecer as diferentes imagens e percepções do espaço, de um modo geral, para os seus moradores. Para melhor caracterizar os resultados quanto às representações mentais de cada lugar e do ideário de moradia, as respostas dos entrevistados no quesito adjetivos mais importantes para aquisição de uma residência e as razões para tanto, foram classificadas em 8 eixos temáticos, apresentados na Tabela 19 e constituídos conforme descrito no capítulo 4, onde foi relatada a metodologia da pesquisa.

**Tabela 19** – Eixos temáticos em que foram classificadas as respostas dos entrevistados

Eixos Temáticos	Respostas Mais Comuns
E <sub>1</sub> . ANIMADO E DINÂMICO	Vida noturna e serviços de lazer
E <sub>2</sub> . BOA LOCALIZAÇÃO	Fácil acesso e bem situado
E <sub>3</sub> . BOM INVESTIMENTO	Expansão promissora e perspectiva de futuro
E <sub>4</sub> . CLIMA AGRADÁVEL	Áreas de lazer e muito verde
E <sub>5</sub> . ELEGANTE E MODERNO	Prestígio e requinte
E <sub>6</sub> . EMPRESARIAL E COMERCIAL	Boas lojas e área de negócios
E <sub>7</sub> . ÚNICO E ESPECIAL	Essencial e sem igual
E <sub>8</sub> . VIZINHANÇA AGRADÁVEL	Amigável e tranquila

Assim classificadas, foi realizada através do aplicativo Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive v.3.1 (CHIC) a análise de similaridade entre as respostas de cada entrevistado. A aplicação de um procedimento de classificação às categorias das respostas de cada usuário, usando o método entrópico e a

distribuição binomial, produziu a árvore de similaridades de poucas classes com quatro elementos em cada classe, conforme Figura 68. Isso foi provocado pelo grande número de variáveis em relação ao número de entrevistados.



**Figura 68** – Árvore de similaridade das respostas dos entrevistados.

**Fonte:** CHIC v.3.1.

Na primeira análise buscou-se avaliar, independente de sexo, idade ou bairro de moradia, apenas os aspectos que formaram a imagem de residência da população entrevistada. Uma visão geral da árvore possibilitou distinguirmos, na hierarquia, da esquerda para direita, duas grandes classes de variáveis: classe A subdividida em A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>, e classe B, subdividida em B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>.

A classe A corresponde a um conjunto de aspectos associados a uma moradia em lugar que ofereça qualidade de vida, no sentido de um ambiente saudável, aos seus moradores. A classe B envolve aspectos de localização e segurança da moradia, porém, mais associados à residência como investimento do que expressando, como proposto por Bachelard (1993), o “espaço de nossa felicidade”. Estes argumentos, de localização e investimento, estiveram presentes em muitas das entrevistas em todos os bairros, provavelmente associados ao implemento imobiliário experimentado pela cidade nos últimos anos, provocado, entre outros fatores, pelo estabelecimento da cidade como sede da Copa do Mundo FIFA em 2014.

No primeiro nível, na classe B, a subclasse B<sub>1</sub> mostra justamente a similaridade de 0,80, correlação mais forte de todos os pares de atributos, entre as

respostas dos indivíduos que associaram a residência ideal aos aspectos perceptivos “Boa Localização”, eixo E<sub>2</sub>, e “Bom Investimento”, eixo E<sub>3</sub>. Muitas das referências ao eixo E<sub>2</sub> foram associadas às proximidades da UFMT e do Shopping Três Américas, associações justificadas de modo geral, como proposto anteriormente, pela recente supervalorização dos imóveis urbanos na cidade.

Ainda na classe B, na subclasse B<sub>2</sub> aparece uma relação entre as variáveis “Empresarial e Comercial”, eixo E<sub>6</sub>, e “Vizinhança Agradável”, eixo E<sub>8</sub>, com a menor similaridade, de 0,32, entre os pares. Esta subclasse também está associada a um conjunto de moradores que consideraram comercialmente favorável o estabelecimento de moradia nas proximidades de uma área com forte vocação comercial e empresarial. Com relação ao eixo E<sub>8</sub>, as referências citadas como vizinhança agradável, além do aspecto da existência de bons vizinhos e boas relações interpessoais, fizeram-se mais evidentes as questões de segurança, no sentido que imóveis em regiões de elevada insegurança tem seus valores depreciados ao longo dos anos.

Na classe A, a subclasse A<sub>2</sub> apresenta uma forte correlação, de 0,55, entre as variáveis “Clima Agradável”, eixo E<sub>4</sub>, e “Único e Especial”, eixo E<sub>7</sub>. Em virtude do clima da cidade, reconhecidamente quente, o lançamento recente de empreendimentos imobiliários muito arborizados, com espaços de meditação e caminhada entre as árvores, em geral, distantes do perímetro central da cidade, pode explicar o imaginário de moradia por parte dos entrevistados como único e especial uma moradia que reúna estas características. Para Lenzholzer & Koh (2010) as pessoas possuem imagens ou esquemas mentais de microclimas urbanos que se relacionam com a disposição espacial do lugar, de forma que as representações das configurações espaciais destes ambientes “especiais” são relacionadas pelos indivíduos com as propriedades mais prováveis dos correspondentes microclimas.

Os aspectos “Animado e Dinâmico”, eixo E<sub>1</sub>, e “Elegante e Moderno”, eixo E<sub>5</sub>, correlacionados com menor similaridade, foram relacionados por moradores que associaram percepções aprazíveis a um imóvel com toda qualidade disponível no mercado, de preferência novo. Esses entrevistados consideraram importantes em um lugar os equipamentos públicos, com atrativos diversos, como a rotatividade de um shopping center em contínuo movimento.

Para homens o aspecto mais importante foi a presença de empresas e comércios, enquanto que para as mulheres, com menor similaridade, a vizinhança agradável foi o atributo mais importante. Na análise por faixa etária, os jovens associaram a imagem ideal de residência ao clima agradável, enquanto que os adultos relacionaram a dinâmica do bairro e a presença de equipamentos públicos. Para a faixa etária mais elevada todos os atributos são neutros, como se estivessem divididas entre todas as relações implicativas, compatíveis com o padrão de respostas observado nesta análise.

Na correlação por bairros, as diferenças existentes entre os perfis de moradores, resultaram em diferentes aspectos relacionados como mais importantes. A correlação mais forte foi identificada entre os moradores do Jardim das Américas e a questão da localização, eixo  $E_2$ , talvez por julgarem a característica como a mais importante da atual moradia.

Para os moradores do Santa Cruz a vizinhança agradável foi o atributo mais importante para a escolha da moradia, enquanto que os moradores do Conjunto Habitacional Maria de Lourdes, habituados às elevadas temperaturas do período vespertino e o arrefecimento noturno produzido pela área verde próxima, associaram o imaginário de moradia ideal a um lugar com um clima agradável. Com um nível de similaridade muito baixo os moradores do Jardim Itália associaram ao atributo “Empresarial e Comercial”, e os moradores do Renascer ao atributo “Moderno e Elegante”, uma imagem de residência em total contraposição a atual condição de moradia destes últimos.

Questionados sobre a satisfação com a atual residência, os moradores do Renascer, bairro carente de infraestrutura, equipamentos públicos, lazer, segurança e áreas verdes, mostraram-se mais descontentes com a atual moradia, seguidos pelos moradores do Jardim Itália, vizinho do Renascer, com melhores condições estruturais, porém também abandonado pelos serviços públicos. Nos demais bairros a satisfação com a atual moradia foi quase uma unanimidade entre os entrevistados. Nas justificativas dos moradores do Santa Cruz foram muito comuns referências às áreas verdes do bairro como: “lugar maravilhoso de se morar”, “essencial manter o lugar bem arborizado”, “bastante árvores” ou “bem mais fresco”.

Ainda em relação às impressões a respeito dos seus bairros, os moradores do Santa Cruz, do Conjunto Habitacional Maria de Lourdes e do Jardim Itália consideraram os seus bairros com temperaturas mais amenas que os demais lugares da cidade, por outro lado os moradores do Renascer e do Jardim das Américas reconheceram os seus bairros como lugares de temperaturas elevadas. As impressões dos moradores corresponderam em parte aos resultados dos ambientes térmicos de cada bairro apresentados nos itens anteriores. Esta constatação sugere que essa percepção climática a partir das configurações espaciais de um ambiente pode ser responsável para a escolha do local de moradia por um indivíduo.

Os moradores do Santa Cruz e do Jardim das Américas consideraram os seus bairros arborizados e, a maior parte deles, disseram manter árvores a frente de suas residências. Moradores do Jardim Itália, Renascer e do Conjunto Habitacional Maria de Lourdes, na sua maioria, responderam de forma negativamente estas questões. No Conjunto Habitacional Maria de Lourdes, mesmo reconhecendo a mata que envolve o bairro como muito importante para a amenização climática do bairro, não consideraram como parte deste, uma vez que se encontra em áreas particulares. Neste bairro a arborização urbana considerou apenas espécies da região, sem considerar aspectos de copa e descuidade, de forma que muitas destas árvores foram retiradas com o argumento de danificarem as calçadas ou por um sombreamento ineficiente.

Quesitos julgados como importantes para o bem-estar no espaço são fortes características do sentimento topofílico para com o lugar. Dentro desta definição, na comparação entre os bairros, os moradores do Santa Cruz apresentaram maiores laços afetivos com o lugar em que residem, baseados em parte pelo papel, psicológico e climático, desempenhado pela vegetação ainda exuberante do bairro.

## 6 CONCLUSÃO

As análises estatísticas dos dados provenientes do monitoramento do ambiente térmico desta região da cidade de Cuiabá, MT, conduziram a resultados que, além de confirmarem a hipótese de que as áreas vegetadas influenciam a temperatura do ar do entorno próximo, demonstraram a extensão desta influência, que variou conforme o período do dia e a estação do ano, maior na seca, reduzida na úmida. Segundo a distribuição Weibull aplicada aos dados, a temperatura do ar seria a menor possível em um dado lugar e horário se a área de influência do seu ambiente térmico fosse completamente vegetada.

A definição dos pontos de transição de um ambiente climático para outro permitiu concluir que o padrão de distribuição das áreas de vegetação arbórea também contribuiu para a formação dos ambientes térmicos urbanos. Em recortes do espaço urbano com baixos percentuais de área vegetada, inferiores a 20% da área de influência, a fragmentação dessa vegetação atuou de forma mais decisiva nos ambientes térmicos, sendo que nesses casos uma vegetação menos fragmentada resultou, mesmo que discretamente, em redução de temperatura do ar.

A fragmentação das áreas verdes, medida de difícil quantificação, foi descrita com muita propriedade pela dimensão fractal. Este índice ainda foi útil para ajudar a compreender a evolução do espaço urbano da cidade nos últimos 30 anos. O aumento da dimensão fractal das áreas urbanizadas e a sua redução para os fragmentos arbóreos neste período explicaram, respectivamente, o aumento e a diminuição da complexidade do padrão de ocupação de cada classe na região da grande Cuiabá.

Além da dimensão fractal, os outros índices de fragmentos, entre eles os índices de forma e de agregação também se mostraram bastante eficientes nestas quantificações, com sensibilidade suficiente para detectar a maior velocidade de urbanização ocorrida no período de 1980 a 1995. A aplicação desses índices para a

quantificação da estrutura dos bairros permitiu aprofundar a análise dos padrões espaciais, como informações adicionais para um estudo do uso e ocupação dos solos e as relações com o ambiente térmico do lugar.

Os ambientes térmicos para os horários padrões de 08 h, 14 h e 20 h, em ambas as estações, foram caracterizados satisfatoriamente, após o tratamento geoestatístico dos dados coletados pelo método do transecto móvel, pelos mapas de superfícies contínuas construídos pelo método da krigeagem. As análises desses mapas confirmaram, visualmente, a influência dos fragmentos arbóreos sobre os ambientes dos bairros do estudo.

Os bairros Renascer e Jardim das Américas Horizontal apresentaram ambientes térmicos muito parecidos. A proximidade, além de apresentarem estruturas espaciais quantitativamente semelhantes, de acordo com as métricas da paisagem, pode explicar este comportamento. O Conjunto Habitacional Maria de Lourdes, recém-construído, contrapondo a todos os estudos voltados ao clima urbano, apresenta estruturas espaciais caracterizadas pelas elevadas densidade de construções e impermeabilização dos solos, reduzidas arborização pública e áreas verdes, além da inexistência de quintais nas residências. Marcado pela contradição, no lugar foi registrada a maior temperatura do estudo, de 42,4 °C, no período vespertino da estação seca, no entanto, no período noturno das duas estações, o padrão de construções térreas sofre o efeito de arrefecimento do ar produzido pela forte influência da mata que abraça o bairro.

Na porção verticalizada do Jardim das Américas foi possível localizar uma ilha de calor para a região do estudo. Com temperaturas mais elevadas no período noturno, com amplitudes da ordem de +4,0 °C na estação chuvosa e +6,8 °C na estação seca, em relação aos ambientes mais amenos da área de estudo, o lugar se configura como uma ilha de calor de intensidade forte a muito forte. Protegida pelos edifícios durante o dia, a energia associada ao sistema faz com que a região, a partir das 22 h, apresente as temperaturas mais elevadas do estudo no período noturno.

A forte influência de uma região com um percentual elevado de fragmentos arbóreos pôde ser percebida nos bairros Jardim Itália e Santa Cruz. No Jardim Itália, com características próximas ao Renascer e ao Jardim das Américas Horizontal, a presença de um grande fragmento arbóreo fez com que a temperatura média deste

bairro fosse, em todos os horários, inferior às registradas nos bairros com padrões espaciais semelhantes. No Santa Cruz, o elevado percentual de áreas verdes, bem distribuído por todo o bairro, resultou em um ambiente térmico, em média, com menores registros que os demais bairros em todos os períodos das duas estações, além do registro da menor temperatura do ar para o estudo, de 23,0 °C, às 6 h da estação seca.

Essa característica de clima ameno, comparativamente aos demais bairros do estudo, além das outras funções da vegetação no ambiente urbano, justificaram os maiores laços afetivos encontrados entre os moradores do Santa Cruz e o lugar em que residem. Porém, infelizmente, a imagem de moradia da maior parte dos entrevistados esteve maior fortemente associada aos atributos “bom investimento” e “boa localização”, ficando em segundo plano as melhores condições ambientais do lugar de morada.

Construída ao longo da história de vida da pessoa, a imagem de residência de um indivíduo vem da sua interação com o lugar que vive. Assim, talvez a nossa história recente não traga boas lembranças dos nossos espaços modernos, públicos ou privados, muitas vezes locados em situações improvisadas, ambientalmente inadequadas, que nem sequer lembram aquelas construções de outrora, adaptadas ao clima local, estas sim, são a própria extinção.

O valor do imóvel, pago ao longo da vida, também não pode ser subestimado nesta análise. A especulação imobiliária, o valor do aluguel, a dificuldade dos transportes podem justificar a percepção de moradia como investimento. Dessa maneira, em meio a tantas necessidades, a menor importância dada ao saneamento básico, a conservação de praças e áreas verdes, a proteção dos calores e frios do lugar, pode ter relação com o fato de não conhecermos o tempo em que as casas eram um refúgio contra o calor das tardes quentes, que também podia ser amenizado nos córregos, a sombra da vegetação destes ou das árvores dos generosos quintais.

