

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

**INFLUÊNCIA DA OCUPAÇÃO DO SOLO NA VARIAÇÃO  
TERMO-HIGROMÉTRICA NA CIDADE DE CUIABÁ-MT**

**FLÁVIA MARIA DE MOURA SANTOS**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>Dr.<sup>a</sup>MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**

Cuiabá, MT  
Outubro/2012

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

**INFLUÊNCIA DA OCUPAÇÃO DO SOLO NA VARIAÇÃO  
TERMO-HIGROMÉTRICA NA CIDADE DE CUIABÁ-MT**

**FLÁVIA MARIA DE MOURA SANTOS**

*Tese apresentada junto 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.*

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup>Dr.<sup>a</sup> MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**

Cuiabá, MT  
Outubro/2012

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

M929i Santos, Flávia Maria de Moura.  
Influência da ocupação do solo na variação termo-higrométrica na cidade de Cuiabá-MT / Flávia Maria de Moura Santos. -- 2012  
vii, 87 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso,  
Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física  
Ambiental, Cuiabá, 2012.  
Inclui bibliografia.

1. Clima urbano. 2. Anomalia climática. 3. Calor antropogênico.  
I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus, força maior do universo...

A minha amada família – Meus Pais Fernando e Vera, Minhas Irmãs Fernanda e Fabíola, Avôs, Tios, Tias, primos e cunhados pela força e carinho dispensados nos momentos necessários...

A Geraldo, pelo companheirismo de vida e dedicação na realização do trabalho...

## **AGRADECIMENTOS**

- A Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira pela confiança e ensinamentos repassados.
- Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira pela dedicação e empenho no programa de pós-graduação.
- Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).
- Ao Professor Carlo Raph De Muis, pelas orientações e disposição nos momentos de dúvidas.
- Aos companheiros da Pós-graduação em especial: Angela, Marcelinho, Denilton, Osvaldo, Paulo Nince, Ivan, Luciane, Fernanda, Carol, Karyna, Vanessa, Janaína e Osvaldo Fú.
- Ao Cesário e Soilce pelo auxílio técnico na secretaria da Pós-Graduação em Física Ambiental (UFMT).
- A todos os colegas e amigos da Pós-graduação pelo convívio saudável.
- 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;
- A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento desta pesquisa.
- A CAPES pelo apoio financeiro para esta pesquisa.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemática.....	1
1.2 Justificativa.....	2
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Definições de clima .....	4
2.2 Clima urbano .....	5
2.3 Avaliação do clima urbano.....	9
2.3.1 Método de Transectos Móveis .....	14
2.4 Características da estrutura urbana que influenciam o clima.....	15
2.5 Anomalias Termo-higrométricas .....	19
2.5.1 Ilha de Calor .....	19
2.5.2 Ilha de Frescor .....	24
2.5.3 Ilha de Umidade .....	24
2.5.4 Ilha Seca.....	25
2.6 Características climáticas e localização de Cuiabá.....	25
<b>3 ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>29</b>
3.1 Aspectos físicos de Cuiabá.....	29
3.1 Aspectos demográficos de Cuiabá.....	31
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
4.1 Medição das variáveis micrometeorológicas no ponto fixo.....	39
4.2 Medição de temperatura e umidade por transectos móveis .....	42
4.2.1 Características dos pontos fixos de medição dos transectos móveis ....	45
a) Transecto 1.....	45
b) Transecto 2 .....	51
4.3 Tratamento dos dados .....	57
4.4 Caracterização termo-higrométrica .....	58
4.5 Análise dos pontos fixos .....	58

<b>5</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>60</b>
5.1	Caracterização micrometeorológicas do ano de 2011-2012 .....	60
5.2	Tratamento dos dados das medições móveis.....	64
5.3	Caracterização termo-higrométrica .....	66
5.4	Análise dos pontos fixos .....	74
5.5	Comentários Gerais.....	78
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>80</b>
6.1	Recomendações para trabalhos futuros.....	81
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFIAS .....</b>	<b>82</b>
7.1	Bibliografias Citadas.....	82
7.2	Bibliografias Consultadas .....	87

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Camada limite urbana e camada urbana no nível das coberturas.....	7
<b>Figura 2</b> - Albedo de materiais e superfícies urbanas.....	17
<b>Figura 3</b> - Perfil clássico da ilha de calor de grandes centros urbanos (a) e Representação esquemática de uma secção transversal genérica de uma típica ilha de calor urbano (b) .....	23
<b>Figura 4</b> - Corte esquemático do mapa físico de Mato Grosso .....	28
<b>Figura 5</b> - Localização da cidade de Cuiabá no Estado de Mato Grosso.....	29
<b>Figura 6</b> – Município de Cuiabá – Macrozona urbana e área rural. ....	30
<b>Figura 7</b> –Regiões administrativas de Cuiabá.....	31
<b>Figura 8</b> - Vista da Paisagem Urbana de Cuiabá – (a) 1980 (b) 2007 .....	32
<b>Figura 9</b> – Influentes do clima urbano do município de Cuiabá-MT .....	34
<b>Figura 10</b> –Abairramento Região Leste.....	35
<b>Figura 11</b> –Abairramento Região Oeste .....	36
<b>Figura 12</b> –Abairramento Região Sul.....	37
<b>Figura 13</b> –Abairramento Região Norte .....	38
<b>Figura 14</b> - Localização da Estação Micrometeorológica .....	39
<b>Figura 15</b> - Área de análise das variáveis micrometeorológica com característica de ocupação urbana .....	40
<b>Figura 16</b> -Estação micrometeorológica automática Vantage Pro 2 Plus (marca Davis Instruments).....	41
<b>Figura 17</b> - Área de análise das variáveis micrometeorológica da Estação Aeroporto .....	41
<b>Figura 18</b> - Transecto 1a/1b - sentido Leste/Oeste e Transecto 2a/2b – sentido Norte/Sul .....	43
<b>Figura 19</b> - Esquema de instalação do abrigo com o psicrômetro (a) e o GPS (b).....	44
<b>Figura 20</b> - Pontos fixos de medição – sentido Leste/Oeste – Transecto 1(a) e sentido Norte/Sul – Transecto 2 (b).....	44
<b>Figura 21</b> - Ponto 1 Transecto 1 (PIT1) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	45

<b>Figura 22-</b> Ponto 2 Transecto 1 (P2T1) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	46
<b>Figura 23-</b> Ponto 3 Transecto 1 (P3T1) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	46
<b>Figura 24-</b> Ponto 4 Transecto 1 (P4T1) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	47
<b>Figura 25 -</b> Ponto 5 Transecto 1 (P5T1) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	48
<b>Figura 26-</b> Ponto 6 Transecto 1 (P6T1) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	48
<b>Figura 27-</b> Ponto 7 Transecto 1 (P7T1) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	49
<b>Figura 28-</b> Ponto 8 Transecto 1 (P8T1) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	50
<b>Figura 29-</b> Ponto 9 Transecto 1 (P9T1) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	50
<b>Figura 30-</b> Ponto 10 Transecto 1 (P10T1) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	51
<b>Figura 31 -</b> Ponto 1 Transecto 2 (P1T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	52
<b>Figura 32-</b> Ponto 2 Transecto 2 (P2T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	52
<b>Figura 33-</b> Ponto 3 Transecto 2 (P3T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	53
<b>Figura 34-</b> Ponto 4 Transecto 2 (P4T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	54
<b>Figura 35-</b> Ponto 5 Transecto 2 (P5T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	54
<b>Figura 36-</b> Ponto 6 Transecto 2 (P6T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	55
<b>Figura 37-</b> Ponto 7 Transecto 2 (P7T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	56
<b>Figura 38-</b> Ponto 8 Transecto 2 (P8T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	56

<b>Figura 39</b> - Ponto 9 Transecto 2 (P9T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local.....	57
<b>Figura 40</b> –Variáveis diárias microclimáticas ano 2011-2012.....	61
<b>Figura 41</b> –Regressão linear para Transecto 1 .....	65
<b>Figura 42</b> –Regressão linear para Transecto 2 .....	65
<b>Figura 43</b> – Distribuição da temperatura no Transecto 1.....	67
<b>Figura 44</b> – Distribuição da umidade no Transecto 1.....	68
<b>Figura 45</b> – Distribuição da temperatura no Transecto 2.....	70
<b>Figura 46</b> – Distribuição da umidade no Transecto 2.....	71
<b>Figura 47</b> – Distribuição da temperatura e umidade nos dias de forte magnitude da ilha de calor no Transecto 1 .....	73
<b>Figura 48</b> – Distribuição da temperatura e umidade nos dias de forte magnitude da ilha de calor no Transecto 2 .....	74
<b>Figura 49</b> – Dendrograma do Transecto 1 .....	75
<b>Figura 50</b> – Dendrograma do Transecto 2 .....	76