A recuperação dos inúmeros córregos que cortam a cidade e a reconstituição da vegetação que os acompanha, constituída em parques urbanos, associadas a conservação das pequenas áreas verdes e a um programa efetivo de arborização de praças e vias públicas são políticas públicas que podem fornecer para cada bairro da

cidade o percentual e a distribuição das áreas verdes suficientes para uma melhor ambiência nestes espaços urbanos.

## **6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Os estudos realizados neste trabalho constituem uma pequena contribuição para a linha de pesquisa da análise microclimática de sistemas urbanos. Sugere-se que, numa eventual continuação desta pesquisa, a questão da influência da fragmentação e extensão das áreas vegetadas sobre os ambientes térmicos urbanos, importante para o planejamento das cidades, seja reavaliada por outras metodologias no sentido de precisar os resultados apresentados.

Durante o desenvolvimento do trabalho outras questões correlatas foram levantadas e agora servem como sugestões para trabalhos futuros:

- a. O estabelecimento de uma função de transferência entre a LST e a temperatura do ar próximo ao solo;
- b. A avaliação da utilização das métricas da paisagem aplicadas as áreas urbanizadas para o estudo dos ambientes térmicos urbanos. Neste trabalho as métricas foram aplicadas às áreas de vegetação arbórea;
- c. Investigações específicas de microclimas em áreas de morfologias verticalizadas nas cidades tropicais do interior do Brasil;
- d. Avaliação da influência dos corpos de água, lagos, córregos e rios, sobre os ambientes térmicos próximos;
- e. Estudos mais aprofundados a respeito da participação das condições ambientais na formação da imagem de moradia da população desta região do País.

## 7 BIBLIOGRAFIAS

### 7.1 BIBLIOGRAFIAS CITADAS

ABREU, L. V. **Estudo do Raio de Influência da Vegetação no Microclima por Diferentes Espécies Arbóreas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. 154f. Campinas, SP.

ABREU, L. V.; LABAKI, C. L. Conforto Térmico Propiciado por Algumas Espécies Arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, v.10, n.4, p.103-117. Out. 2010.

ABRIC, J. C. **Pratiques Sociales et Représentations**. Presses Universitaires de France: Paris, FRA, 1994. 253p.

ADDISON, E. E. **A Percepção Ambiental da População do Município de Florianópolis em Relação à Cidade**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. 151f. Florianópolis, SC.

AEROPORTO MARECHAL RONDON. In: WEATHER UNDERGROUND. **Histórico para Cuiabá Marechal Ron, Brazil**. Disponível em: <<http://www.wunderground.com/history/airport/SBCY/2011/09/05/DailyHistory.>> Acesso em 05 set. 2011.

ALVES, C. D.; SOUZA, I. M. E.; PEREIRA, M. N.; FLORENZANO, T. G. Mapeamento de Áreas Urbanizadas com o Uso de Imagens Landsat e Análise Orientada a Objeto. In: SIMPOSIO DE LA SOCIEDAD DE ESPECIALISTAS LATINOAMERICANOS EN PERCEPCION REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN ESPACIAL, 13, 2008, Havana. **Anais**. Havana, CUB: SELPER, 2008. p.28.

ANDRADE, L. M. V.; AXR, M. Tudo o que é Dito, é Dito por Alguém: a noção de cidade como espaço cognitivo. **Informática na Educação: teoria & prática**, v.3, n.1, p.85-100. Set. 2000.

ASSIS, T. A.; MIRANDA, J. G. V.; MOTA, F. B.; ANDRADE, R. F. S.; CASTILHO, C. M. C. Geometria Fractal: propriedades e características de fractais ideais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.30, n.2, p.1-10. Jul. 2008.

BACHELARD, G. **A Poética do Espaço**. 2. ed. Martins Fontes: São Paulo, 1993. 242p.

BACKES, A. R.; BRUNO, O. M. Técnicas de Estimativa da Dimensão Fractal: Um estudo comparativo. **INFOCOMP - UFLA**, v.4, n.3, p.50-58. Jul. 2005.

BARBIRATO, G. M. Modelo de Balanço de Energia Aplicado ao Caso da Cidade de Maceió - AL, e suas Implicações para o Planejamento Urbano. **Fórum Patrimônio** [on line], v.4, n.2. Set. 2010.

BARNESLEY, M. F. **Fractals Everywhere**. Academic Press: New York, USA, 1988. 426p.

BARROS, M. P. Fuga da Emboscada. **Diário de Cuiabá**, Cuiabá, MT, 20 jan. 2012. Artigos, p.03. Disponível em: <<http://www.diariodecuiaba.com.br>>.

BARROS, M. P.; MUSIS, C. R.; HORNICK, C. Parque da Cidade Mãe Bonifácia, Cuiabá-MT: toponímia e amenização climática em um fragmento de cerrado urbano. **REVSBAU**, v.5, n.2, p.01-18. Jun. 2010a.

BARROS, M. P.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; MUSIS, C. R. O Projeto de Parque Urbano e os Riscos da Exposição ao Calor. **Ambiente Construído**, v.10, n.2, p.147-156. Abr. 2010b.

BATTY, M. The Size, Scale, and Shape of Cities. **Science**, v.319, n.5864, p.769-771. Fev. 2008.

BROWN, W. K.; WOHLETZ, K. H. Derivation of the Weibull Distribution Based on Physical Principles and its Connection to the Rosin-rammler and Lognormal Distributions, **J. Appl. Phys.**, v.78, n.4, p.2758-2763, Ago. 1995.

BURROUGH, P. A. GIS and Geostatistics: essential partners for spatial analysis. **Environmental and Ecological Statistics**, v.8, n.4, p.361-377. Dez. 2001.

CAMARGO, E. C. G. Geoestatística: fundamentos e aplicações. **INPE**, 2008. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/5geoest.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf)> Acesso em 04 mar. 2010.

CAMPELO JÚNIOR, J. H.; CASEIRO, F. T.; PRIANTE FILHO, N.; BELLO, G. C. C.; MAITELLI, G. T.; ZAMPARONI, C. A. G. P. Caracterização Macroclimática de Cuiabá. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 3, 1991. Londrina. **Anais**. Londrina, PR: FUEL, 1991. p.545-552.

CAPORUSSO, D.; MATIAS, L. F.; CRUZ, J. R.; CARVALHO, J. C. B. Avaliação de Imagens Sintéticas do Satélite CBERS-2B (CCD/HRC) para Mapeamento do Uso da Terra: estudo de caso do entorno da Represa de Salto Grande no município de Americana (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. **Anais**. Natal, RN: INPE, 2009. p.1959-1966.

CAPRA, F. **A Teia da Vida**. Cultrix: São Paulo, 2006. 256p.

CARLOS, A. F. A. **A Cidade**. 2. ed. Contexto: São Paulo, 1995. 98p.

CARVALHO, J. R. P.; DECHEN, S. C. F.; DUFRANC, G. Uso da Geometria Fractal na Avaliação da Variabilidade Espacial de Parâmetros de Agregação do Solo em São Paulo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2, 2002, Viçosa. **Anais**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.5-10.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 3. ed. Edgard Blücher: São Paulo, 1999. 256p.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos: conforto ambiental**. 2. ed. Revan: Rio de Janeiro, 2003. 308p.

COSTA, D. F.; PERES, L. F.; SILVA, R. S. Identificação de Ilhas de Calor na Área Urbana de Ilha Solteira-SP Através da Utilização de Geotecnologias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. **Anais**. Natal: INPE, 2009. p.647-653.

CHEN, W; ZHOU, G. Comparison of the Effects of Selected Variables on Urban Surface Temperature. In: GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, 24, 2004, Anchorage. **Proceedings**. Anchorage, AK: IEEE International, 2004. p.3136-3139.

CUIABÁ. Lei Complementar n.º 150, de 29 de janeiro de 2007. Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico. **IPDU/Prefeitura Municipal de Cuiabá**, Cuiabá, 2007.

DE MUSIS, C. R.; CARVALHO, S. P.; NIENOW, N. S. Avaliação da Saturação de Questões Abertas Utilizando Simulação Monte Carlo. **Revista de Educação Pública**. v.18, n.38, p.505-516. Set. 2009.

DIBARI, J. N. Evaluation of Five Landscape-level Metrics for Measuring the Effects of Urbanization on Landscape Structure: the case of Tucson, Arizona, USA. **Landscape and Urban Planning**, v.79, n.3-4, p.308-313. Mar. 2007.

DIMOUDI, A.; NIKOLOPOULOU, M. Vegetation in the Urban Environment: microclimatic analysis and benefits. **Energy and Buildings**, v.35, n.1, p. 69-76. Jan. 2003.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. EMBRAPA: Brasília, 2004. 209p.

FALCONER, K. J. **Fractal Geometry: mathematical foundations and applications**. 2. ed. John Wiley & Sons Ltda: Chichester, UK, 2003. 337p.

FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.; MACHADO, R. V. Imagens da Câmera HRC do Satélite CBERS-2B no Mapeamento do Campus da Universidade Federal de Lavras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. **Anais**. Natal, RN: INPE, 2009. p.2017-2024.

FORMAN, R. T. T. **Land Mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge University Press: New York, USA, 1995. 632p.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. John Wiley & Sons: New York, USA, 1986. 619p.

FREIRE, J. D. L. **Por uma Poética Popular da Arquitetura**. EdUFMT: Cuiabá, 1997. 331p.

FUKUI, Y. A Study on Surface Temperature Patterns in the Tokyo Metropolitan Area Using ASTER Data. **Geosciences Journal**, v.7, n.4, p.343-346. Dez. 2003.

GALDINO, Y. S. N.; ANDRADE, L. M. S. Interações entre a Cidade e Paisagem ao longo da Sub-Bacia do Barbado, Cuiabá – MT. ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 4, 2008, Brasília. **Anais**. Brasília: Anppas, 2008. p.1-19.

GOOGLE EARTH. **Aplicativo de Imagens de Satélites**. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em 04 fev. 2010.

GONÇALVES, C. D. A. B.; PEREIRA, M. N.; SOUZA, I. M. Uso de Imagens CBERS Para Mapeamento de Uso do Solo Urbano como Subsídio ao Planejamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais**. Goiânia, GO: INPE, 2005. p.969-977.

GRAS, R.; ALMOULOU, S. A. A Implicação Estatística Usada como Ferramenta em um Exemplo de Análise de Dados Multidimensionais. **Revista Educação Matemática Pesquisa**. v.4, n.2, p.01-12. Set. 2002.

GRUPO DE PESQUISA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E DINÂMICA SUPERFICIAL – GPCGDS/UFMT. **Caracterização e Delimitação Cartográfica das Áreas de Preservação Permanente (APP'S) e de Zonas de Interesse Ambiental (ZIA'S) na Área Urbana de Cuiabá**. SMADES/Prefeitura Municipal de Cuiabá: Cuiabá, 2008. 52p.

GIVONI, B. **Climate Considerations in Building and Urban Design**. John Wiley & Sons: New York, USA, 1998. 464p.

- GLANCEY, J. A **História da Arquitetura**. Loyola: São Paulo, 2007. 240p.
- GUARIM, V. L. M. S.; VILANOVA, S. R. F. **Parques Urbanos de Cuiabá, Mato Grosso: Mãe Bonifácia e Massairo Okamura**. Entrelinhas-EdUFMT: Cuiabá, 2008. p.112.
- GUIMARÃES, D. P. **Uma Função Hiperbólica de Distribuição Probabilística de Alta Flexibilidade**. EMBRAPA: Brasília, 2002. 38p.
- GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística Básica e Aplicada**. UFU: Uberlândia, 2004. 77p.
- HEROLD, M.; GOLDSTEIN, N.; CLARKE, K. C. The Spatio-temporal Form of Urban Growth: measurement, analysis and modeling. **Remote Sensing of Environment**, v.86, n.3, p.286-302. Ago. 2003.
- HIGA, T. C. S. Processo de Ocupação e Formação Territorial. In: Morene G.; Higa T. C. S. organizadores. **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade e ambiente**. Entrelinhas: Cuiabá, 2005. 296p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Primeiros Resultados do Censo 2010**, 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em 14 dez. 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Base de dados CBERS e Landsat**, 2009a. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/>>. Acesso em 12 jul. 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **SPRING: Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas**, 2009b. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/spring>>. Acesso em 12 jul. 2009.
- JUSUF, S. K.; WONG, N. H.; HAGEN, E.; ANGGORO, R.; HONG, Y.; CHEN, Y. Study of Green Areas and Urban Heat Island in a Tropical City. **Habitat International**, v.31, n.2, p.232-242. Jun. 2007.
- KAISER, I. M.; FARIA, J. R. G. Validation of Transects For Air Temperature and Moisture Profiles Measurements in Urban Areas Under High Diurnal Air Temperatures Variation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 18, 2001, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis, SC: PLEA/ANTAC/UFSC, 2001, p.571-575.
- KATZCHNER, L. Urban Climate Studies as Tools for Urban Planning and Architecture. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4, 1997, Salvador. **Anais**. Salvador, BA: FAUFBA/ANTAC, 1997. p.49-58.

LAMAS, J. M. R. G. **Morfologia Urbana e Desenho da Cidade**. 3. ed. Fundação Calouste Gulbenkian. Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica: Lisboa, PRT, 2004. 590p.

LENZHOLZER, S.; KOH, J. Immersed in Microclimatic Space: microclimate experience and perception of spatial configurations in Dutch squares. **Landscape and Urban Planning**, v.95, n.1-2, p.1-15. Mar. 2010.

LEONARDI, F.; OLIVEIRA, C. G.; FONSECA, L. M. G.; ALMEIDA, C. M. Fusão de Imagens CBERS 2B: CCD-HRC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. **Anais**. Natal, RN: INPE, 2009. p.6951-6958.

LI, J.; WANG, X.; WANG, X.; MA, W.; ZHANG, H. Remote Sensing Evaluation of Urban Heat Island and Its Spatial Pattern of the Shanghai Metropolitan Area, China. **Ecological Complexity**, v.32, n.6, p.413-420. Mar. 2009.

LI, Y.; ZHUA, X.; SUNA, X.; WANG, F. Landscape Effects of Environmental Impact on Bay-area Wetlands Under Rapid Urban Expansion and Development Policy: a case study of Lianyungang, China. **Landscape and Urban Planning**, v. 94, n.3, p.218-227. Mar. 2010.

LING, Y.; EHLERS, M.; USERY, E. L.; MADDEN, M. F. Effects of Spatial Resolution Ratio in Image Fusion. **International Journal of Remote Sensing**, v.29, n.7, p.2157-2167. Abr. 2008.

LLINARES, C.; PAGEB, A. F. Differential Semantics as a Kansei Engineering Tool for Analysing the Emotional Impressions Which Determine the Choice of Neighbourhood: the case of Valencia, Spain. **Landscape and Urban Planning**, v.87, n.4, p.247-257. Set. 2008.

LOBO, L. **Presta Sentido e Põe Reparo**. Carlini & Caniato: Cuiabá, 2010. 176p.