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Classificação das escalas horizontais .....	10
<b>Tabela 2</b> -Classificação das unidades da camada de cobertura urbana .....	12
<b>Tabela 3</b> - Classificação das unidades da camada de cobertura urbana .....	21
<b>Tabela 4</b> - Período de medição por transectos móveis .....	42
<b>Tabela 5</b> - Teste-t: duas amostras em par para médias.....	62
<b>Tabela 6</b> - Velocidade média do ar e direção do vento no Transecto 1 (T1) e Transecto 2 (T2) .....	63
<b>Tabela 7</b> - Exemplo de correção de medidas móveis da temperatura do ar .....	66
<b>Tabela 8</b> - Bootstrap com 1200 reamostragens da Temperatura Transecto 1.....	68
<b>Tabela 9</b> - Bootstrap com 1200 reamostragens da Umidade Transecto 1 .....	69
<b>Tabela 10</b> - Bootstrap com 1200 reamostragens da Temperatura Transecto 2.....	70
<b>Tabela 11</b> - Bootstrap com 1200 reamostragens da Umidade Transecto 2.....	71
<b>Tabela 12</b> - Magnitude das ilhas de calor no Transecto 1 e 2.....	72
<b>Tabela 13</b> - Grupo da similaridade dos pontos no Transecto 1 .....	75
<b>Tabela 14</b> - Grupo da similaridade dos pontos no Transecto 2 .....	77

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ICU	Ilha de Calor Urbana
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
UCL	Urban Canopy Layer
Q <sub>f</sub>	Calor Antropogênico
Q <sub>h</sub>	Calor Sensível
Q <sub>e</sub>	Perdas por Evapotranspiração
ΔQ <sub>s</sub>	Armazenamento de Calor Sensível
Z <sub>h</sub>	Altura Média da Rugosidade dos principais elementos
RSL	Subcamada de Rugosidade
UCL	Camada de Cobertura Urbana
UBL	Camada Limite Urbana
SCU	Sistema Clima Urbano
RSL	Elementos da rugosidade do Lugar
IC	Ilha de Calor
IF	Ilha de Frescor
IU	Ilha Úmida
IS	Ilha Seca
UTM	Universal Transversa de Mercator
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia

## RESUMO

SANTOS, F. M. M. *Influência da ocupação do solo na variação termo-higrométrica na cidade de Cuiabá-MT*. Cuiabá, 2012. 88f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

Os grandes aglomerados das áreas urbanas acabam criando um novo clima urbano gerado através da interferência dos fatores que se processam sobre a camada de limite urbano e que agem alterando o clima em escala local. As características urbanas associadas aos tipos e graus de adensamento e uso que recobrem o solo têm a capacidade de modificar os elementos climáticos que compõem a atmosfera local. Desta forma, esta pesquisa teve como objetivo analisar a influência da ocupação do solo no microclima em Cuiabá-MT-Brasil por meio das diferenças de temperatura e umidade do ar intraurbana do município. Para tanto, foi usada a metodologia de transectos móveis noturnos nas quatro estações do ano, utilizando-se um termohigrômetro digital, protegido por abrigo, acoplado na lateral de um veículo que saiu da periferia rural, passou pelo centro e chegou ao extremo oposto da cidade, no sentido leste/oeste e posteriormente norte/sul. Os registros foram ajustados para 20h, para análise termo-higrométrica e detecção de anomalias climáticas como ilha de calor, evidenciando a influência das mudanças antropogênicas no ambiente urbano. O adensamento urbano e a supressão de vegetação são fatores determinantes na modificação do comportamento termo-higrométrico, sendo evidente a influência do fluxo de veículos automotores nos ganhos de calor no meio, enquanto que áreas sob influência de grandes massas de vegetação, apresentaram características próprias, com microclimas diferentes das outras áreas da cidade, já que há uma contribuição na perda de energia para o meio e conseqüente queda de temperatura e aumento da umidade relativa do ar. Portanto, este estudo contribui para diagnosticar eventuais mudanças no clima urbano devido ao processo de crescimento de Cuiabá, que precisam ser considerados pelos planejadores e gestores para que sejam tomadas medidas que contribuam com a melhoria da qualidade ambiental e de vida da população.

**Palavras-chave:** Clima urbano; anomalia climática; calor antropogênico.

## ABSTRACT

SANTOS, F. M. M. *Influence of land use change in the thermo-hygrometric in Cuiabá-MT*. Cuiabá, 2012. 88f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

The large clusters of urban areas tend to create a new urban climate generated by the interference of factors that occur on the urban boundary layer and that act by altering the climate on a local scale. The urban characteristics associated with the types and degrees of density and use that cover the soil have the ability to modify the climatic elements that make up the local atmosphere. Thus, this study aimed to analyze the influence of land use on the microclimate in Cuiabá-MT-Brazil through the differences in temperature and humidity intraurbana the municipality. To that end, we used the methodology of mobile transects in four night season, using a digital thermohygrometer, protected shelter, attached to the side of a vehicle that left the rural outskirts, passed through the center and reached the other side of town , in the east / west and then north / south. Records were set to 20h, thermo-hygrometric for analysis and detection of climate anomalies such as heat island, showing the influence of anthropogenic changes in the urban environment. The urban density and the removal of vegetation are key factors in behavior modification thermo-hygrometric, it is evident the influence of the flow of vehicles in the heat gains in the middle, while areas under the influence of large masses of vegetation, had its own characteristics, with microclimate various other areas of the city, since there is a contribution to the energy loss to the middle and fall in temperature and increase in relative humidity. Therefore, this study contributes to diagnose any changes in urban climate due to the growth process of Cuiabá, which need to be considered by planners and managers to be taken to help with the improvement of environmental quality and people's lives.

**Keywords:** Urban climate, climate anomaly; anthropogenic heat.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 PROBLEMÁTICA

As cidades podem ser entendidas como organizações estritamente humanas, nas quais o homem atua na transformação do meio em função de suas necessidades. Os grandes aglomerados urbanos criam um verdadeiro clima urbano gerado através da interferência dos fatores que se processam sobre a camada de limite urbano e que agem alterando o clima em escala local, gerando uma atmosfera local com características climáticas próprias, ou seja, temperatura e umidade relativas do ar únicas, diferentes das verificadas nas áreas circunvizinhas. As características urbanas associadas aos tipos e níveis de adensamento e uso que recobrem o solo têm a capacidade de modificar os elementos climáticos que compõem a atmosfera local.

Criam-se anomalias na temperatura e na umidade, sendo a ilha de calor urbana (ICU) o fenômeno mais representativo dessas modificações contribuindo para o armazenamento de calor durante o dia na cidade, graças às propriedades térmicas e caloríficas dos materiais de construções e sua devolução para a atmosfera durante a noite.

Os principais condicionantes das modificações no clima urbano são: a produção do calor antropogênico (circulação de veículos e pessoas); a diminuição da evaporação decorrente da substituição da superfície original por concreto e asfalto e a canalização fechada de rios e córregos e a menor perda de calor sensível, devido à redução da velocidade do ar originada pelas edificações.

Cuiabá teve um crescimento populacional de aproximadamente 952% entre os anos de 1960 e 2010, conforme dados do IBGE (2010). Nas décadas de 70 e 80 o município passou por um processo de explosão populacional, sofrendo transformações na estrutura da paisagem e ocupação do solo urbano. Em algumas áreas houve uma concentração do crescimento vertical das edificações, entre as quais o centro da cidade. As construções verticalizadas absorvem e armazenam parte da

energia calorífica durante o dia, emitindo-a durante a noite para o ar atmosférico, mantendo o ambiente aquecido por mais tempo.

O crescimento desordenado que a maioria das cidades brasileiras tem apresentado nas últimas décadas e as ocupações irregulares do solo têm dificultado a execução de planejamentos adequados que viabilizem uma integração da área construída com a vegetada, sejam estas naturais ou mesmo artificiais, provocando diminuição da qualidade de vida nas cidades e fazendo com que a população da renda econômica mais alta disponha de grandes áreas que lhes permitem manter a vegetação e preservar o solo em condomínios fechados, enquanto a classe desfavorecida economicamente se aglomera em conjuntos residenciais do governo e, ao aumentar a densidade populacional, altera a capacidade de suporte do solo.

Embora se admita a importância do clima no planejamento urbano, observa-se que pouco do conhecimento disponível da climatologia urbana é usado no planejamento das cidades. Desta forma, é necessário adentrar a cidade e identificar os aspectos dos diferentes dinamismos da vida urbana, como: tráfego de veículos automotores, remoção da cobertura vegetal, canalização de córregos, adensamento de construções, entre outros, na manutenção do equilíbrio ambiental.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

Em busca de melhorar o meio ambiente já deteriorado, o homem cria ambientes artificiais para amenizar as carências ambientais, não se levando em consideração a preservação do meio ambiente e a qualidade de vida.

A urbanização e industrialização são processos que indicam o nível de desenvolvimento do meio, mas também comportam problemas relacionados com a deterioração geral do meio urbano e da sua qualidade de vida.

A investigação e a análise do clima urbano proporcionam benefícios que visam tornar a vida nas cidades com mais qualidade para seus habitantes. O estudo do clima urbano é fundamental para o desenho urbano, apresentando subsídios para que se possam desenvolver outros estudos apropriados para o planejamento e ordenação do espaço urbano, enfocado em sua totalidade.

Os estudos na área se referem na maioria aos grandes centros urbanos, porém, nas regiões e/ou ambientes mais afastados dos grandes centros de pesquisa o

conhecimento sobre o espaço nessa temática é escasso, por isso se faz importante um estudo em cidades mais afastadas dos grandes centros. A relevância de estudos desta natureza está em viabilizar maior conhecimento sobre as características urbanas principalmente no que se refere às mudanças térmicas associadas à ocupação do solo.

Portanto, é preciso ter-se uma visão ambiental nos processos técnicos, econômicos, políticos e de desenho que dão forma ao meio urbano. É necessário considerarem-se os processos naturais que ocorrem na cidade e buscar-se sempre o desenvolvimento sustentável, que está diretamente relacionado com mudanças radicais principalmente as questões que envolvem a ocupação do solo urbano.