LYNCH, K. **La Buena Forma de La Ciudad**. Gustavo Gili: Barcelona, ESP, 1985. 364p.

MAITELLI, G. T. Interações Atmosfera-Superfície. In: Morene G.; Higa T. C. S. organizadores. **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade e ambiente**. Entrelinhas: Cuiabá, 2005. 296p.

MAITELLI, G. T. **Uma Abordagem Tridimensional de Clima Urbano em Área Tropical Continental: o exemplo de Cuiabá - MT**. 1994. Tese (Doutorado em Geografia) Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 204f. São Paulo, SP.

MANDELBROT, B. B. **The Fractal Geometry of Nature**. W. H. Freeman & Co.: San Francisco, 1975. 490p.

MARCIOTTO, E. R. **Estudo da Influência de um Dossel Urbano sobre o Balanço de Energia na Superfície e Implicações na Estrutura Vertical da Camada Limite Atmosférica**. 2008. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Meteorologia) Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. 124f. São Paulo, SP.

MARQUES, A. J. **Mapeamento de Fragmentos de Mata no Município de Maringá, PR: uma abordagem da Ecologia da Paisagem**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. 102f. Presidente Prudente, SP.

MASCARÓ, L. E. A. R. **Ambiência Urbana**. 1. ed. Sagra-D.C. Luzzatto: Porto Alegre, 1996. 199p.

MASCARÓ, L. E. A. R.; MASCARÓ, J. L. **Vegetação Urbana**. 2. ed. +4: Porto Alegre, 2005. 204p.

MAAS, J.; VERHEIJ, R. A.; GROENEWEGEN, P. P.; de VRIES, S.; SPREEUWENBERG, P. Green Space, Urbanity, and Health: how strong is the relation? **Journal of Epidemiology and Community Health**. v.60, n.7, p.587-592. Jul. 2006.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: Portland, USA, 1995. 132p.

MENDONÇA, F. Clima e Planejamento Urbano em Londrina. In: Monteiro C. A. F.; Mendonça F. organizadores. **Clima Urbano**. Contexto: São Paulo, 2003. 192p.

MLODINOW, L. **O Andar do Bêbado: como o acaso determina nossas vidas**. Jorge Zahar: Rio de Janeiro, 2009. 249p.

MOON, F. **Chaotic and Fractal Dynamics: an introduction for applied scientists and engineers**. 2. ed. John Wiley & Sons: New York, USA, 1992. 528p.

MORAES, E. C.; CARDOZO, F. S.; KRIEGER, G. P.; PEREIRA, G.; PRADO, B.R. Estudo da Evolução Urbana da Região Conurbada da Grande Florianópolis/SC (1985 a 2009). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2009, Viçosa. **Anais**. Viçosa, MG: UFV, 2009. p.1-9.

MOREIRA, I. C. Fractais. In: Nussenzveig, H. M. organizador. **Complexidade e o Caos**. 3. ed. UFRJ/COPEA: Rio de Janeiro, 1999. 276p.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. In: Monteiro C. A. F.; Mendonça F. organizadores. **Clima Urbano**. Contexto: São Paulo, 2003. 192p.

NOVACK, T.; KARAM, H. A.; LUCHIARI, A.; CLARO, M. S.; PEREIRRA FILHO, A. J. Mapeamento Automático de Padrões de Urbanização e Cobertura da Terra na Região Metropolitana de São Paulo Utilizando Imagens CCD-CBERS-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis, SC: INPE, 2007. p.1001-1008.

NUNES, R. S. R. **Geometria Fractal e Aplicações**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. 78f. Porto, Portugal.

OKE, T. R. The Energetic Basis of the Urban Heat Island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.108, n.455, p.1-24. Jan. 1982.

OSHO. **Vida, Amor e Riso**. 6. ed. Gente: São Paulo, 2001. 282p.

OWEN, T. W.; CARLSON, T. N.; GILLIES, R. R. An Assessment of Satellite Remotely-sensed Land Cover Parameters in Quantitatively Describing the Climatic Effect of Urbanization. **International Journal of Remote Sensing**, v.19, n.9, p.1663-1681. Jun. 1998.

PEZZUTO, C. C. **Avaliação do Ambiente Térmico nos Espaços Urbanos Abertos. Estudo de caso em Campinas, SP**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. 197f. Campinas, SP.

PIAIA, I. I. **Geografia de Mato Grosso**. 3. ed. EDUNIC: Cuiabá, 1997. 184p.

PORTUGALI, J. **Self-organization and the City**. Springer: Berlin, DEU, 2000. 352p.

PRATA, A. S.; FROTA, A. B.; CELANI, G. Modelos Físicos na Análise de Ventilação Urbana: o uso do túnel de vento. **Fórum Patrimônio** [online], v.4, n.2. Set. 2010.

PRETOR-PINNEY, G. **Guia do Observador de Nuvens**. Intrínseca: Rio de Janeiro, 2008. 320p.

ROMERO, M. A. B. Desenho da Cidade e Conforto Ambiental. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**, v.7, n.1, p.12-19. Mar. 2006.

ROSSI, F.; KRÜGER, E. L. Análise da Variação de Temperaturas Locais em Função das Características de Ocupação do Solo em Curitiba. **RAE GA**, v.2, n.10. p.93-105. Jul. 2005.

SAARONI, H.; BEN-DOR, E.; BITAN, A.; POTCHTER, O. Spatial Distribution and Microscale Characteristics of the Urban Heat Island in Tel-Aviv, Israel. **Landscape and Urban Planning**, v.48, n.1-2, p.1-18. Abr. 2000.

SAKAI, S.; IIZAWA, I.; ONISHI, M.; NAKAMURA, M.; KOBAYASHI, K.; MITSUNAGA, M.; FURUYA, K. Fractal Geometry of the Ground Surface and Urban Heat Island. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 7, 2009. Yokohama. **Anais**. Yokohama, JPN: IAUC, 2009. p.1-4.

SALINGAROS, N. A. Complexity and Urban Coherence. **Journal of Urban Design**, v.5, n.3, p.291-316. Out. 2000.

SALINGAROS, N. A. Connecting the Fractal City. In: SALINGAROS, N. A. organizador. **Principles of Urban Structure**. Techne Press: Amsterdam, NLD, 2005. 252p.

SANTOS, J. A. L. Dia Mundial do Urbanismo. **Diário de Cuiabá**, Cuiabá, MT, 09 nov. 2010. Disponível em: <<http://www.diariodecuiaba.com.br>>. Acesso em 22 jul. 2011.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. 5. ed. Hucitec: São Paulo, 1993. 176p.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4. ed. Edusp: São Paulo, 2002. 288p.

SARAIVA, A. G. S.; SOUSA, R. F.; DANTAS, I. R.; GUIMARÃES, C. L.; GADELHA, A. G. Utilização de dados CBERS-2B no Estudo de Uso e Ocupação das Terras Semi-Áridas: o caso do município de Piancó-PB. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3, 2010, Recife. **Anais**. Recife, PE: UFPE, 2010. p.01-07.

SARTÓRI, M. G. B. A Dinâmica do Clima do RS: indução empírica e conhecimento científico. **Revista Terra Livre**, v.1, n.20, p.27-49. Jan. 2003.

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E. Geometry and Orientation Aspects in Passive Cooling of Canyon Streets With Trees. **Energy and Buildings**, v.35, n.1, p.61-68. Jan. 2003.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; CAVALCANTI, C. G. B.; SILVA, D. D. P. S.; SOARES, I. B.; OLIVEIRA, J. A. S.; SILVA, C. D. P. S. LAB Fit Ajuste de Curvas: um software em português para tratamento de dados experimentais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.26, n.4, p.419-427. Dez. 2004.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, H. Alterações da Temperatura em Ambientes Externos de Favela e Desconforto Térmico. **Saúde Pública** [online], v.40, n.4, p.663-670. Ago. 2006.

SIQUEIRA, E. M. **História de Mato Grosso: da ancestralidade aos dias atuais**. Entrelinhas: Cuiabá, 2002. 272p.

STEEN, L. A. The Science of Patterns. **Science**, v.240, n.4852, p.611-616. Abr. 1988.

STYERS, D. M.; CHAPPELKA, A. H.; MARZEN, L. J.; SOMERS, G. L. Developing A Land-cover Classification To Select Indicators Of Forest Ecosystem Health In A Rapidly Urbanizing Landscape. **Landscape and Urban Planning**, v. 94, n.3, p.158-165. Mar. 2010.

TANG, J.; WANG, L.; YAO, Z. Analyses of urban landscape dynamics using multi-temporal satellite images: a comparison of two petroleum-oriented cities. **Landscape and Urban Planning**, v.87, n.4, p.269-278. Set 2008.

TUAN, Y F. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. Difel: São Paulo, 1980. 288p.

TURNER, M. G. Landscape Ecology: the effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.20, p.171-197. Nov. 1989.

VILARINHO NETO, C. S. Dinâmica Urbana Regional. In: Morene G.; Higa T. C. S. organizadores. **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade e ambiente**. Entrelinhas: Cuiabá, 2005. 296p.

VILELA, M. J.; MARTINS, M. L.; BOSCHETTI, S. R. Fractal Patterns for Cells in Culture. **The Journal of Pathology**, v.177, n.1, p.103-107. Set. 1995.

WENG, Q. Fractal Analysis of Satellite-Detected Urban Heat Island Effect. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.69, n.5, 2003, p.555-566. Mai. 2003.

YAMAJI, F. M.; LINGNAU, C.; SANQUETTA, C. R. Uso dos Fractais na Análise da Fragmentação de uma Floresta Através de Imagens de Satélite. **Revista Floresta**, v.32, n.1, p. 111-119. Mar. 2002.

YU, C.; WONG, N. H. Thermal Benefits of City Parks. **Energy and Buildings**, v.38, n.2, p.105-120. Fev. 2006.

## 7.2 BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1998. 332p.

BARRA, E. **Paisagens Úteis: escritos sobre paisagismo**. Senac/Mandarim: São Paulo, 2006. 140p.

CONTI, J. B. **Clima e Meio Ambiente**. Atual: São Paulo, 1998. 89p.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. Studio Nobel: São Paulo, 1988. 228p.

JANSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos Terrestres**. 2. ed. Parêntese. São José dos Campos, 2009. 604p.

KATZSCHNER, L.; THORSSON, S. Microclimatic Investigations as Tool for Urban Design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE.7, 2009. Yokohama. **Proceedings**. Yokohama, JPN: IAUC, 2009. p.01-04.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrópolis. O exemplo de São Paulo**. Hucitec: São Paulo, 1985. 244p.

MONTEIRO, A. M. V.; ALMEIDA, C. M.; CÂMARA, G. **Geoinforma o em Urbanismo: cidade real x cidade virtual**. Oficina de Textos: São Paulo, 2007. 368p.

PRIGOGINE, I. **O Fim das Certezas: tempo, caos e as leis da natureza**. Universidade Estadual Paulista: São Paulo, 1996. 199p.

RIVERO, R. **Arquitetura e Clima: condicionamento térmico natural**. 2 ed. DC Luzzato: Porto Alegre, 1986. 240p.

SANTOS, M. **Da Totalidade ao Lugar**. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2005. 176p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplica es brasileiras**. Nobel: São Paulo, 1992. 374p.

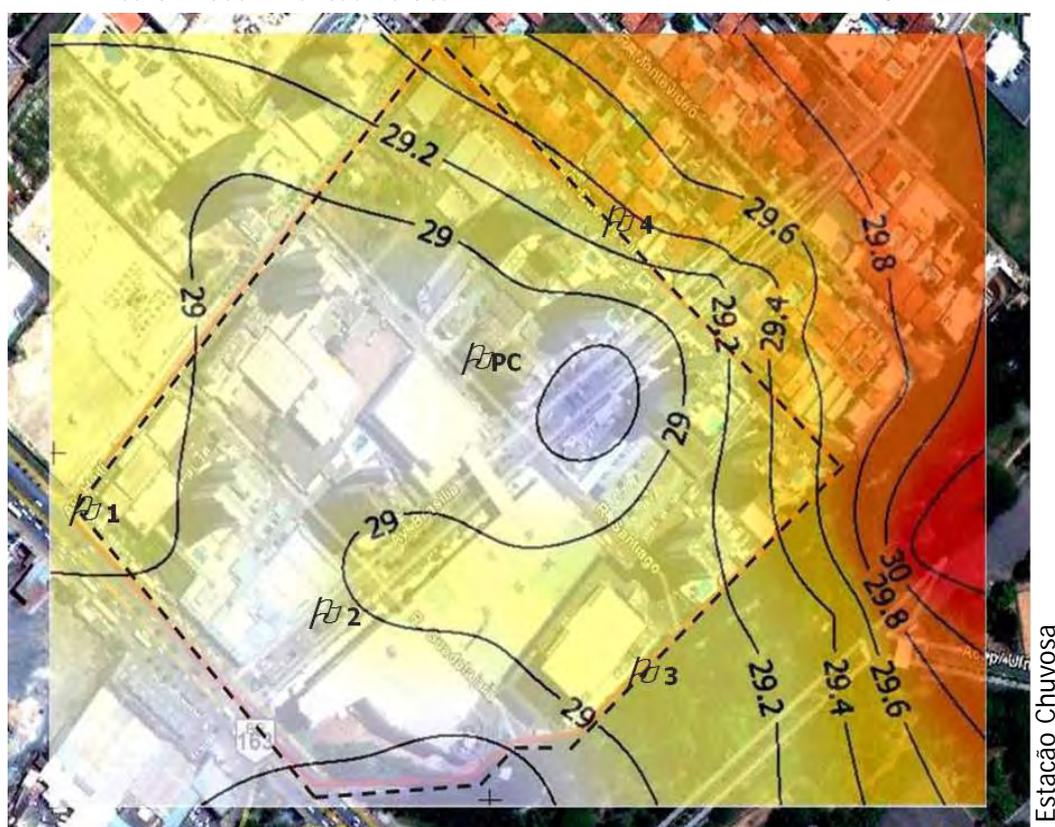
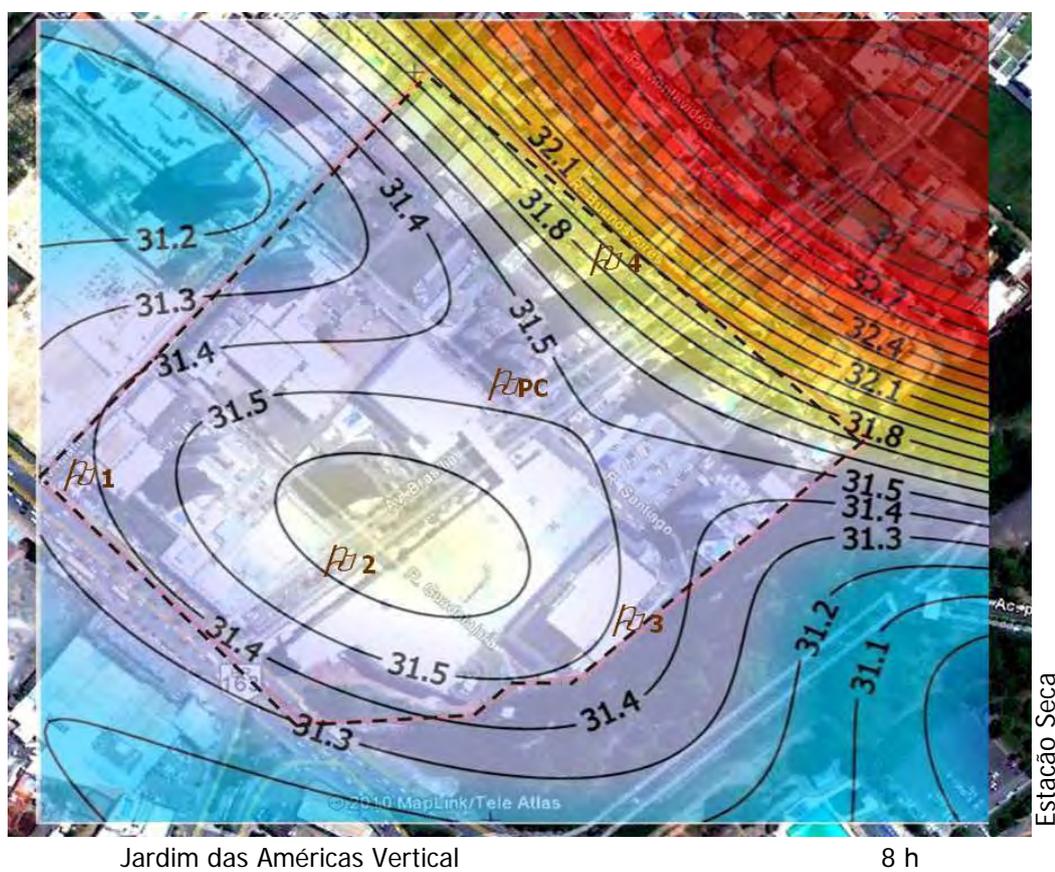
## ANEXO I – Roteiro Definitivo de Entrevistas

Bairro:	
Idade: _____ Sexo: _____ Profissão: _____	
<p>“Supondo que eu procuro um imóvel neste bairro, eu gostaria de viver aqui? Liste três primeiras razões que lhe vem a cabeça.</p>	
(     ) Sim	(     ) Não
(     )	
(     )	
(     )	
<p>Enumere as razões conforme a ordem de importância e as indique entre os parêntesis. Explique cada uma das razões citadas.</p>	
_____	
_____	
_____	
_____	
<p>“Comparativamente a outras regiões da cidade que você conhece, como você classifica o seu bairro?”</p>	
(     ) Ameno	(     ) Quente
<p>“Da mesma forma, a sua rua é arborizada?”</p>	
(     ) Sim	(     ) Não
<p>“Existe uma árvore a frente da sua casa?”</p>	
(     ) Sim	(     ) Não

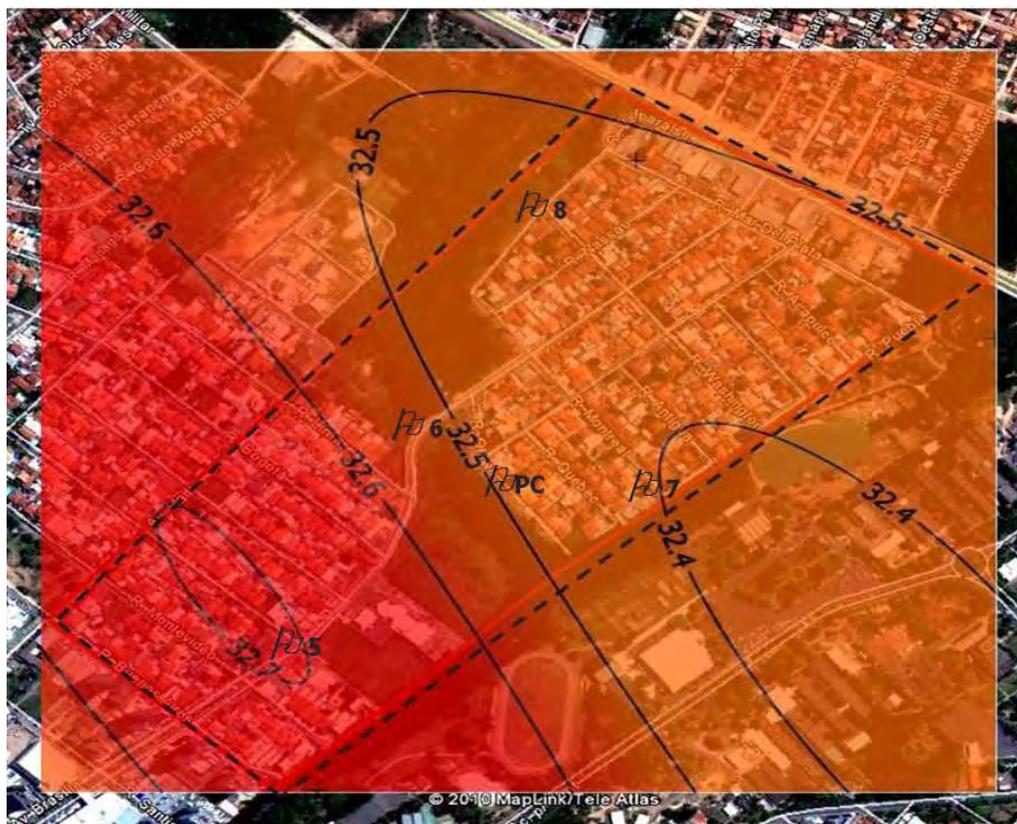
Marque dentre os adjetivos de um imóvel para a compra os dois itens mais importantes para sua escolha.

- (        ) ANIMADO E DINÂMICO: vida noturna, serviços de lazer.
  
- (        ) BOA LOCALIZAÇÃO: fácil acesso, bem situado.
  
- (        ) BOM INVESTIMENTO: expansão promissora, perspectiva de futuro.
  
- (        ) CLIMA AGRADÁVEL: áreas de lazer, muito verde.
  
- (        ) ELEGANTE E MODERNO: prestígio, requinte.
  
- (        ) EMPRESARIAL E COMERCIAL: boas lojas, área de negócios.
  
- (        ) ÚNICO E ESPECIAL: essencial, sem igual.
  
- (        ) VIZINHANÇA AGRADÁVEL: amigável, tranquila.

## APÊNDICE I – Mapas dos Ambientes Térmicos



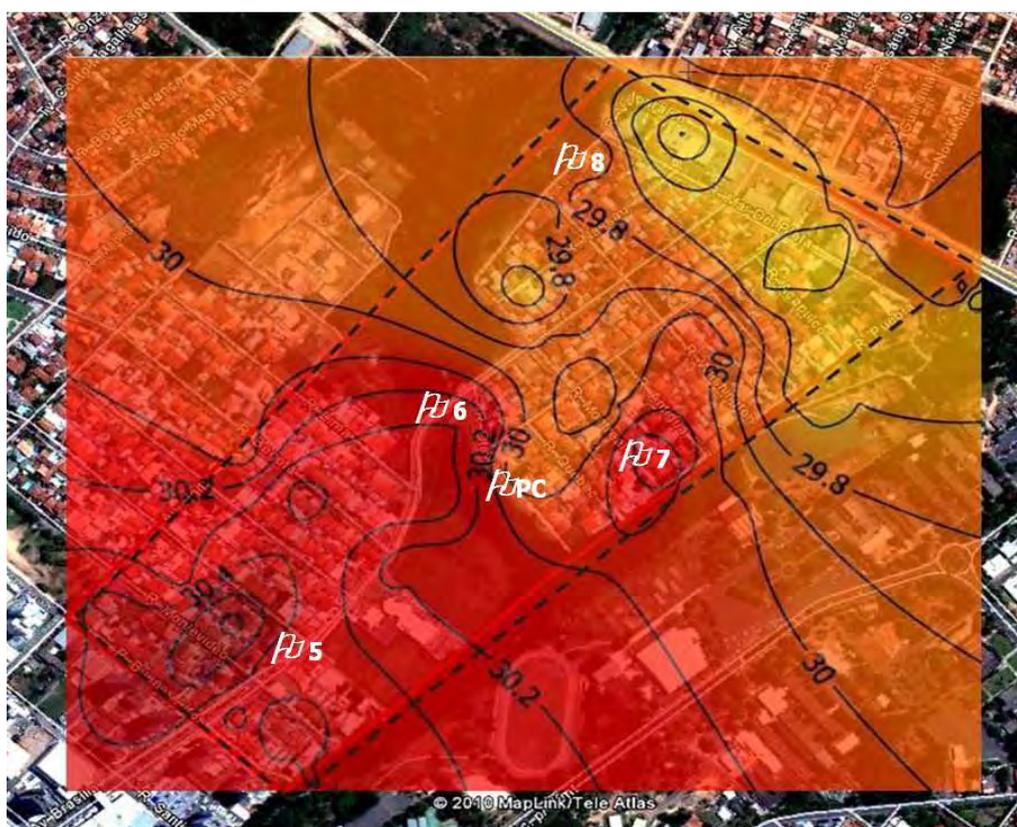
Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.



Estação Seca

Jardim das Américas Horizontal

8 h



Estação Chuvosa

Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.



Estação Seca

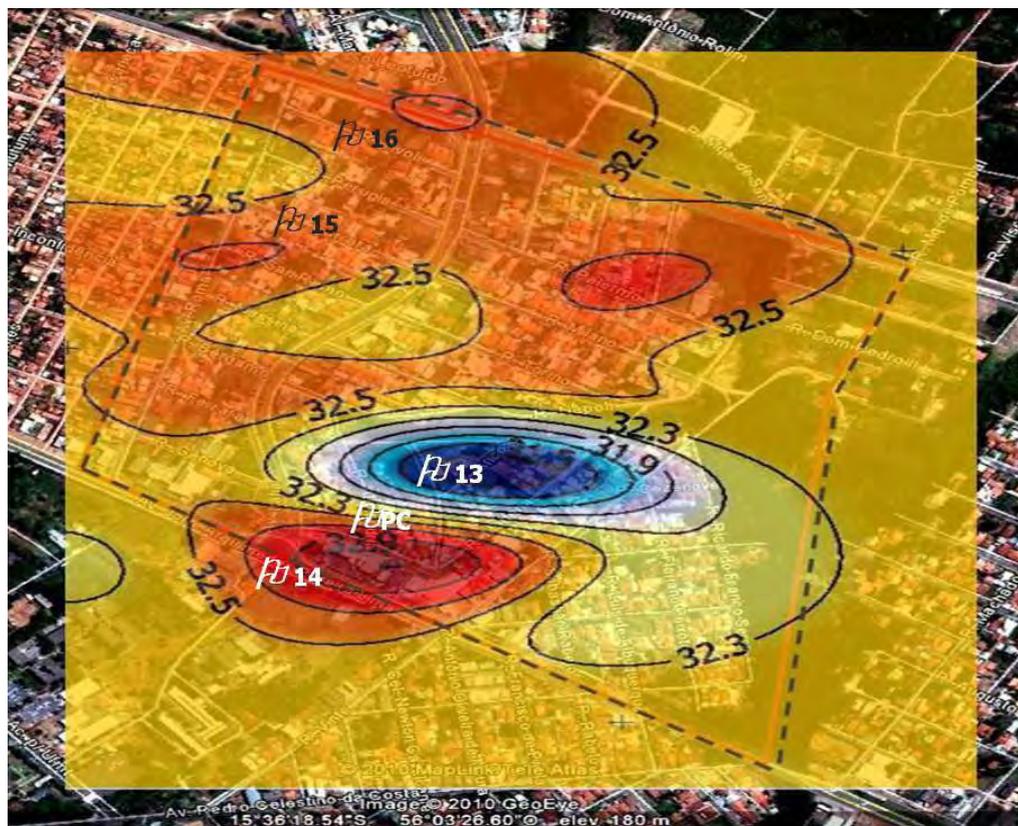
Renascer

8 h



Estação Chuvosa

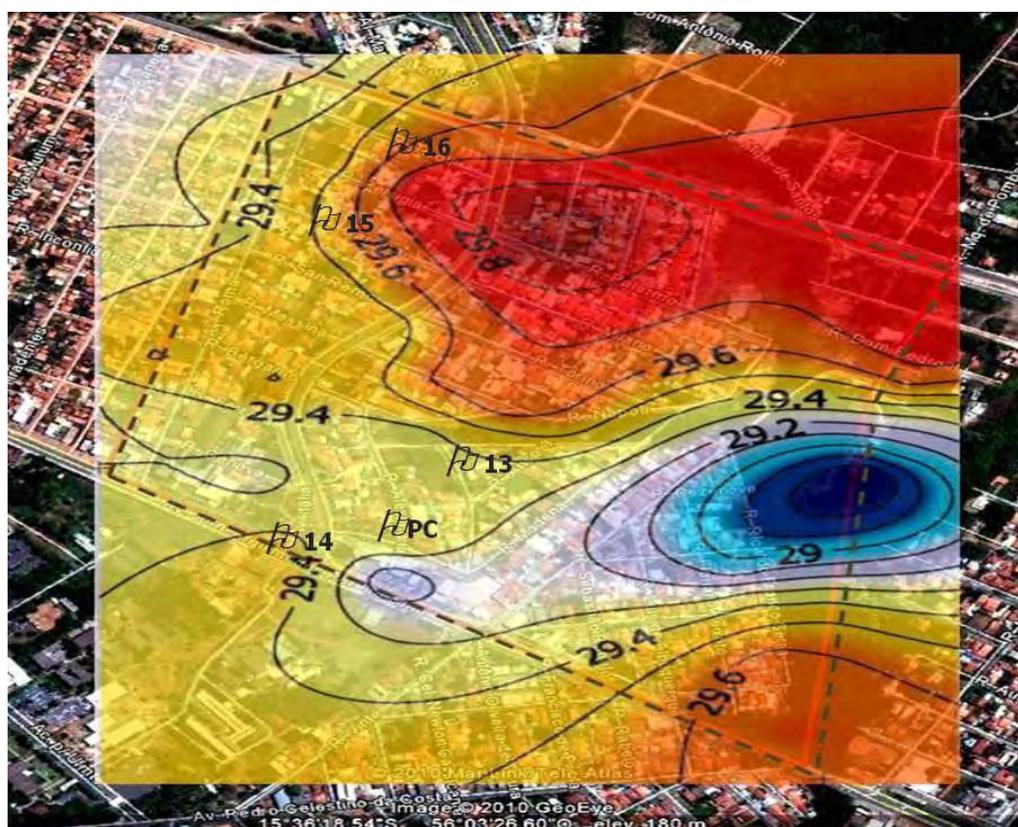
Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.