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar a influência da ocupação do solo no microclima em Cuiabá-MT.

Para atingir tal objetivo foram definidos alguns objetivos específicos tais como: caracterização das variáveis micrometeorológicas em partes dos anos de 2011 e 2012; tratamento dos dados das medições móveis, fazendo-se a correção horária; caracterização termo-higrométrica utilizando-se transectos móveis e análise estatística dos pontos fixos para verificação da similaridade das áreas.

Diante deste contexto, este trabalho buscou contribuir com incremento de pesquisas ressaltando a importância do planejamento na ocupação do solo urbano, fornecendo informações, com base científica, para a implementação de políticas públicas e gestão do ambiente urbano.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 DEFINIÇÕES DE CLIMA**

O clima pode ser definido como o conjunto de condições meteorológicas características do estado médio da atmosfera em determinada região da Terra. Enquanto o tempo é o estado médio da atmosfera em determinado momento, o clima refere-se as características da atmosfera observadas por um longo período. De acordo com Ayoade (2001), o clima é a síntese do tempo num dado lugar durante um período de aproximadamente 30-35 anos (SILVEIRA, 2007).

A Climatologia é a ciência que estuda todas as formas de intercâmbio energético entre a superfície terrestre e a atmosfera, através do tratamento estatístico dos fenômenos meteorológicos que afetam um determinado lugar e, conseqüentemente, os seres vivos dessa região (OLIVER, 1984 apud BARROS, 2006).

Segundo Ayoade (2001) a climatologia utiliza subdivisões para o estudo científico do clima, apesar de os vários fenômenos atmosféricos constituírem um único espectro contínuo dos sistemas climáticos. As subdivisões da climatologia estão baseadas nas escalas dos sistemas de circulação meteorológica a seguir apresentadas:

a) macroclimatologia, relacionada com aspectos dos climas de amplas áreas da Terra, com escala horizontal de abrangência na ordem de 5.000 a 20.000 km;

b) meso climatologia, relacionada com o estudo do clima em áreas menores, entre 10 a 100 km de extensão, como por exemplo, o clima urbano;

c) microclimatologia, relacionada com o estudo do clima próximo a superfície ou de áreas muito pequenas, com menos de 100 metros de extensão.

## 2.2 CLIMA URBANO

O ambiente urbano é diferenciado pela ação antrópica sobre o meio natural, e gera o chamado “clima urbano”, ou situação climática típica das cidades (BARBIRATO, 1998).

Segundo Lima & Amorim (2010) a substituição dos ambientes naturais por áreas urbanas gera o aumento das temperaturas na escala local. Este fenômeno ocorre em função de vários fatores, tais como a diminuição das áreas verdes, a canalização dos córregos, o aumento das indústrias que liberam poluentes na atmosfera entre outras atividades inerentes à vida nas cidades, que além de gerarem o aumento nas temperaturas, causam a redução da umidade relativa, dando origem a um clima particular, denominado clima urbano.

Segundo Landsberg (1981), as características das superfícies urbanas que interferem nas condições climáticas locais são:

- a) rugosidade: influencia a direção e velocidade dos ventos e a distribuição vertical da temperatura do ar;
- b) albedo: interfere na distribuição vertical da temperatura do ar;
- c) capacidade calorífica e a condutividade dos materiais: influencia nas distribuições horizontal e vertical da temperatura do ar;
- d) permeabilidade: está relacionada com o escoamento das águas pluviais.

Quando comparadas com o meio rural próximo, as cidades têm a capacidade de gerar um ecossistema próprio que, habitualmente, é caracterizado por altas temperaturas e conseqüente desconforto térmico (VIANA & AMORIM, 2009).

O clima constitui-se numa das dimensões do ambiente urbano e seu estudo oferecem importantes contribuições ao equacionamento da questão ambiental nas cidades. As condições climáticas destas áreas, entendidas como clima urbano, são derivadas da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído, palco de intensas atividades humanas (MENDONÇA, 2003).

Nesse sentido, o clima urbano será específico para cada ambiente urbanizado mantendo relações com o ambiente regional em que está inserido, pois consiste na modificação dos elementos que compõem a atmosfera. Para Monteiro (1990), o clima urbano pode ser entendido como um sistema complexo, aberto, adaptativo que,

ao receber energia do ambiente maior, no qual se insere, transforma-a substancialmente a ponto de gerar uma produção exportada ao ambiente.

Katzschener, Reinold & Lourenco (1999) sintetizam os motivos da interferência das áreas construídas urbanas no clima regional:

- a) a cidade é uma barreira contra os ventos regionais;
- b) a cidade possui uma rugosidade não homogênea;
- c) a cidade cria, em relação as áreas vizinhas, uma ilha de calor, que depende das superfícies de revestimento e da quantidade de edifícios;
- d) nas cidades, o alto desconforto é devido às mudanças no balanço da radiação;
- e) a cidade deve ser considerada como um sistema de poluição do ar.

Segundo Romero (2001) o clima de um lugar pode ser considerado como a integração de elementos que se verificam em escalas diferentes, abrangendo desde a macro até a microescala. O clima regional cobre a maior parte de um continente na macroescala, e essas características regionais podem ser encontradas em latitudes similares, estabelecendo-se assim, uma primeira ordem de atributos, como as temperaturas das estações e o regime de chuvas.

Nesse ambiente totalmente construído e transformado, o balanço energético, o balanço hidrológico, o relevo e os elementos da atmosfera são modificados, ocasionando transformações na natureza da superfície e na atmosfera, afetando o funcionamento dos componentes climáticos (AMORIM, 2002).

A complexa geometria das superfícies urbanizadas, a forma e orientação dos edifícios, as propriedades térmicas dos materiais utilizados, a impermeabilização do solo ou o calor liberado pelas diversas atividades antrópicas, são algumas das contribuições decisivas para alterar o balanço energético nas cidades (MONTEIRO, 1997).

O balanço de energia urbana se dá de forma diferenciada de uma cidade para outra e depende de diversos fatores, tais como: tipo e cor dos materiais utilizados nas edificações, densidade de construções, pavimentação, verticalização, presença de áreas verdes e arborização nas calçadas, nos quintais das residências, etc.

Os componentes tipicamente utilizados na constituição do meio urbano têm maior capacidade de retenção de calor que os que constituem o meio rural. “O

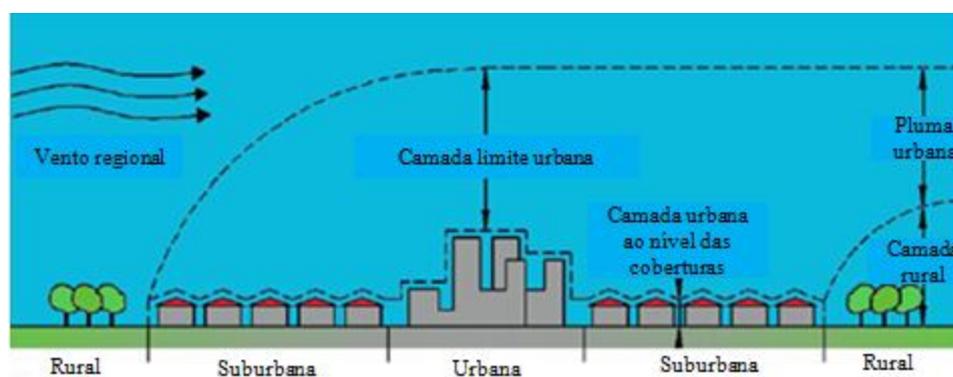
armazenamento de calor no espaço construído associado à pequena perda de calor por evaporação não faz com que o balanço final entre as perdas e os ganhos no ambiente seja nulo, criando condições para a formação de "ilhas de calor'(...)" (AMORIM, 2002).

Os materiais urbanos possuem uma capacidade térmica maior que os das áreas do entorno, além de terem melhor condutividade térmica. Por apresentar um aspecto mais rugoso que de áreas não construídas, a superfície urbana tem uma maior fricção com os ventos que a atravessam e ao mesmo tempo atua como refletora e irradiadora que, em conjunto, aumenta os efeitos da radiação incidente.

As cidades têm uma atmosfera mais instável o que proporciona diminuição na velocidade do vento em relação ao campo; assim, a tendência do ar, sob condições atmosféricas estáveis, é circular do campo (menos quente - alta pressão) em direção ao centro (mais quente - baixa pressão) (AMORIM, 2002).

Oke (1987) analisa as modificações do clima regional originadas pelo processo de urbanização considerando-se duas camadas limites, que se iniciam nos limites entre a zona rural e a urbana, quando há modificações decorrentes da ocupação e uso do solo.

Segundo o mesmo autor, a camada limite urbana (*urban boundary layer* - UBL) é "um fenômeno de escala local a meso, cujas características são governadas pela natureza da superfície urbana". A camada urbana no nível das coberturas (*urban canopy layer* - UCL) localiza-se abaixo do nível das coberturas das edificações e é "produzida pelos processos em microescala, que operam nos cânions urbanos, entre os edifícios" (Figura 1).



**Figura 1**– Camada limite urbana e camada urbana no nível das coberturas  
Fonte: Silveira (2007)

Dentro da camada da cobertura urbana (UCL), os microclimas existentes são determinados pelas características do entorno imediato, sua geometria e das propriedades dos materiais de superfície (SILVEIRA, 2007).