Estação Seca

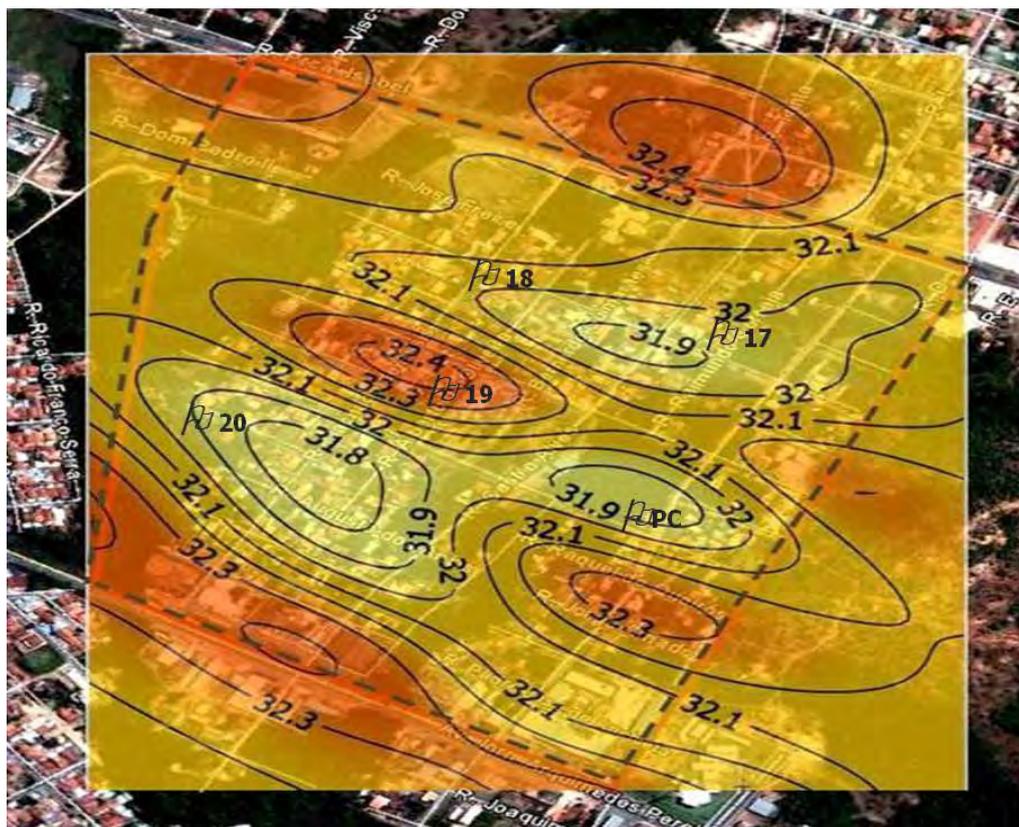
Jardim Itália

8 h



Estação Chuvasa

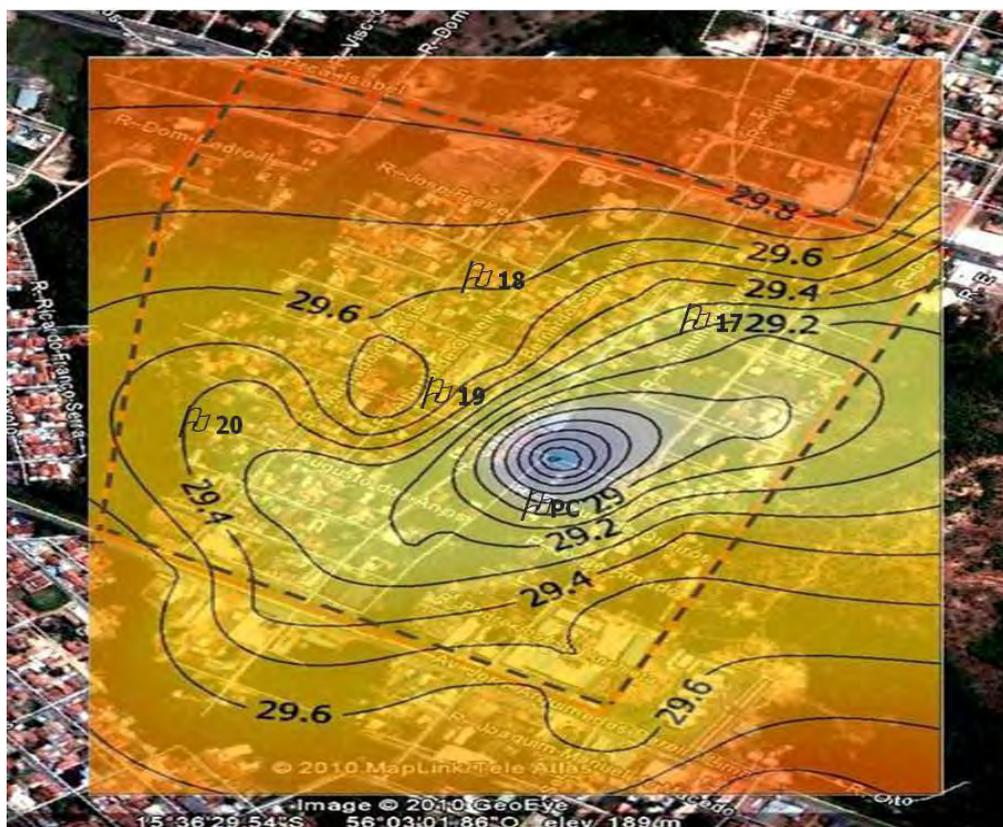
Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.



Estação Seca

Santa Cruz

8 h



Estação Chuvosa

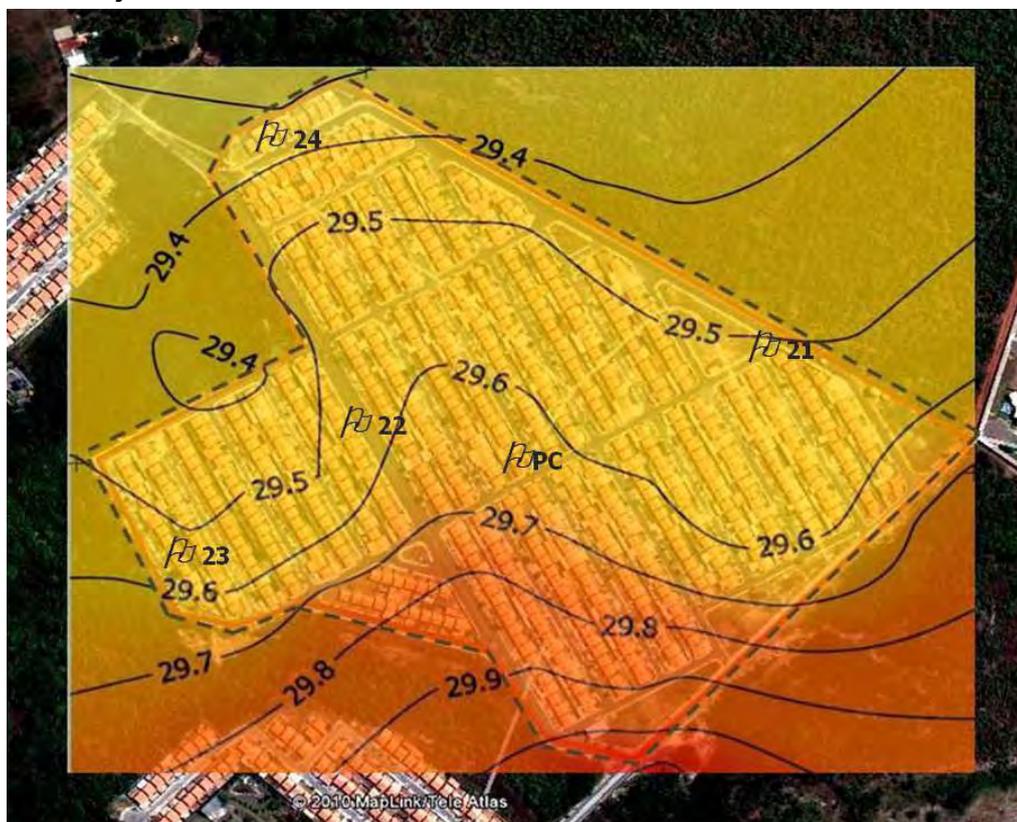
Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.



Estação Seca

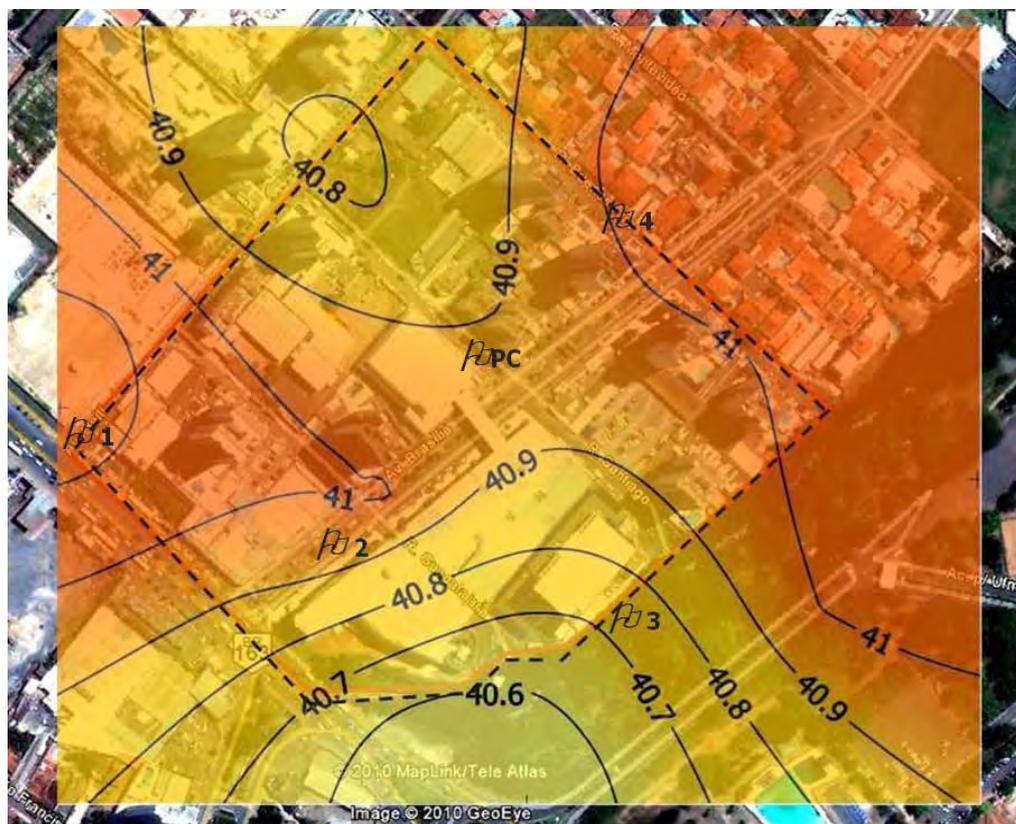
Conjunto Habitacional Maria de Lourdes

8 h



Estação Chuvosa

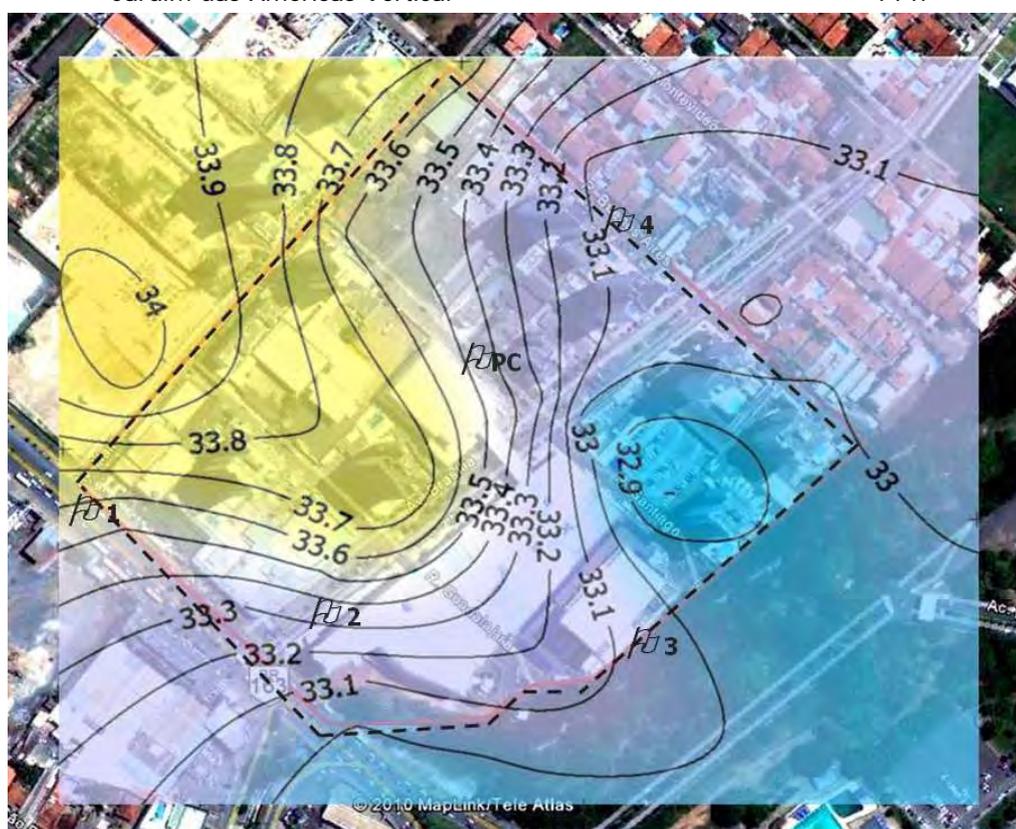
Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.



Jardim das Américas Vertical

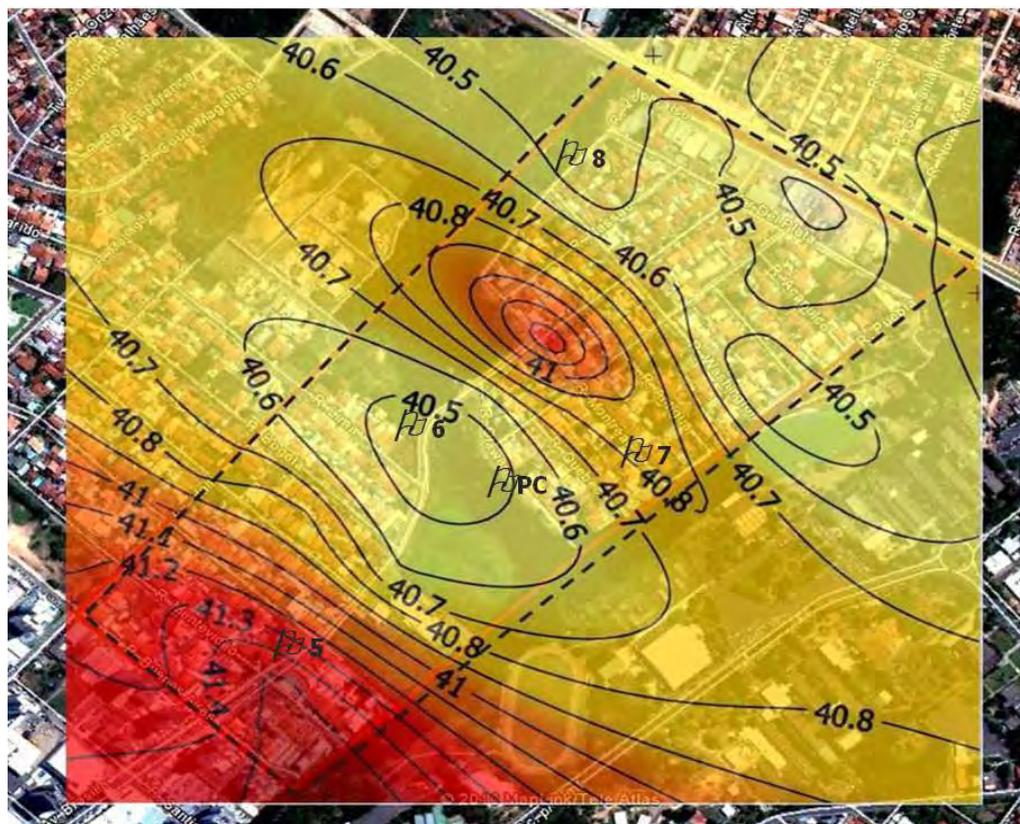
14 h

Estação Seca



Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.