No Brasil, em estudo realizado em Cuiabá-MT, Callejas (2012) chegou a conclusão que o fluxo de calor armazenado dentro do dossel urbano é superior ao fluxo de calor armazenado no solo em ambientes rurais durante o dia, sendo os fluxos de calor sensível ( $Q_h$ ) por convecção térmica e latente são alimentados pela dissipação do fluxo de calor sensível armazenado dentro do dossel urbano durante o período noturno.

Nos subúrbios, o fluxo de calor sensível ( $Q_h$ ) é a principal forma de dissipar calor durante o dia. Em seguida são as perdas por evapotranspiração ( $Q_e$ ), apesar dos efeitos das áreas impermeáveis nas áreas urbanas e o armazenamento de calor sensível ( $\Delta Q_s$ ). O fluxo de calor sensível ( $Q_h$ ) mantém-se positivo no início da noite, contribuindo para o aumento da ilha de calor que ocorre no mesmo período. Já na zona rural, durante o dia, a evapotranspiração é a principal forma de perder calor, seguido pelo fluxo de calor sensível.

Considerando-se as áreas mais urbanizadas, como o centro das cidades, ou áreas residenciais ou comerciais mais densas, pode-se prever que o fluxo de calor sensível e o armazenamento de calor pelas estruturas têm um papel maior que nas áreas suburbanas, e as perdas por evapotranspiração tendem a diminuir, pela ausência de áreas verdes. As áreas verdes urbanas, como parques ou praças, tem papel importante no controle do clima urbano por funcionarem como um oásis, por serem fontes de umidade, cercados por áreas construídas secas.

A influência das áreas urbanas no clima regional, gerando o clima local, são mais evidentes quando os ventos são fracos e condições de céu claro, com radiação solar direta durante o dia e com poucas nuvens a noite.

De acordo com Oke (1987), o elevado valor do armazenamento de calor sensível ( $\Delta Q_s$ ) nas áreas urbanas, em relação às áreas rurais, não ocorre somente devido às propriedades térmicas dos materiais. Entre as razões para tal fato, o autor cita o sombreamento devido à cobertura vegetal, a maior área de absorção da radiação solar devido a geometria urbana e a redução do calor latente devido as características dos materiais urbanos.

Quanto a ventilação, em áreas urbanas ocorre modificações em relação a área rural, já que a medida que os ventos deslocam-se da zona rural para a cidade, devem-se acomodar perante os obstáculos que encontram, tais como os edifícios, as ruas, as árvores, a topografia (SILVEIRA, 2007).

Geralmente, os ventos nas áreas urbanas apresentam menores intensidades do que na zona rural. Segundo Oke (1987) ocorrem duas situações em que isto acontece de forma inversa:

a) quando os ventos são desviados para baixo na frente de um edifício alto, ou quando são canalizados ao longo de ruas com a mesma orientação dos ventos;

b) em noites sem nuvens e com ar calmo, quando o efeito da ilha de calor é potencializado e pode gerar ventos da zona rural para a cidade. Os ventos convergem no centro da cidade vindo de todas as direções e sobem, gerando um fluxo de ar da cidade para a zona rural. Caso sejam fortes para superar o efeito do atrito na área urbana, os ventos podem ter intensidade maior do que na zona rural.

### **2.3 AVALIAÇÃO DO CLIMA URBANO**

Oke (2004) apresenta metodologia para avaliação do clima nas áreas urbanas nas escalas meso, local e microclimática, e apresenta informações sobre a escolha de locais para instalação de estações meteorológicas e interpretação de dados medidos em áreas urbanas.

Nos trabalhos em áreas urbanas, a escolha das escalas temporal e espacial é importante, e o local e a exposição dos instrumentos são diferentes em cada caso. De acordo com o autor, duas escalas devem ser consideradas: a horizontal e a vertical. A escala horizontal pode ser classificada em (Tabela 1):

a) mesoescala: a influência da cidade no clima e no tempo climático da cidade como um todo; uma só estação meteorológica não é suficiente para representar esta escala;

b) escala local: representa o clima de áreas urbanas menores, com características semelhantes, cujo clima pode ser monitorado por uma única estação meteorológica;

c) microescala: representa o clima de pequenas áreas, na vizinhança de um edifício, árvores, estradas, etc; os microclimas devem ser evitados quando se deseja representar o clima local.

**Tabela 1** - Classificação das escalas horizontais

Escala	Extensão	Características	Exemplo
Mesoescala	$X > 10\text{km}$	-	Cidade
Local	$1\text{km} < X < 10\text{km}$	Mesmo tipo de cobertura do solo, atividade, tamanho e distância entre os prédios.	Bairros
Microescala	$1\text{m} < X < 1\text{ km}$	Superfícies e objetos; temperatura do ar e superficial diferentes;	Edifícios, estradas, árvores, pátios, ruas

Fonte: Silveira (2007) adaptado de Oke (2004)

Nas áreas urbanas, as trocas de calor e umidade não ocorrem em uma área plana, como nas áreas rurais, mas na camada de cobertura urbana (UCL – *urban canopy layer*). A altura da UCL corresponde aproximadamente à altura média da rugosidade dos principais elementos ( $Z_h$ ). Os efeitos microclimáticos das superfícies e dos obstáculos são sentidos dentro da camada denominada subcamada de rugosidade (RSL – *roughness sublayer*), que se estende do solo até uma altura ( $Z_r$ ), quando estes efeitos se misturam. Nas áreas densamente construídas e homogêneas,  $Z_r = 1,5 Z_h$ , mas nas áreas com baixa densidade,  $Z_r = 4 Z_h$ . Quando os instrumentos de medição estão localizados em alturas menores que  $Z_r$ , os dados referem-se aos microclimas. Quando estão em alturas maiores que  $Z_r$ , representam o clima local, pois registram os dados após estes se misturarem (SILVEIRA, 2007).

De acordo com Taesler (1986) apud Assis (2000), existem métodos mais apropriados para estudo do clima urbano na escala da camada urbana ao nível das coberturas (UCL) e para a camada limite urbana (UBL). Na primeira (UCL), são abordadas as diferenças entre a área rural e a urbana, bem como as variações intraurbanas. Para a coleta da área rural e urbana, os dados climáticos são observados através de estações meteorológicas fixas. Já nas variações intra-urbanas, a metodologia de medidas móveis em transectos, combinadas com registros contínuos, são utilizadas para detalhar a distribuição da temperatura horizontal nesta escala. As medições na camada limite urbana (UBL) são associadas a programas de controle de poluição do ar.

De acordo com Givoni (1989), as trocas de energia que afetam diretamente os moradores da cidade ocorrem na camada intra-urbana, e a natureza das superfícies e a forma das diversas estruturas urbanas afetam e condicionam essas trocas de energia.

Monteiro (1976) desenvolveu uma metodologia de análise em que considera o clima urbano como um sistema, denominado Sistema Clima Urbano (SCU), composto de subsistemas, que se articulam segundo canais de percepção climática. A cidade gera um clima próprio, o clima urbano, que é o resultado da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite urbano, agindo no sentido de alterar o clima em escala local. Os efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes.

Monteiro (2003) deu ênfase à escala horizontal e propõe o relacionamento das unidades climáticas com as ordens de grandeza taxonômicas das formas e comunidades (ou níveis) de urbanização. Assim, possibilitou relacionar, de modo escalonado, as unidades de urbanização desde a habitação até a região urbana. A unidade climática abordada nesta pesquisa é o mesoclima.

No estudo do clima urbano, as características morfológicas das áreas urbanas definem a dimensão das escalas, por terem influência na atmosfera. De acordo com Oke (2004) as principais características são:

- a) a estrutura urbana: dimensões dos edifícios e dos espaços entre eles, largura das ruas e espaçamentos;
- b) a cobertura do solo: área construída, pavimentada, arborizada, solo nu, água;
- c) o tecido urbano: materiais naturais e artificiais;
- d) o metabolismo urbano: as atividades, a produção de calor, de água (tais como: uso de chafariz, espelhos d'água, irrigação, etc.) e de poluentes.

O autor analisou as formas urbanas em relação a rugosidade, porcentagem de área impermeável, relação altura/largura das edificações, para classificar as diferentes áreas urbanas em função da sua morfologia e atividades. A classificação da rugosidade feita de acordo com Davenport et al. (2000) apud Oke (2004).

Para medições realizadas nas áreas urbanas, cujo objetivo seja monitorar o clima local, Oke (2004) apresentou duas abordagens, tendo em vista a zona de influência sobre os instrumentos:

a) Localizar o lugar das medições dentro da camada de cobertura urbana (UCL), num ponto cercado pelas condições típicas de exposição e localizar os sensores a uma altura similar a das estações meteorológicas não urbanas. Neste caso, pressupõe-se que o fluxo de ar ao redor dos obstáculos é capaz de misturar as propriedades e representar o clima local. Esta abordagem é boa para medições da temperatura e umidade do ar.

b) Localizar os sensores em um poste acima da subcamada de rugosidade (RSL), e assim obter valores que podem ser extrapolados para a camada de cobertura urbana (UCL). Esta abordagem é indicada para medições da velocidade, direção do vento e precipitações.

De acordo com Grimmond (2007) apud Silveira (2007), para estudos sobre o clima local, a altura dos instrumentos deve ser maior que duas vezes a altura dos elementos da rugosidade do lugar (RSL), de maneira que se obtenham valores após a mistura das propriedades.

A autora apresentou a classificação das escalas climáticas para estudos do clima urbano (Tabela 2).

**Tabela 2**–Classificação das unidades da camada de cobertura urbana

<b>Unidades</b>	<b>Características construtivas</b>	<b>Escala horizontal típica</b>	<b>Escala climática</b>
Edifício	Edifício	10m x 10m	Microescala
Cânion	Rua, cânion	30m x 40m	Microescala
Quarteirão	Quarteirão	0,5km x 0,5km	Microescala
Classe de uso do solo	Centro urbano, residencial, industrial	5km x 5km	Escala local
Cidade	Área urbana	25km x 25km	Mesoescala
Região urbana	Cidade e seu entorno	100km x 100km	Mesoescala

Fonte: Silveira (2007) adaptado de Grimmond (2007)

Neste contexto, a identificação detalhada dos diferentes espaços intra-urbanos é de grande relevância, pois a partir desta, é possível elencar os fatores causadores da diferenciação climática do ambiente urbano. Neste sentido, Monteiro (2003) citou que “[...] é a extensão espacial do fenômeno urbano, em sua interação com a paisagem na qual está inserido, que define o seu ambiente atmosférico”. Ainda relata que “[...] a particularidade climática está vinculada às dimensões da cidade, ou seja,

quanto menor o seu tamanho, menor também será sua expressividade ou singularidade climática dentro das condições atmosféricas no âmbito regional”. Neste sentido, afirmou que o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.

Em Cuiabá, o primeiro estudo de clima urbano foi realizado por Maitelli et al. (1991), visando identificar variações térmicas e de umidade do ar. Outras pesquisas foram realizadas por Maitelli (1994) que analisou a série climatológica histórica de 1901 a 1992, realizou o balanço de energia na área central da cidade, identificou e localizou a ilha de calor urbana; Duarte (2000) mediu numericamente a correlação entre a temperatura do ar e algumas variáveis familiares ao planejamento urbano, mostrando que as variáveis taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento mantêm correlação positiva com a temperatura do ar, e refletem uma maior influência da densidade construída sobre o período noturno.

No Programa de Pós-graduação em Física Ambiental foram realizadas pesquisas na área do clima urbano como a de Oliveira (2011) que analisou a influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas, chegando a seguinte conclusão nesta pesquisa:

“Observou-se que regiões mais arborizadas e com sombra densa, apresentaram menores valores de temperatura superficial, quando comparados com aquelas não arborizadas. Isto confirma que a vegetação contribuiu significativamente para o não aquecimento das superfícies do solo das praças. Como as diferenças não se confirmaram em todos os períodos recomenda-se em trabalhos futuros a continuidade destas investigações com controle rigoroso das temperaturas superficiais.”

Callejas (2012) realizou uma avaliação temporal do balanço de energia em ambientes urbanos, e dentre outras conclusões, observou os principais efeitos ocasionados pela modificação do solo no fluxo de calor:

“O fluxo de calor antropogênico (QF) dissipado dentro do dossel urbano pela ação antrópica tem pouca contribuição na energia disponível no meio durante o dia, no entanto, durante a noite, devido à supressão da radiação solar direta, sua contribuição chega representar 30% da energia disponível.”

Barros (2012) estudou a dimensão fractal e ilhas de calor urbanas para bairros residenciais na cidade de Cuiabá, e conclui que:

“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.”

### **2.3.1 Método de Transectos Móveis**

O estudo do ambiente atmosférico no Brasil evidencia um desenvolvimento considerável em sua proposição teórica e metodológica, por causa de significativa originalidade, ou pela multiplicidade de experiências feitas por meio de diferentes estudos de casos (MENDONÇA, 2003).

Até a década de noventa, pouco havia se avançado na utilização de equipamentos analógicos e digitais nestes estudos no Brasil, sobretudo devido ao elevado valor dos mesmos. A partir dos anos noventa o emprego de mini-estações meteorológicas automáticas começou a ser utilizado. Mesmo assim, os dados eram pontuais por causa do alto custo dessas estações (MENDONÇA, 2003).

A partir de então, iniciou-se a utilização da técnica de medidas móveis em transectos. As medidas móveis são usualmente utilizadas para detalhar a distribuição horizontal das variáveis do clima.

O método do transecto consiste em caminhar ao longo de um percurso previamente determinado, registrando as medições em pontos com distâncias pré determinadas. O comprimento do transecto e a distância entre os pontos amostrados dependem dos objetivos do estudo, do tempo disponível e da finalidade a amostrar (KREBS, 1989).

Neste método, os sensores são normalmente instalados em veículos ou carregados manualmente por uma pessoa ao longo de um trajeto específico do ambiente de estudo (ALVES, 2010).

O método dos transectos móveis é de grande utilidade, pois permite avaliar o comportamento da temperatura e umidade do ar em cada intervalo de percurso e cobrir grande parte da área de estudo, otimizando quanto a acurácia das medidas. Esse método vem sendo usado largamente, por possibilitar multiplicar o número de observações, se comparado com estações fixas, propiciando um maior detalhamento da camada atmosférica, favorecendo a análise microclimática (LOMBARDO, 1985; GARTLAND, 2010).

A utilização desta técnica requer certos cuidados como a duração do percurso, pois em trajetos longos, a diferença de tempo entre a primeira e a última medida

pode ser significativa, o que pode interferir nos resultados (PEZZUTO, 2007; GARTLAND, 2010), além do que a proteção dos sensores contra radiação solar e a posição dos instrumentos são de extrema importância para a acurácia das medidas.

Essa metodologia foi empregada primeiramente por Oke (1982), e posteriormente por Maitelli (1994), Pitton (1997), Amorim (2002), Araújo et al. (2008), Alves (2010) e Barros (2012) entre outros, cujos trabalhos demonstram a eficiência deste procedimento.

## **2.4 CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA URBANA QUE INFLUENCIAM O CLIMA**

As mudanças do clima urbano são compostas de vários fatores. Uma é a mudança no uso e cobertura do solo. Como resultado da construção urbana, substituindo o solo com vegetação natural por solo impermeável que afeta a absorção de ondas longas e reflexão da radiação solar. As atividades humanas são um dos fatores mais importantes que afetam o clima urbano. Até agora, estudos sobre as mudanças na umidade urbana ainda são controversos e menos documentados, enquanto que as mudanças de temperatura nas áreas urbanas são melhores compreendidos e estudados (WEIDONG et al., 2009).

A relevância de estudos dessa natureza está em viabilizar maior conhecimento sobre as características da atmosfera urbana e rural, principalmente no que se refere às mudanças climáticas associadas ao uso e a ocupação do solo. As características urbanas associadas aos tipos e graus de adensamento e uso que recobrem o solo têm a capacidade de modificar as características dos elementos climáticos que compõem a atmosfera local (OLIVEIRA, 2011).

Segundo Monteiro (1990) é necessário adentrar a cidade e identificar os aspectos dos diferentes dinamismos da vida urbana, como: tráfego de veículos automotores, concentração de aparelhos de ar condicionado, remoção da cobertura vegetal, canalização de córregos, adensamento de construções. Por fim, a cidade deve ser estudada inserindo-a em seu entorno, articulando-se o urbano, o suburbano e o rural.

Givoni (1998) relaciona alguns fatores da estrutura da cidade que influenciam no clima urbano, sendo os principais elementos: a localização da cidade na região, o tamanho da cidade, a densidade da área construída, uso do solo urbano, altura dos

edifícios, orientação e largura das ruas, subdivisão dos lotes, os efeitos dos parques e outras áreas verdes e o desenho especial de detalhes dos edifícios que afetam as condições externas.

Romero (1988) elaborou alguns princípios bioclimáticos para o desenho urbano, orientados pelas características do clima, visando ao equilíbrio térmico entre o homem e o meio. Entre os princípios, descreve critérios para a seleção do sítio, onde define parâmetros para a localização, ventilação e insolação. Quanto à morfologia do tecido urbano, os princípios foram elaborados, considerando a forma, as ruas, os lotes e o tamanho dos espaços públicos.

Dentro da camada de cobertura urbana (UCL), o cânion urbano é a unidade padrão para o estudo do microclima. Os cânions são formados por três superfícies (paredes e piso) e três lados abertos. O microclima nos cânions é determinado pelas características radiativas, térmicas e de umidade dos materiais construtivos, pela geometria do cânion (relação altura e largura) e pela orientação solar e em relação aos ventos (OKE, 1987).

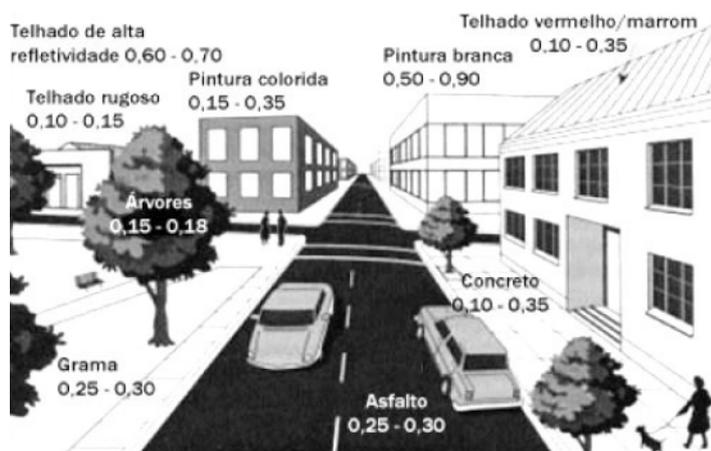
De acordo com Landsberg (1981), nos cânions urbanos, as condições de radiação são alteradas devido a mudança do horizonte, que afeta a duração da luz do sol e da iluminação, e pelas interações entre as fachadas dos edifícios em ruas estreitas e entre os edifícios e a superfície das ruas.