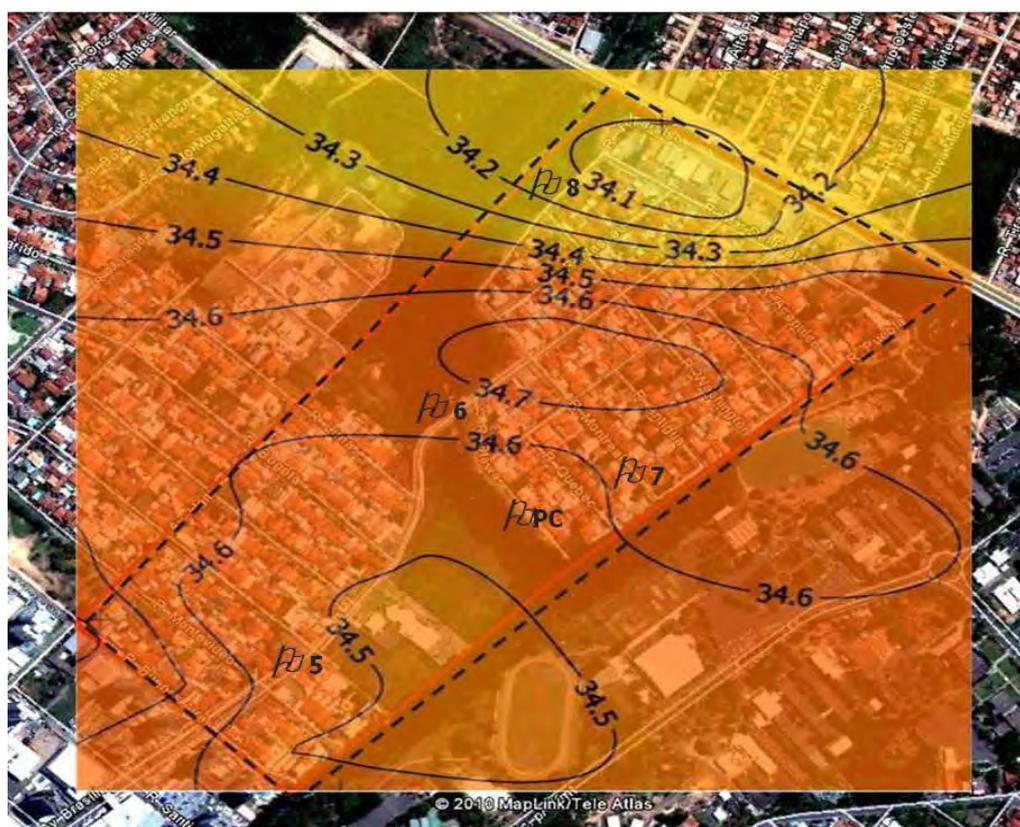
Estação Chuvosa



Estação Seca

Jardim das Américas Horizontal

14 h



Estação Chuvosa

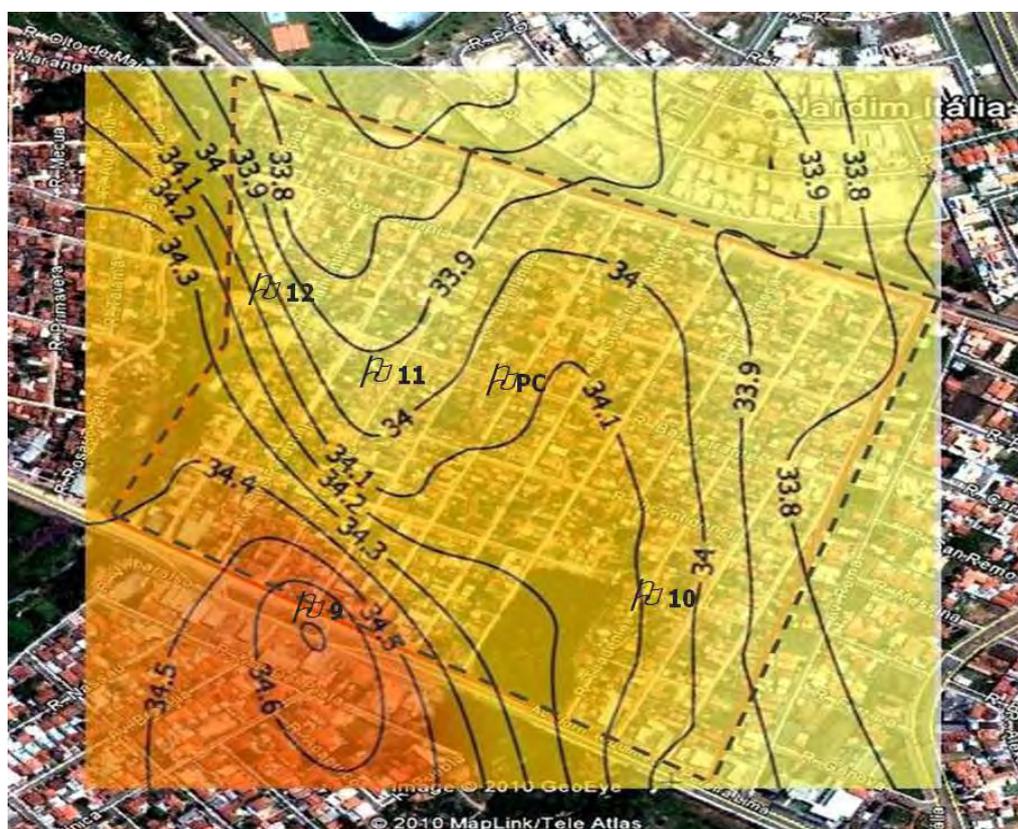
Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.



Estação Seca

Renascer

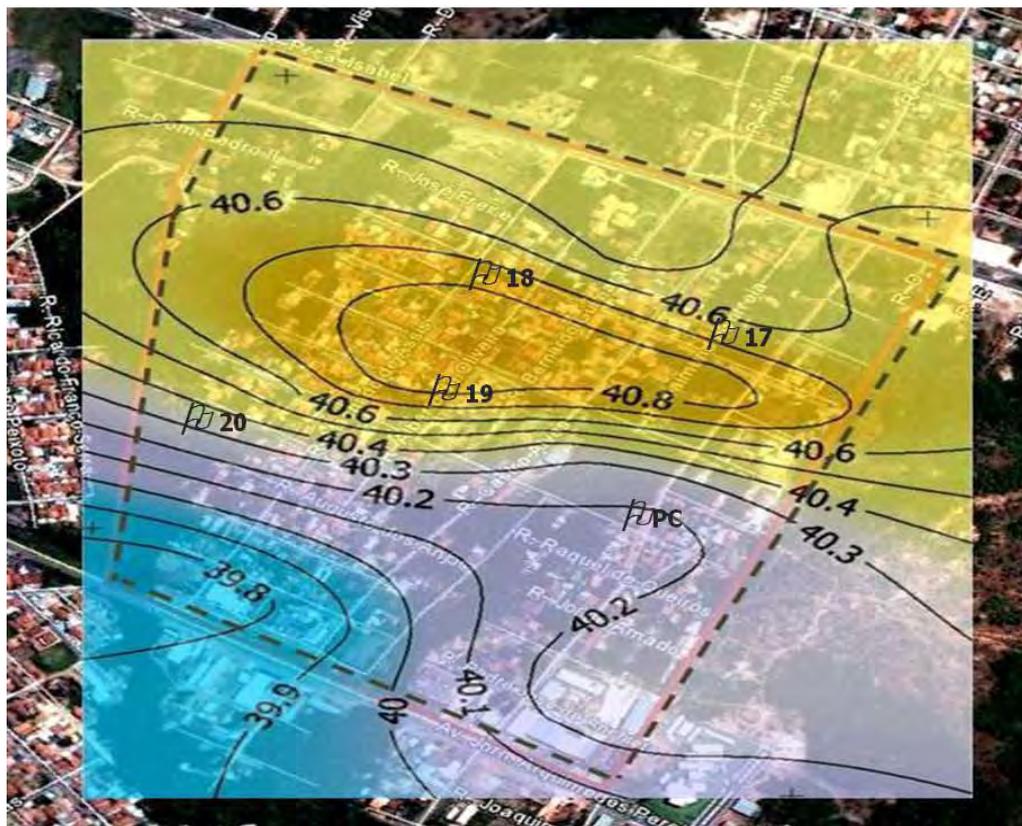
14 h



Estação Chuvosa

Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.

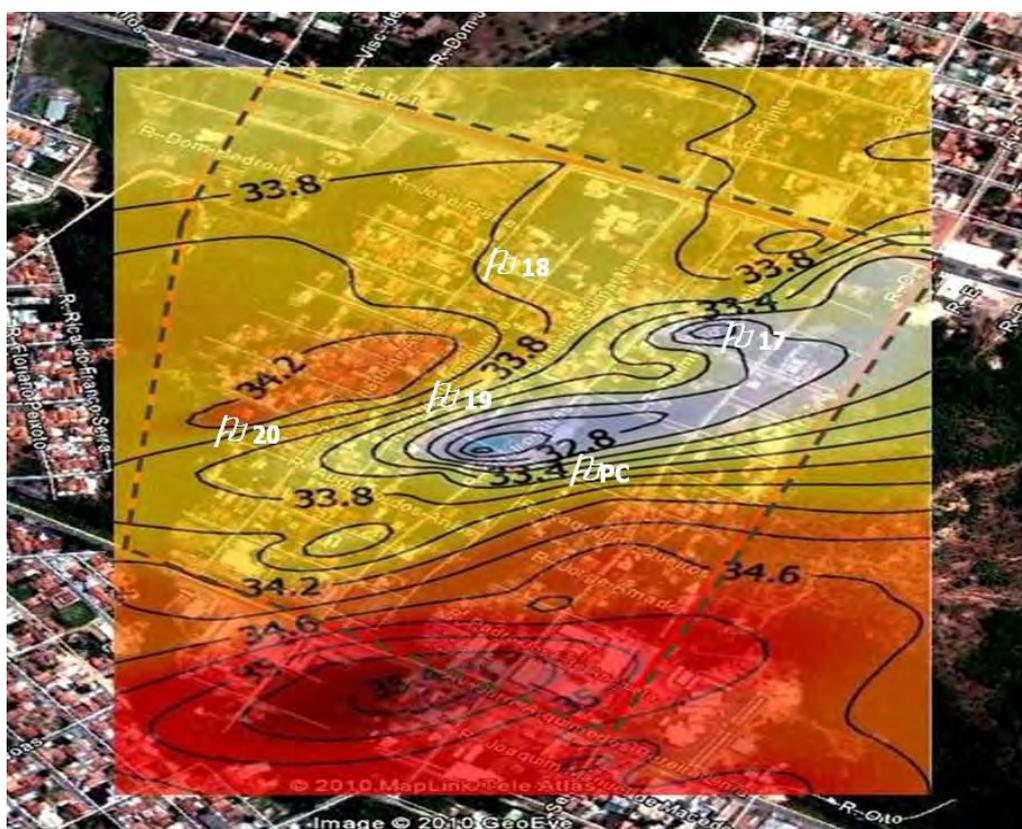




Santa Cruz

14 h

Estação Seca



Estação Chuvosa

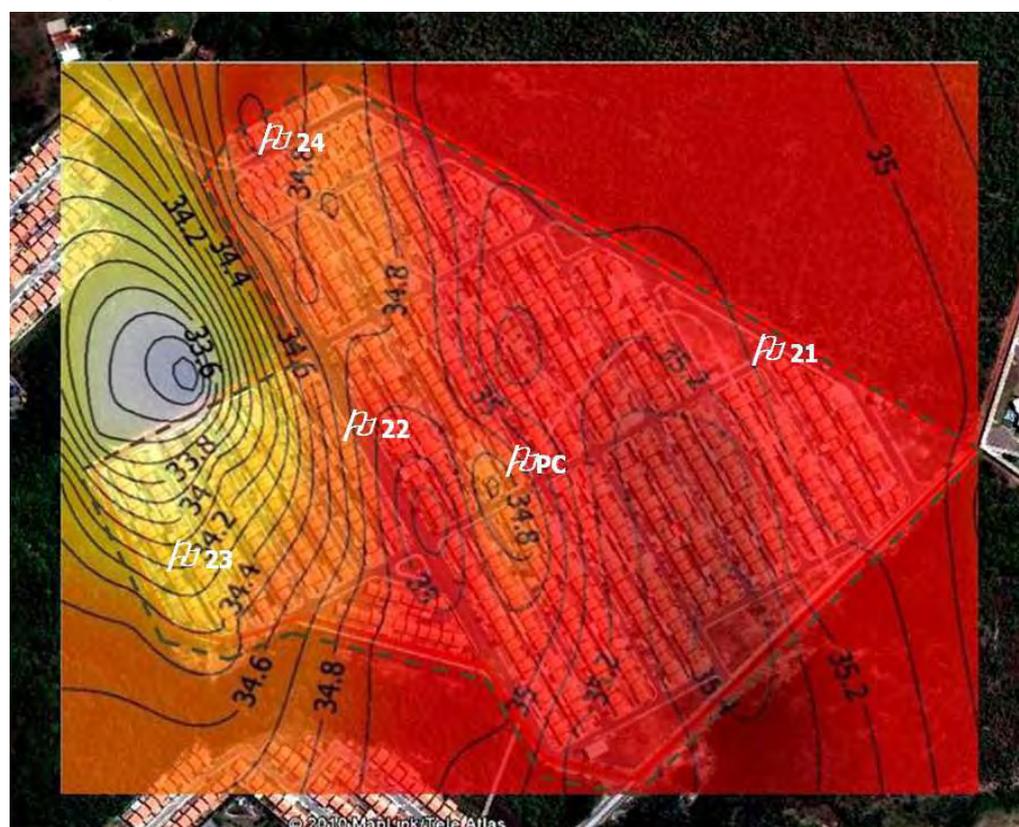
Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.



Estação Seca

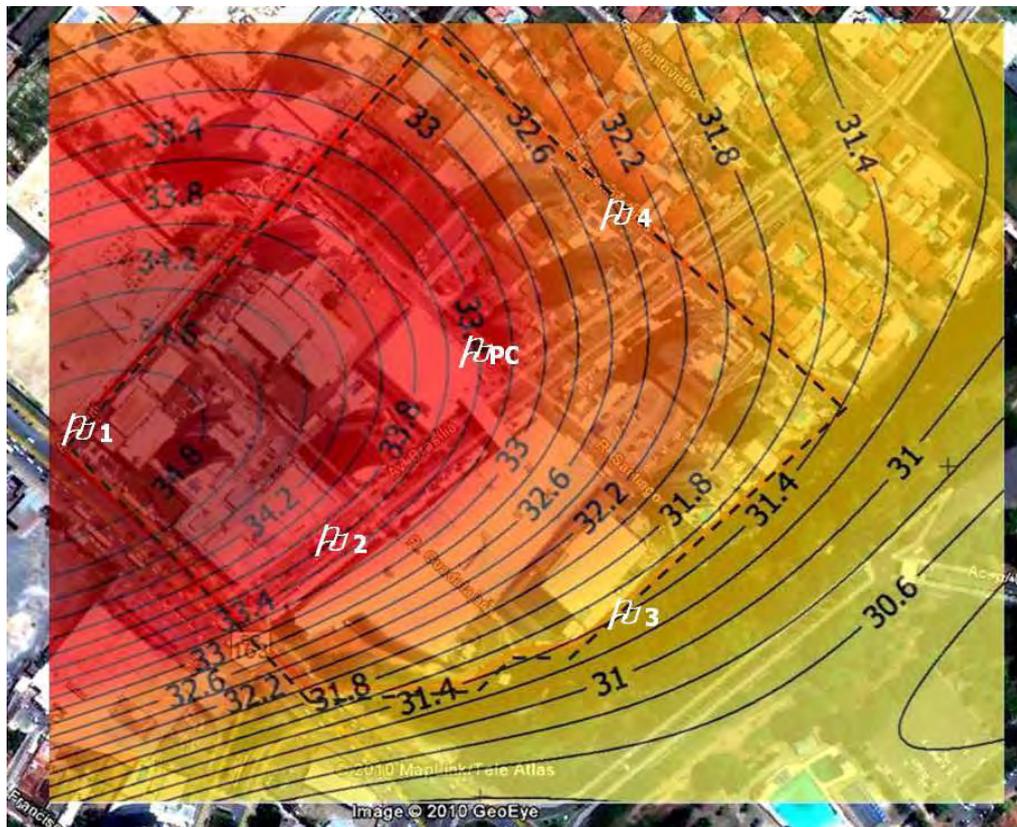
Conjunto Habitacional Maria de Lourdes

14 h



Estação Chuvosa

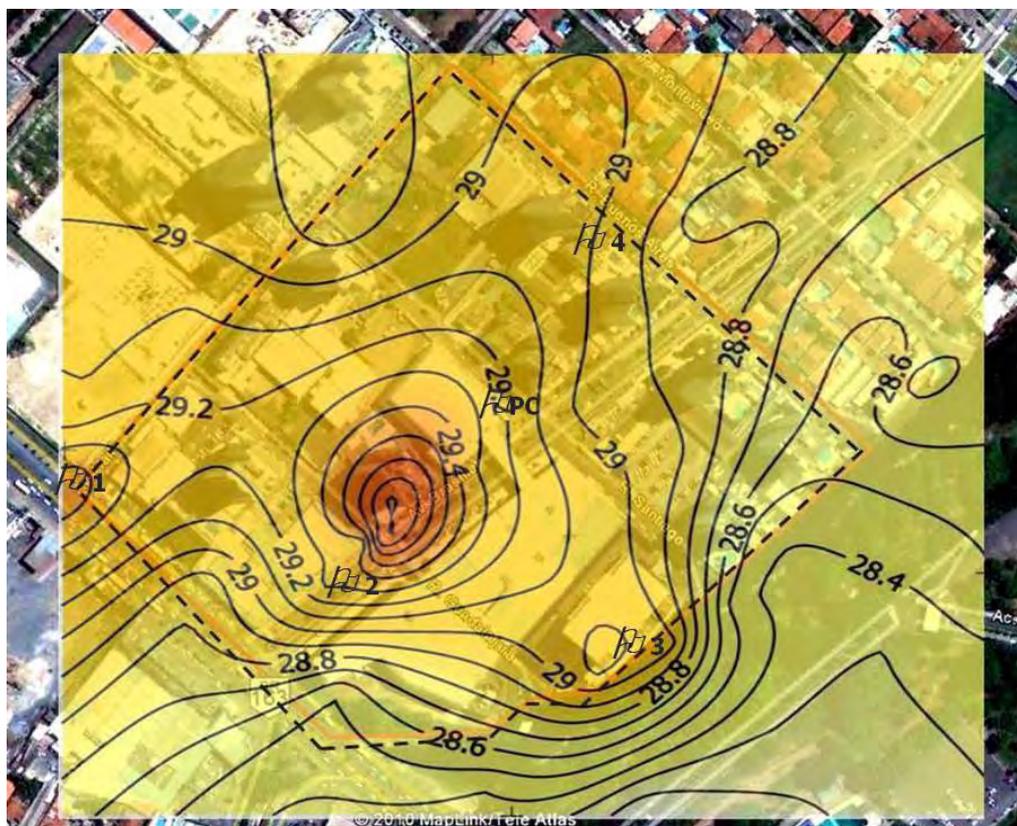
Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.



Jardim das Américas Vertical

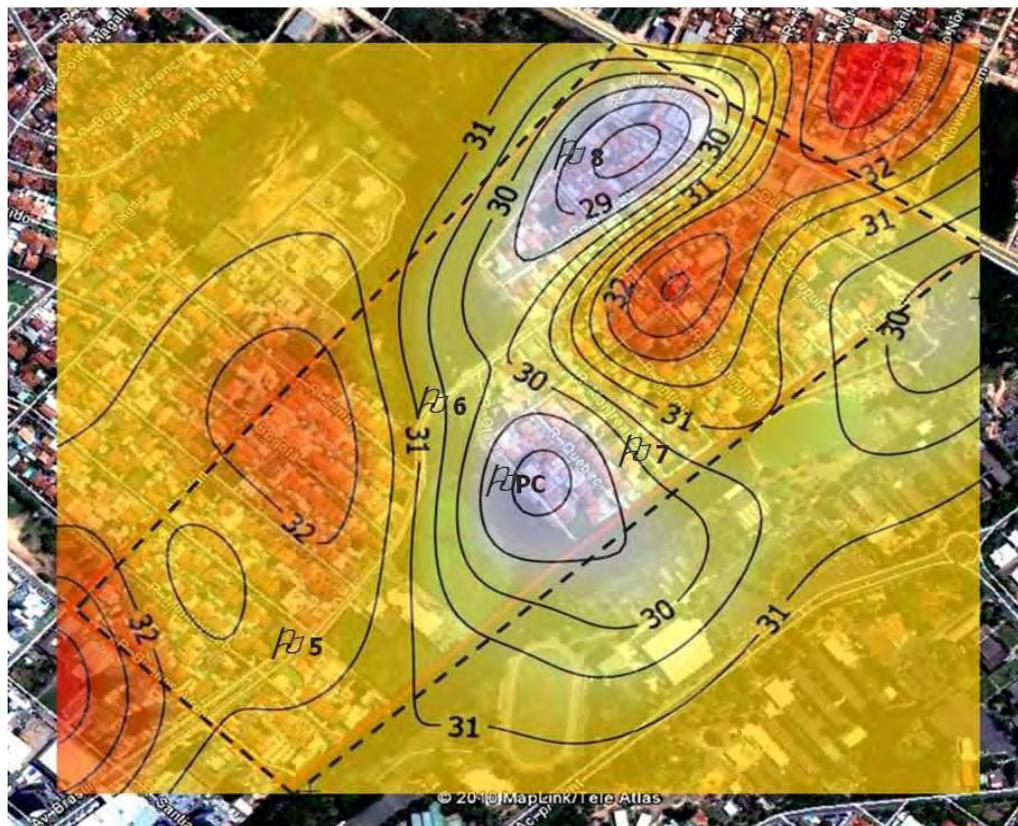
20 h

Estação Seca



Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.

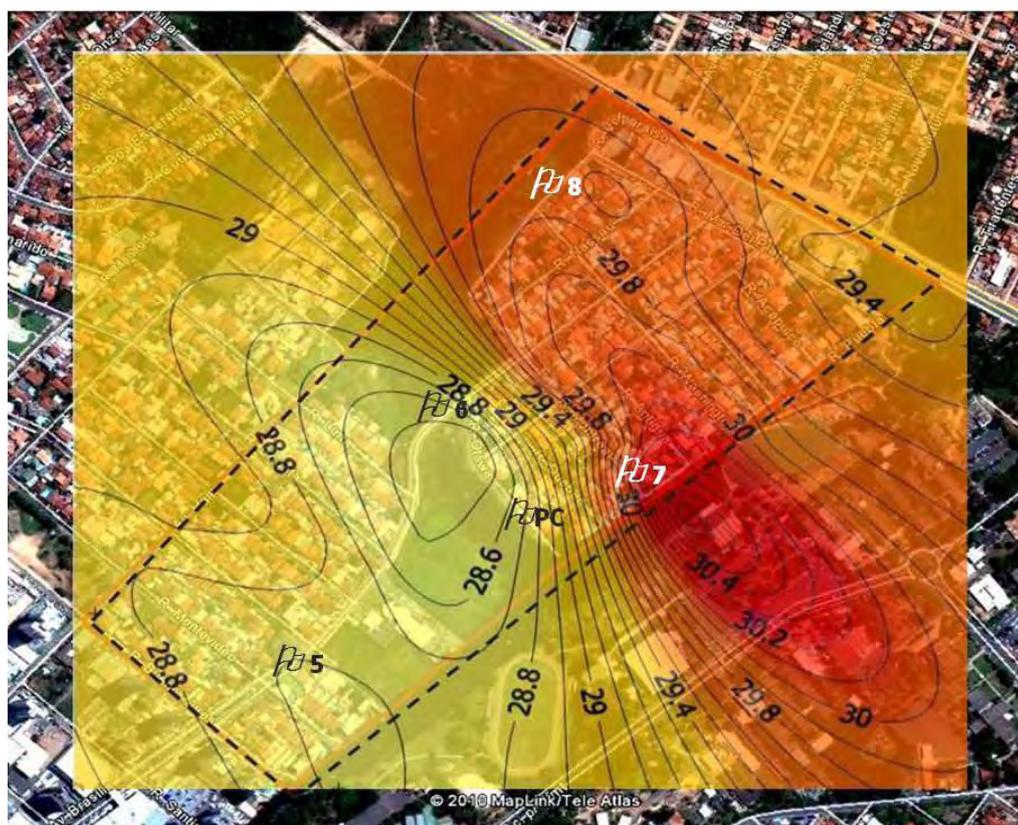
Estação Chuvosa



Estação Seca

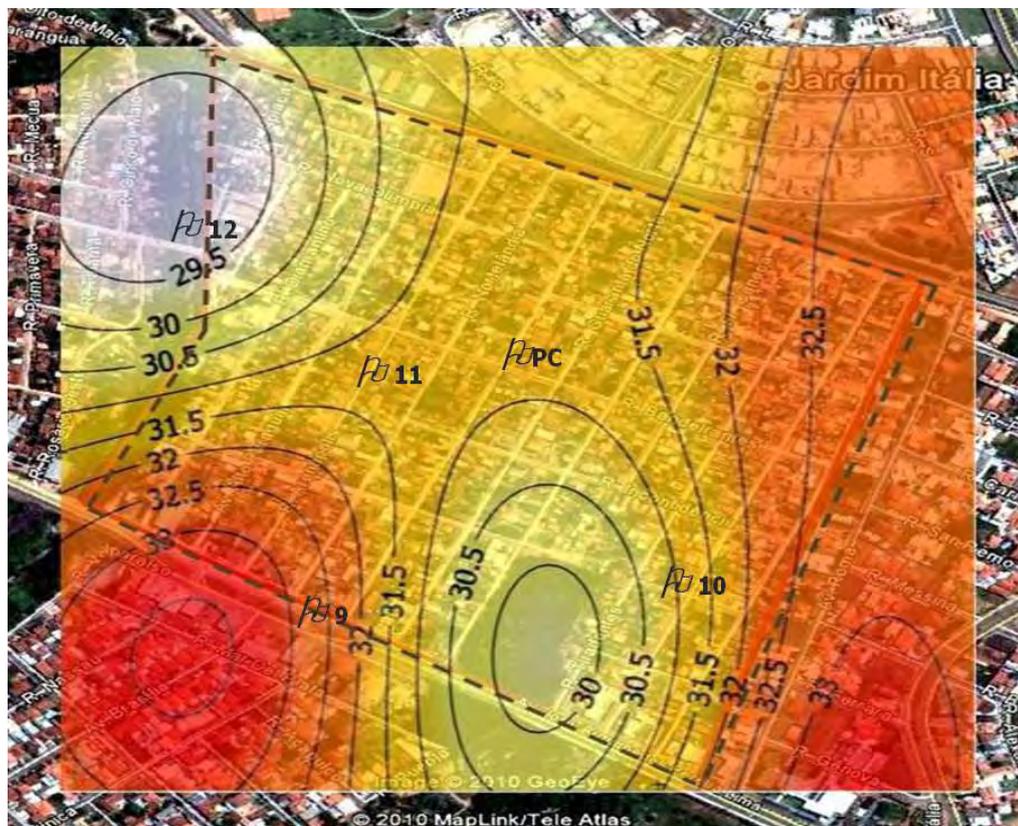
Jardim das Américas Horizontal

20 h



Estação Chuvosa

Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.