A capacidade de reflexão e absorção dos diversos materiais, em relação à luz e ao calor, depende diretamente de suas propriedades físicas como densidade, textura e cor. Influenciam consideravelmente na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera, contribuindo para o aumento da temperatura do ar (BARBIRATO et al., 2007).

Para Romero (1988) a radiação solar pode ser refletida e absorvida pelas superfícies opacas nas quais incide, sendo o fluxo incidente igual à soma dos fluxos absorvidos e refletidos. A quantidade de absorção e reflexão dessa radiação depende das características e forma das superfícies, ou seja, está relacionada com as propriedades termodinâmicas dos materiais, expressas através do albedo, absorção e emissividade.

Diferentes tipos de revestimentos e materiais urbanos possuem albedos diferenciados e suas propriedades termo-físicas influenciam fortemente na qualidade

térmica dos recintos urbanos. Os materiais que possuem albedo baixo e condutividade térmica alta proporcionam um microclima suave e estável, enquanto que o inverso contribui para a criação de um microclima de extremos (Figura 2).



**Figura 2** - Albedo de materiais e superfícies urbanas

Fonte: Espereenc, 2003 apud Barbirato et al. (2007)

Devido às características de ocupação do solo, os componentes do ambiente urbano são modificados da seguinte forma (MENDONÇA, 1994):

- a) A radiação solar global é nas cidades reduzida de 15 a 20% e o ultravioleta de 5 a 30%; a radiação solar direta é também inferior à da área rural;
- b) A temperatura média anual e a temperatura mínima de inverno são superiores à rural cerca de 0,5°C a 1,0°C e 1,0°C a 2,0°C, respectivamente;
- c) O fluxo de calor latente é mais importante na área rural, enquanto o fluxo de calor sensível é mais importante nas cidades, sendo nestas alimentado pelo calor antropogênico e pela maior participação da superfície urbana nos processos de ondas longas;
- d) A maior concentração de aerossóis nas cidades aumenta em torno de 50 vezes o total de núcleos de condensação, elevando assim a nebulosidade urbana em relação à área rural e natural;
- e) A precipitação urbana é relativamente superior (5 a 10%) às demais áreas, enquanto a umidade relativa se comporta de maneira inversa (média anual é inferior a 6%);
- f) A estrutura e morfologia urbana condicionam a movimentação do ar direcionando e reduzindo (de 10 a 30%) a velocidade do vento.
- g) O albedo médio das cidades é de 0,15, enquanto nas áreas rurais é de 0,18 a 0,25 e superior nas áreas florestadas, sendo que a insolação é cerca de 5 a 15% inferior à da área rural.”

O sombreamento proporcionado pela vegetação traz melhoras microclimáticas pelo fato de filtrar a radiação solar. Uma área sombreada é fracamente atingida pela radiação solar direta incidente e, assim, a temperatura radiante daquela superfície é menor o que diminui a radiação de ondas longas emitida. Essas condições diminuem a possibilidade de aumento de temperatura do ar,

devido ao contato com essa superfície através dos processos de convecção e condução (SHINZATO, 2009).

Segundo Heisler (1986), as árvores influenciam diretamente o fluxo de calor da radiação térmica ao bloquear a radiação solar, evitando o aumento da temperatura da superfície. Em seus estudos, a posição das árvores é determinante para oferecer um sombreamento adequado e reduzir a radiação direta que chega aos edifícios.

Segundo Cohen et al. (2012) diversos estudos têm investigado o impacto da parques urbanos no microclima e descobriram que a redução da temperatura em um ambiente arborizado urbano pode chegar até 4°C.

Estudos das temperaturas do ar e das superfícies e da circulação do ar dentro dos cânions urbanos, através da análise do balanço térmico, visa otimizar o consumo de energia das edificações, o conforto térmico dos pedestres e a dispersão dos poluentes.

Os primeiros estudos sobre o clima urbano aconteceram no começo do século XIX, na Europa. O trabalho de Howard (1833) apud Landsberg (1981), publicado em 1818, sobre o clima de Londres foi um dos primeiros a observar as diferenças de temperatura entre a cidade e o meio rural.

De acordo com Pezzuto (2007), no Brasil, a partir da década de 1960, a preocupação com a queda da qualidade ambiental das grandes cidades brasileiras foi um dos fatores que impulsionaram o surgimento de estudos relacionados ao clima urbano no país. Cidades de pequeno, médio e grande porte foram o alvo das investigações, a maioria delas na região centro-sul do país, tendo-se intensificado e distribuído pelo território nacional na década de 1990.

De acordo com Lombardo (1985), em seu estudo sobre a cidade de São Paulo, existe uma estreita relação entre os tipos de uso do solo urbano e a variação de temperatura superficial. As altas temperaturas são verificadas em áreas onde o crescimento vertical é intenso, existem altas densidades demográficas e pouca vegetação, principalmente em setores industriais e residenciais. Contudo as regiões que possuem uma maior concentração de espaços livres, com vegetação ou próximos a reservatórios de água, sofrem acentuados declínios de temperatura.

Frota & Schifer (2003) dizem que as cidades são produtoras de calor. A produção de mercadorias e transportes de pessoas requer o uso elevado de

equipamentos termoeletricos e de combustão. Além disso, os volumes das edificações modificam o curso natural dos ventos, prejudicando a ventilação natural no interior das construções individualmente. Também a poluição em um meio urbano altera as condições do ar quanto a sua composição química e odores.

Os estudos sobre clima urbano podem auxiliar significativamente na elaboração das leis de parcelamento, uso e ocupação do solo e no código de obras das cidades. Dessa forma, os problemas gerados pela urbanização poderiam ser amenizados. É importante a conscientização social, para a implantação de áreas verdes e a realização de campanhas para a ampliação e o monitoramento da vegetação urbana.

Monteiro & Mendonça (2003) evidenciaram que a elaboração e implementação de planos como orientadores das atividades humanas tem sido o melhor caminho para o desenvolvimento objetivo da sociedade, de forma que:

“A contenção da degradação ambiental, particularmente da miséria social como parte daquela, se constitui num primeiro passo para a melhoria das condições de vida da sociedade urbana; a urgência do planejamento urbano, em países como o Brasil, nunca se fez tão clara.”

Berlim/Alemanha constitui num exemplo de criação de espaços verdes no tecido urbano com os jardins populares funcionalistas e criação de novos parques populares. Em Londres/Inglaterra fez-se a construção de cinturão verde a partir da década de 40. Curitiba/Brasil é um dos poucos exemplos no país de cidades que apresentam boa quantidade de áreas verdes em relação ao número de habitantes.

## **2.5 ANOMALIAS TERMO-HIGROMÉTRICAS**

As anomalias que ocorrem na umidade e na temperatura são oriundas do aquecimento diferenciado das diferentes feições do ambiente urbano, são elas: ilha de calor (IC), ilha de frescor (IF), ilha úmida (IU) e ilha seca (IS) (ALVES, 2010).

### **2.5.1 Ilha de Calor**

As alterações geradas pelo ambiente urbano no clima regional têm como fenômeno mais característico, a formação de ilha de calor sobre as cidades, que se caracterizam pelo aumento da temperatura do ar, devido a morfologia urbana, as propriedades térmicas dos materiais de revestimento do solo e dos edifícios e a

ausência de áreas verdes, alterando o balanço da radiação nas áreas urbanas (SILVEIRA, 2007).

O fenômeno ilha de calor é formado através das diferenças do balanço de energia entre a cidade e o campo, sendo uma anomalia térmica, com dimensões horizontais, verticais e temporais. Suas características estão relacionadas com a natureza da cidade (tamanho, densidade de construções e uso do solo) e com as influências externas (clima, tempo e estações).

A amplificação da temperatura do ar urbano conhecido como ilha de calor urbano (ICU) é definida como a diferença entre as temperaturas medidas no espaço urbano e os valores medidos no espaço não urbano que o rodeia (COHEN et al., 2012).

A máxima intensidade da ilha de calor é observada sob condições de tempo atmosférico ideal: céu claro e ventos fracos. Horizontalmente, há diminuição da temperatura do ar e aumento da umidade à medida que há a aproximação com o campo (OKE, 1982).

De acordo com Oke (1978) as principais causas da formação da “ilha de calor” nas cidades são:

- a) O aumento da entrada de radiação de ondas longas, devido a absorção da mesma que sai e é reemitida pelos poluentes da atmosfera urbana;
- b) Menores perdas de radiação de ondas longas nas ruas e canyons urbanos, devido à redução do Fator de visão do céu (*sky view factor*) pelos prédios e edifícios;
- c) Maior absorção da radiação de ondas curtas pela superfície urbana, devido ao efeito das construções no albedo;
- d) Grande estocagem de calor durante o dia, devido às propriedades térmicas dos materiais urbanos e grande emissão de radiação durante a noite;
- e) Adição de calor antropogênico na área urbana, devido à utilização de aquecedores e refrigeradores, transportes e operações industriais;
- f) Menor evaporação, devido à retirada da vegetação e à diminuição de superfícies líquidas, o que diminui o fluxo de calor latente ou evapotranspiração e aumenta o fluxo de calor sensível.