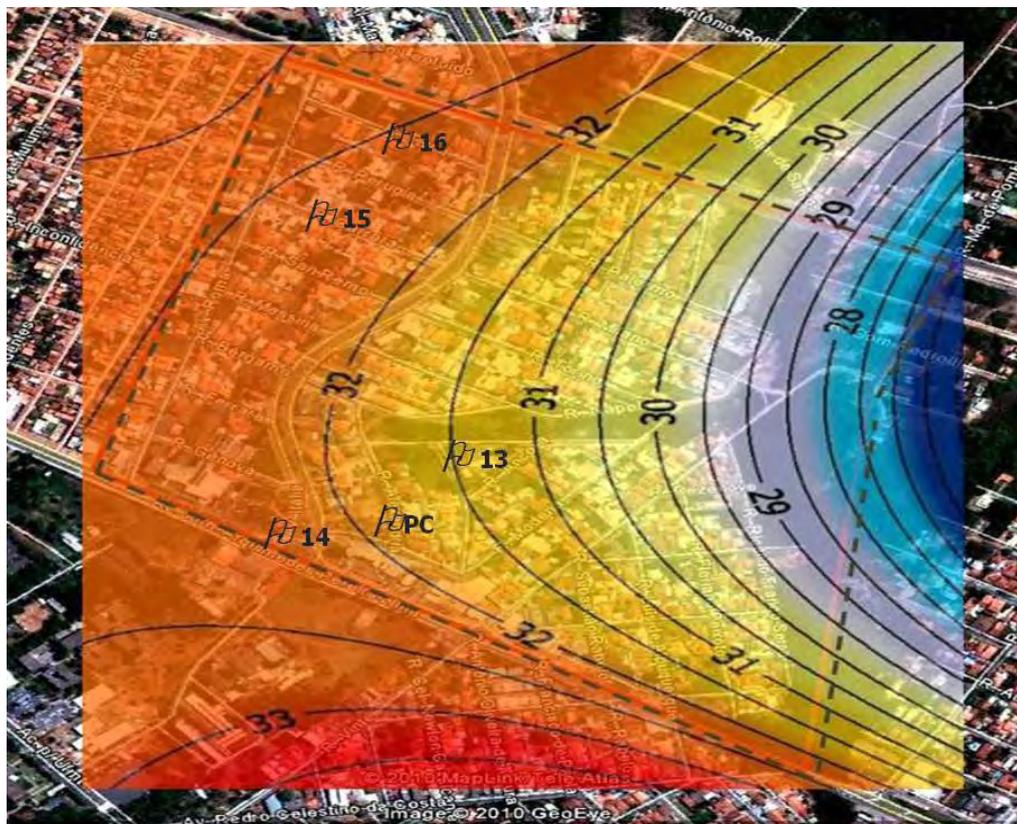


Estação Seca

Renascer

20 h

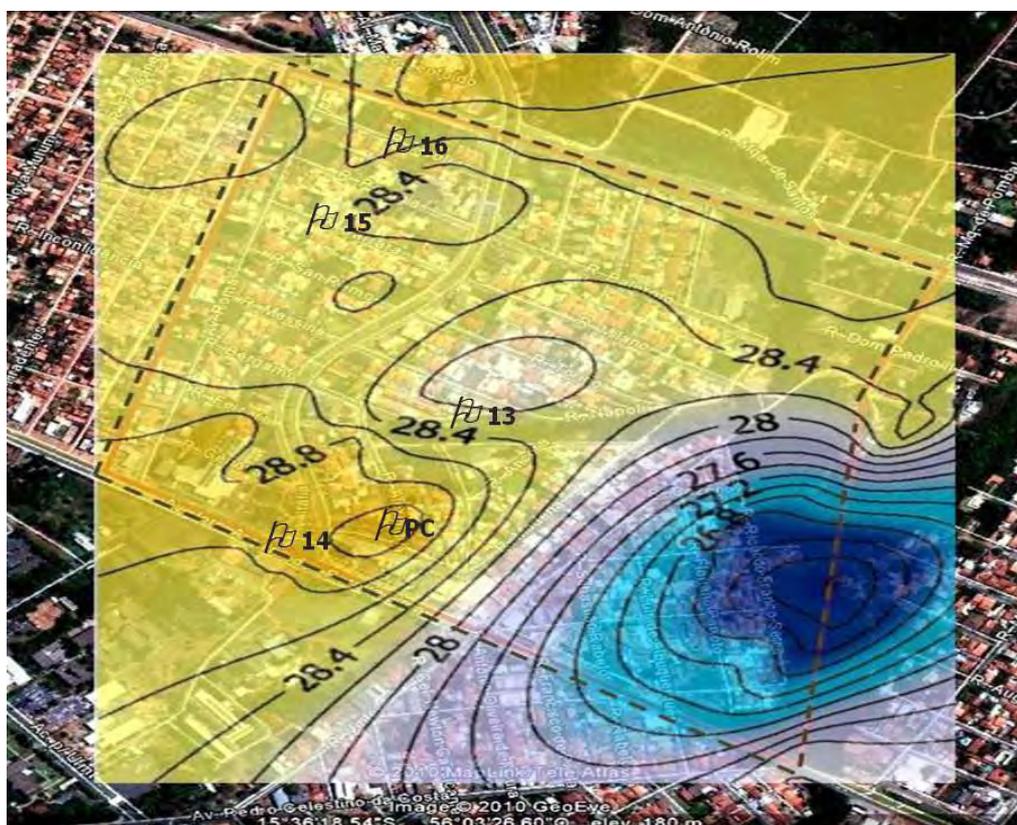




Estação Seca

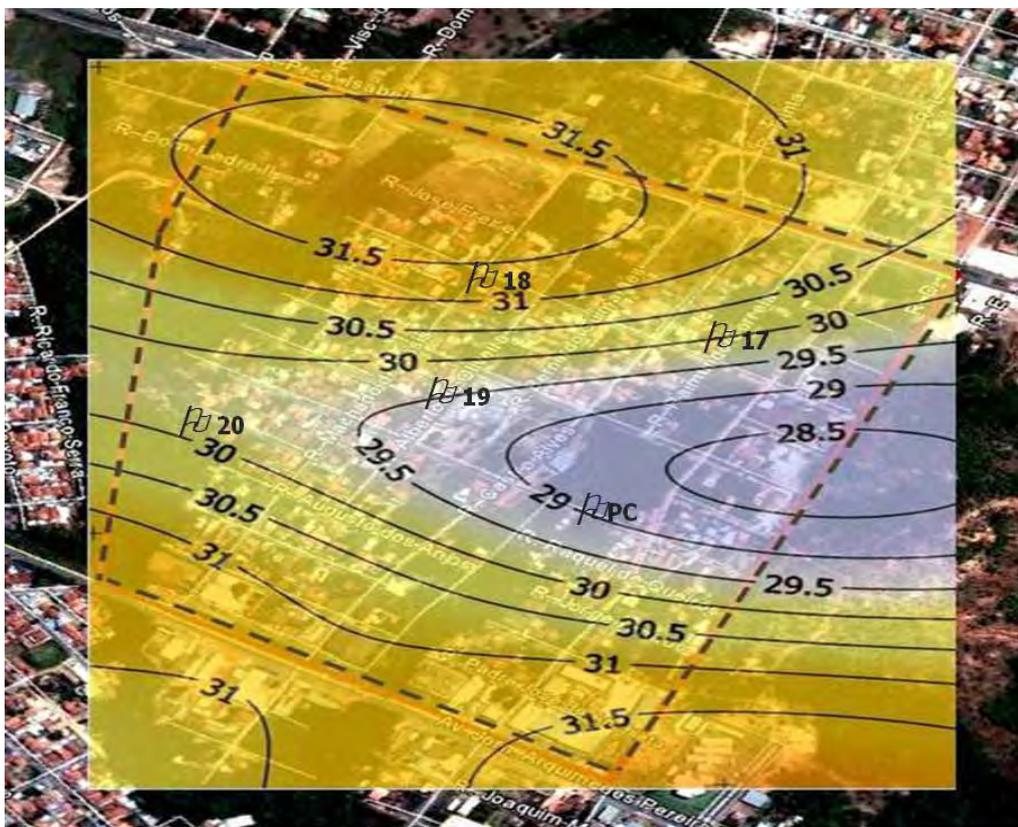
Jardim Itália

20 h



Estação Chuvosa

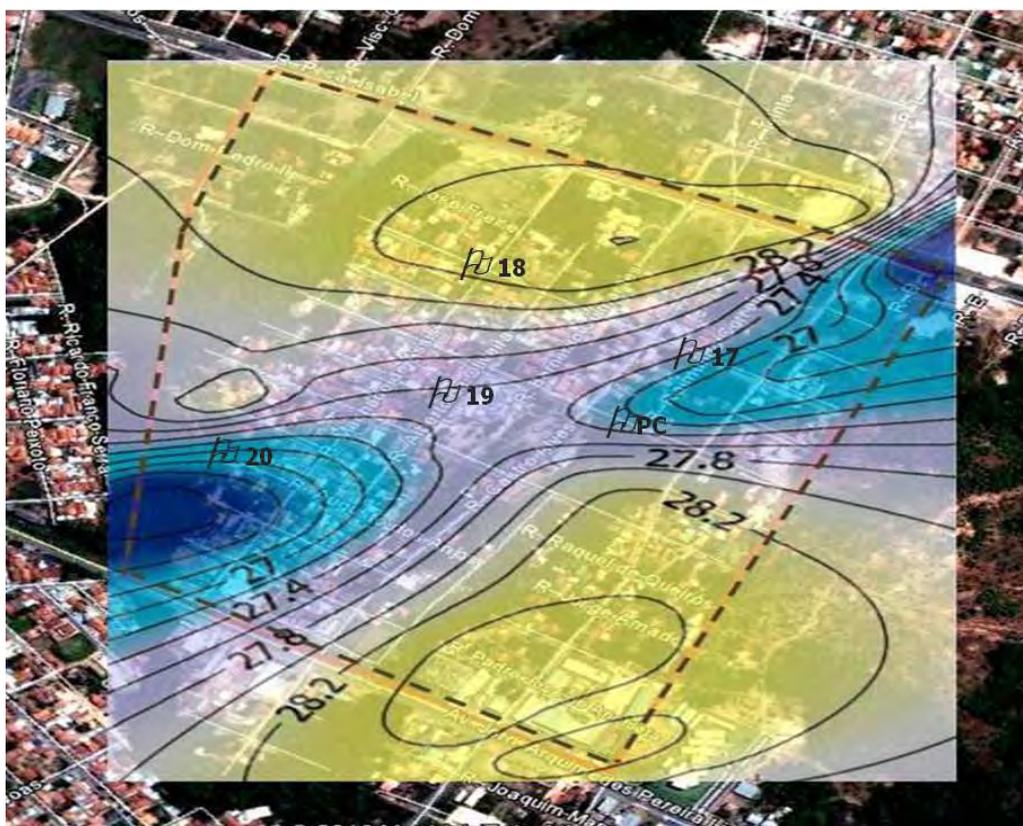
Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.



Estação Seca

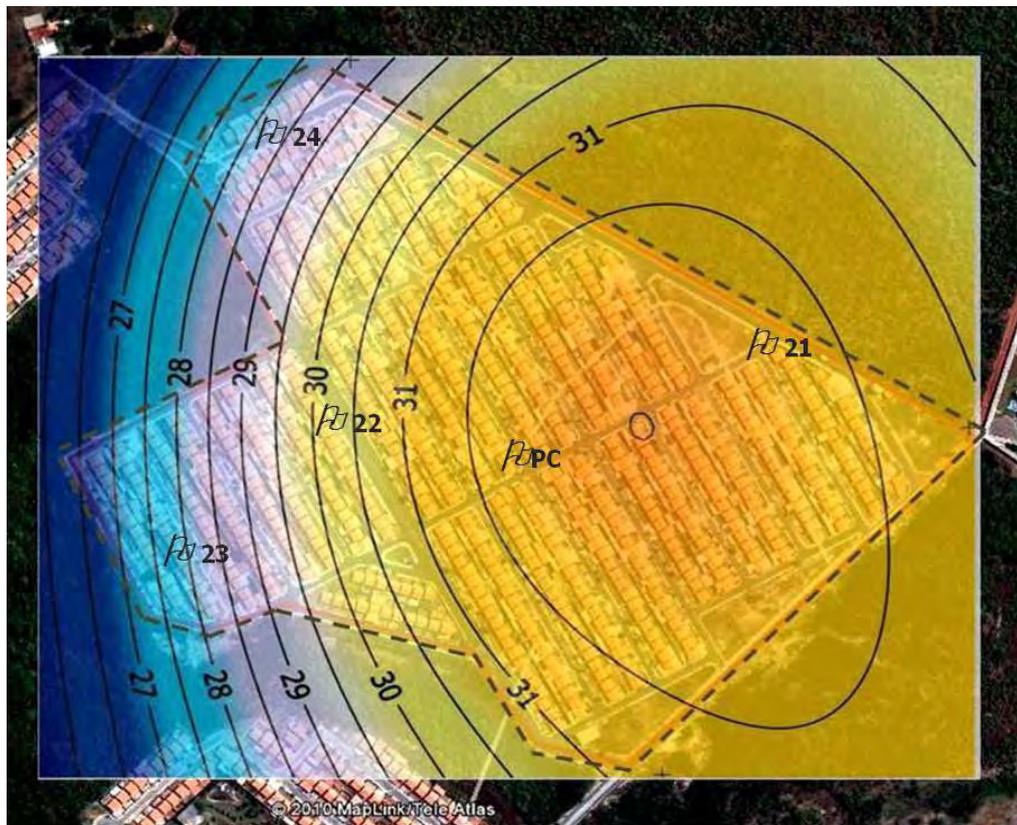
Santa Cruz

20 h



Estação Chuvosa

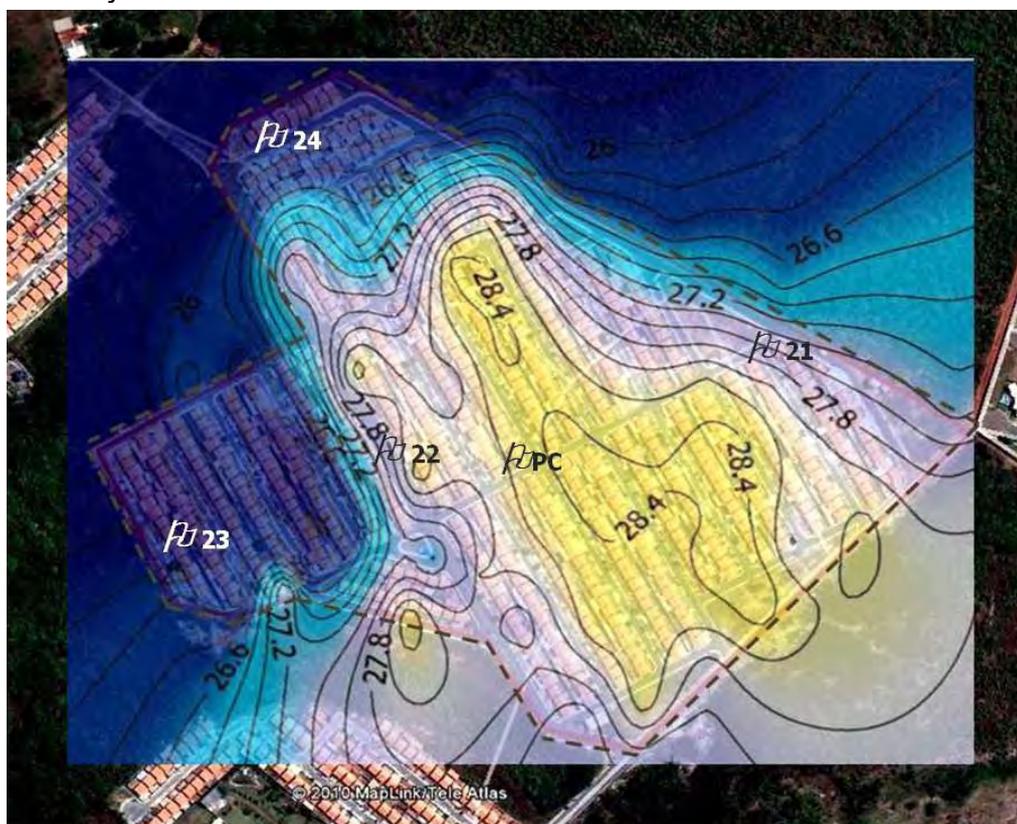
Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.



Estação Seca

Conjunto Habitacional Maria de Lourdes

20 h



Estação Chuvosa

Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v.8.01.