De acordo com Oke (1987), a ilha de calor está relacionada também com o tamanho da cidade, porém, mesmo nos municípios com população de 1.000

habitantes, a ilha de calor é sentida, assim como no entorno de shoppings ou pequenos grupos de edifícios. A Tabela 3 apresenta as várias hipóteses de formação da ilha de calor, relacionadas com as características da urbanização.

**Tabela 3**– Classificação das unidades da camada de cobertura urbana

<b>Aspectos do balanço de energia alterados que causam anomalia térmica</b>	<b>Características da urbanização que favorecem as mudanças no balanço de energia</b>
Aumento da absorção de radiação de ondas curtas	Geometria do cânion – aumento da área superficial e das múltiplas reflexões
Aumento da radiação de ondas longas da abóboda celeste	Poluição do ar – maior absorção e re-irradiação
Redução da perda por radiação de ondas longas	Geometria do cânion - redução do fator de visão do céu
Fontes antropogênicas de calor	Perdas de calor dos edifícios e do trânsito
Aumento do acúmulo de calor sensível	Materiais de construção – aumento da admitância
Redução da evapotranspiração	Materiais de construção – aumento da impermeabilização
Redução do total de calor perdido por convecção	Geometria do cânion – redução da velocidade dos ventos

Fonte: Oke (1987)

Gomez & Garcia (1984) apud Brandão (2003) realizaram estudos em Madri, apresentando uma classificação da magnitude de ilhas de calor, em função da intensidade sendo agrupadas em categorias:

- a) Fraca: com diferenças entre 0 a 2°C;
- b) Moderada: com intensidade entre 2 a 4°C;
- c) Forte: entre 4 a 6°C;
- d) Muito Forte: com intensidade maior que 6°C.

Comparando-se as temperaturas do ar entre uma zona urbana e a zona rural adjacente, a principal característica é o reduzido resfriamento na área urbana no início da noite, ao tempo em que, na zona rural, a temperatura do ar diminui rapidamente após o pôr-do-sol. As diferenças de temperatura do ar são maiores durante a noite, e atingem o valor máximo entre 3 a 5 horas depois do crepúsculo. Durante o dia, as temperaturas rapidamente se igualam. A ilha de calor é mais intensa a noite, em situações de ventos fracos e céu descoberto, quando as diferenças entre os microclimas são mais evidenciadas (OKE, 1987).

Uma das consequências da ilha de calor na cidade é a formação de uma circulação do ar característica, onde o ar da região central se aquece e sobe, e o ar da

periferia converge para o centro da cidade, onde se encontra o pico da ilha de calor, formando-se, assim, um "domo" de poluição sobre a cidade. Este ar, que vem da periferia originariamente limpo e úmido (nem sempre, pois a periferia pode já estar também poluída), conforme vai atravessando a cidade, que se apresenta sem áreas verdes e com um intenso tráfego, vai adquirindo cada vez mais poluentes e vai aos poucos diminuindo a umidade relativa do ar, chegando à região central carregado de poluentes. Este processo concentra as partículas poluidoras no centro da cidade. A situação pode ainda se agravar, pois "Devido à absorção de luz solar pelas partículas, especialmente na parte superior do domo, a inversão térmica é intensificada, e os poluentes ficam aprisionados com maior força na cidade" (NUCCI & CAVALHEIRO, 1999).

Segundo os mesmos autores, deve-se lembrar que a ilha de calor, quando instalada, dificulta ou mesmo impede a troca de ar da cidade com seu entorno não urbanizado, e a circulação do ar passa a processar-se, internamente, de forma 'viciada'.

Silveira (2007) destaca que entre os parâmetros de maior importância para o controle da ilha de calor e do consumo de energia nas áreas urbanas, pode-se citar o albedo das superfícies, as áreas verdes, a geometria das ruas e a produção antropogênica de calor.

A geometria urbana (relação H/W – relação entre altura dos edifícios e largura das vias) é fundamental na formação da ilha de calor, por ter influência no processo de absorção da radiação solar e da radiação de ondas longas emitida pelas superfícies dos edifícios e do solo, na redução das perdas de calor devido aos ventos e na produção antropogênica de calor.

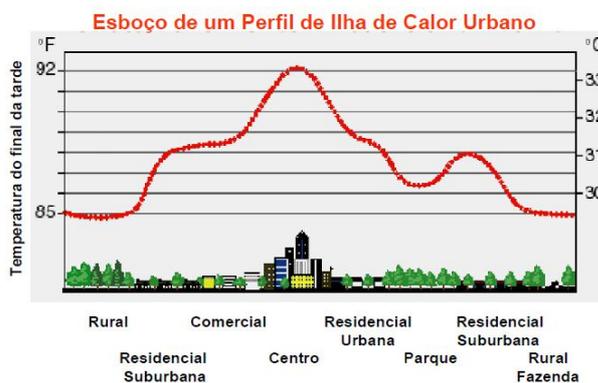
Para cada cidade e cada bairro, as estratégias visando ao controle da ilha de calor dependem das características do ambiente urbano, das atividades humanas e das condições meteorológicas. Entre as principais causas da ilha de calor nas cidades, Grimmond (2007) aponta:

- a) O aumento da área superficial vertical;
- b) As características térmicas dos materiais superficiais;
- c) As características da umidade nas áreas urbanas;
- d) O suprimento de energia adicional devido as atividades antropogênicas;

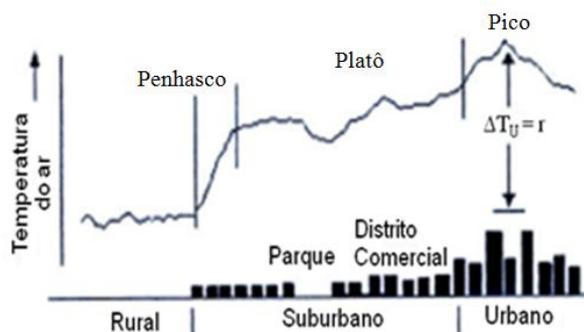
e) A poluição do ar.

O desempenho das áreas urbanas, portanto, depende das características do clima, da morfologia e dos materiais utilizados no recinto urbano que devem ser empregados de acordo com o clima da região, a fim de se obterem espaços adequados as atividades humanas.

Oke (1974) apud Souza (2010) traçou o perfil das ilhas de calor dos grandes centros urbanos, descrevendo que o local da cidade com maior atividade antrópica, normalmente o centro, se caracteriza por ser mais quente que os bairros residenciais e periféricos. Esse perfil foi chamado de “perfil clássico das ilhas de calor” (Figura 3a). Destacou o centro da cidade como o “pico” (*pick*) da ilha de calor. A temperatura vai diminuindo gradativamente conforme aumenta a distância do centro chegando ao que o autor caracteriza por “platô” (*plateau*). O limite entre a área urbana e a área rural é representado pela queda brusca da temperatura, que o autor conceitua como “penhasco” (*cliff*) (Figura 3b).



(a)



(b)

**Figura 3** - Perfil clássico da ilha de calor de grandes centros urbanos (a) e Representação esquemática de uma seção transversal genérica de uma típica ilha de calor urbano (b)

Fonte: Adaptado de Oke (1978)

Comparações entre o urbano e o rural constituem a melhor via para apreender e avaliar a modificação climática causada pelo processo de urbanização. O ar escoado da zona rural para a cidade encontra um novo e muito diferente grupo de conduções de fronteiras, a fronteira da camada urbana, os canyons entre os prédios (OKE, 1978).

Lombardo (1985) relata que é nas áreas urbanas que os sistemas naturais mais sofrem alterações, causadas pela ação antrópica, principalmente por conta dos elementos que constituem a cidade, como: remoção da cobertura vegetal, impermeabilização do solo através de espessas camadas asfálticas e de cimento, que impossibilitam a infiltração da água das chuvas, modificando o regime de escoamento superficial e de evaporação d'água do solo, o que implica na redução da umidade relativa do ar.

### **2.5.2 Ilha de Frescor**

As ilhas de frescor (IF) são anomalias térmicas que se caracterizam por apresentarem temperaturas menores que seu entorno, sendo este fenômeno intimamente ligado a ação das áreas verdes, das lâminas d'água e dos parques urbanos (ALVES, 2010).

No processo de transpiração das plantas, ocorre a liberação do vapor d'água nos seus arredores, gerando uma perda considerável de energia. Com isso a vegetação urbana tem um papel fundamental no conforto térmico urbano, em que parques e praças, se transformam em ilhas de frescor, criando um mosaico urbano de microclimas (COLTRI, 2006).

### **2.5.3 Ilha de Umidade**

As ilhas úmidas ou ilhas de umidade ocorrem no meio urbano devido a maior arborização de alguns locais, a presença de corpos hídricos, e são caracterizadas por apresentarem claramente taxas mais elevadas de umidade se comparadas as taxas de outros ambientes que não possuem árvores e superfícies com água. Geralmente as ilhas úmidas estão intimamente ligadas às ilhas de frescor.

#### **2.5.4 Ilha Seca**

As ilhas secas são observadas em decorrência da falta de arborização, e de superfícies com lâmina de água, ocorrem normalmente em locais que apresentam uma configuração espacial extremamente antrópica, com edifícios, casas, comércio etc.

As ilhas de calor se correlacionam com as ilhas secas, assim como, as ilhas de frescor se correlacionam com as ilhas de umidade, porque a umidade relativa é inversamente proporcional à pressão de saturação do vapor de água, que por sua vez é diretamente proporcional à temperatura do ar (TUBELIS & NASCIMENTO, 1984).

### **2.6 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E LOCALIZAÇÃO DE CUIABÁ**

Segundo Ruas (2002) o Brasil possui uma grande extensão territorial e, por isso, apresenta diferentes regimes de chuvas e de temperaturas. De Norte a Sul encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais. No Norte do país verifica-se um clima equatorial chuvoso, praticamente sem estação seca. O Nordeste caracteriza-se por um clima semi-árido onde a estação chuvosa, com baixos índices pluviométricos, restringe-se a poucos meses. As regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem a influência tanto de sistemas de latitudes médias como dos tropicais, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa no verão. O Sul do Brasil sofre mais influência dos sistemas de latitudes médias e as chuvas durante o ano são principalmente causadas pelos sistemas frontais.

Segundo o mesmo autor, com relação às temperaturas, observam-se nas regiões Norte e Nordeste um clima quente com temperaturas elevadas e com pouca variabilidade durante o ano. O Sudeste e o Centro-Oeste, devido às suas localizações latitudinais caracterizam-se por serem regiões de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias. O Sul do país é a região com maior variabilidade térmica anual embora a distribuição regional das temperaturas seja bastante uniforme. No inverno é frequente a penetração de massa de ar frio de altas latitudes, o que contribui para a predominância de baixas temperaturas.

Segundo Duarte (1995) devido à configuração geográfica, a extensão territorial, o relevo e a dinâmica das massas de ar, o território brasileiro tem uma grande variedade climática, sendo que na região Centro-Oeste o clima quente domina, tendo como característica mais marcante a frequência quase que diária de temperaturas altas, principalmente em Mato Grosso e Goiás, onde nos meses mais quentes, setembro e outubro, podem ocorrer máximas superiores a 40°C.

Com clima Tropical Continental, sem influência marítima, onde já foi detectada a interferência do uso do solo urbano na ocorrência de ilhas de calor (MAITELLI, 1994), Cuiabá apresenta baixa frequência e velocidade média dos ventos, que torna a influência do espaço construído sobre a temperatura do ar mais perceptível, já que as trocas térmicas por convecção são minimizadas.

Segundo Maitelli (1994) o clima de Cuiabá é do tipo AW de Koppen (temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno), isto é, Tropical semi-úmido, com quatro a cinco meses secos e duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão).

As características regionais das chuvas são tipicamente tropicais, ou seja, máximas no verão e mínimas no inverno, sendo que mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipitam de novembro a março, e se devem, quase que exclusivamente, aos sistemas de circulação atmosférica, que ocorrem, principalmente, em número de três: Sistemas de Correntes Perturbadas de Oeste, de Norte e de Sul. Em média ao longo dos anos as mínimas são de 5°C e as máximas chegam a 41°C. O índice pluviométrico é caracterizado por diferenças, pois em sua maioria o inverno é bastante seco e o verão muito chuvoso. A média na região é de 1500 mm/ano.

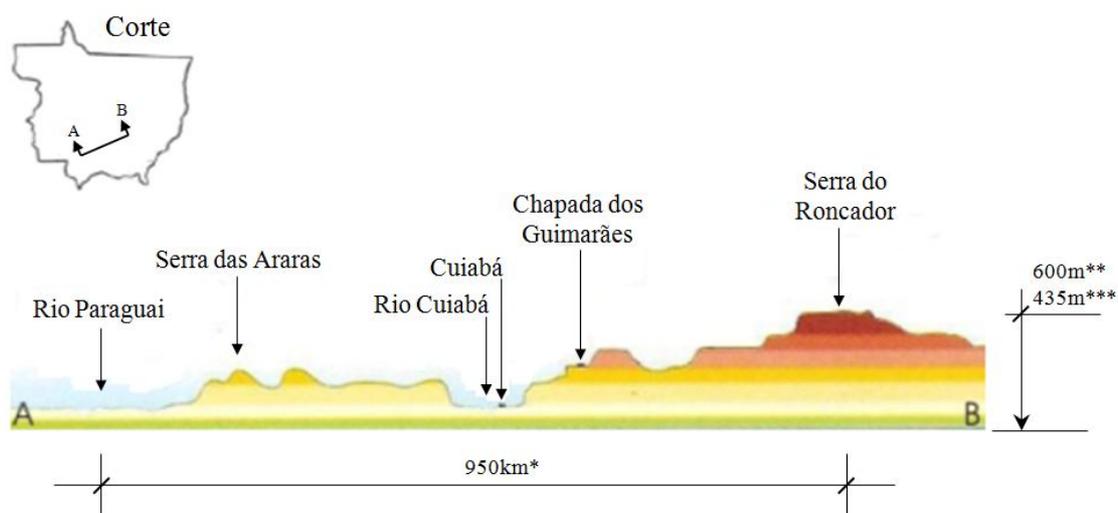
Em Cuiabá a direção do vento predominante é N (norte) e NO (noroeste) durante grande parte do ano, e S (sul) no período do inverno. Os Sistemas de Correntes Perturbadas de Oeste se caracterizam pela invasão de ventos de oeste e noroeste, no final da primavera e verão; os Sistemas de Correntes Perturbadas de Norte acarretam chuvas no verão e os Sistemas de Correntes Perturbadas de Sul são representados pela invasão do anticiclone polar (DUARTE, 1995).

Dessa forma, durante a primavera-verão, a temperatura se mantém constantemente elevada, principalmente na primavera, ocasião em que o sol passa

pelos paralelos da região, dirigindo-se para o Trópico de Capricórnio e a estação chuvosa ainda não teve início. No inverno, são registrados tempos estáveis, grande secura do ar, altas amplitudes térmicas diárias e elevadas temperaturas. Entretanto, frequentemente ocorrem baixas de temperatura resultantes da invasão do Anticiclone Polar, que transpõe a Cordilheira dos Andes, após caminhar sobre o oceano Pacífico e chega a região, provocando um forte declínio na temperatura do ar, com céu limpo e pouca umidade específica. A essa ação direta do Anticiclone Polar dá-se o nome de “Friagem” e sua duração é, em média, de três a quatro dias (NOGUEIRA et al., 2005).

Cuiabá está a uma altitude de 165 metros acima do nível do mar, variando em sua área urbana de 146 a 250 metros. Situa-se na província geomorfológica denominada Depressão Cuiabana que consiste numa peneplanície de erosão, onde predominam relevos de baixas amplitudes. Na área urbana e seu entorno, assinala sete unidades distintas segundo o modelo do relevo: canal fluvial, dique marginal, planície de inundação, área alagadiça, área aplainada, colinas e morrotes, que apresentam características próprias e comportamento específico quanto às diversas formas de uso e ocupação do solo (CUIABÁ, 2004).

A cidade é conhecida pelo seu rigor climático, cujas características de clima tropical são acentuadas por sua localização geográfica da cidade. Segundo Maitelli (1994) a depressão cuiabana, parte integrante da depressão do Rio Paraguai, compreende uma área rebaixada, localizada à margem esquerda do Rio Cuiabá, limitando-se ao sul com Pantanal Mato-grossense. A oeste, noroeste e norte com a Província Serrana e a leste com a Chapada dos Guimarães. Localiza-se na confluência de três importantes biomas brasileiros: o Pantanal, o Cerrado e a Floresta Amazônica (Figura 4).



\* Distância aproximada \*\* Em relação ao nível do mar \*\*\* Em relação a Cuiabá

**Figura 4-** Corte esquemático do mapa físico de Mato Grosso

**Fonte:** Adaptado de Moreno et al. (2006)

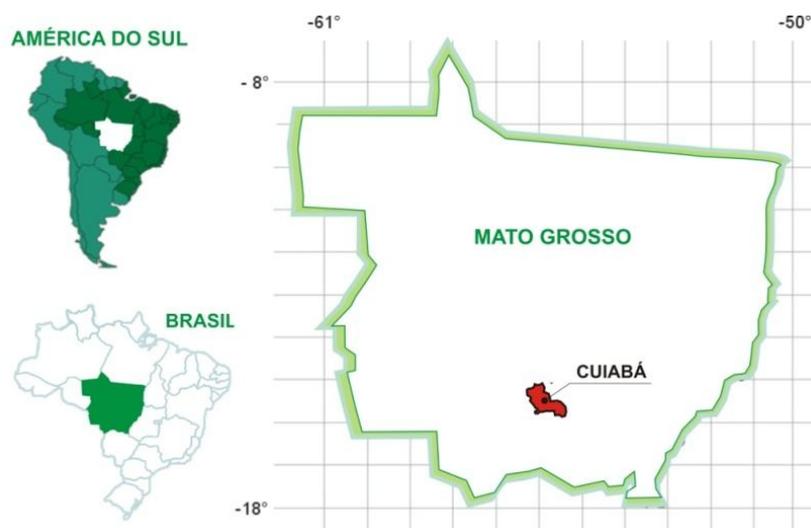
A partir desses conceitos básicos, tem-se o embasamento teórico para estudos que pretendam analisar as interferências da ocupação do solo no clima urbano, sendo apresentando a seguir a área de estudo desta pesquisa.

### 3    **ÁREA DE ESTUDO**

Esta pesquisa foi desenvolvida no município de Cuiabá-MT, capital do Estado de Mato Grosso, na macrozona urbana do município.

#### 3.1 ASPECTOS FÍSICOS DE CUIABÁ

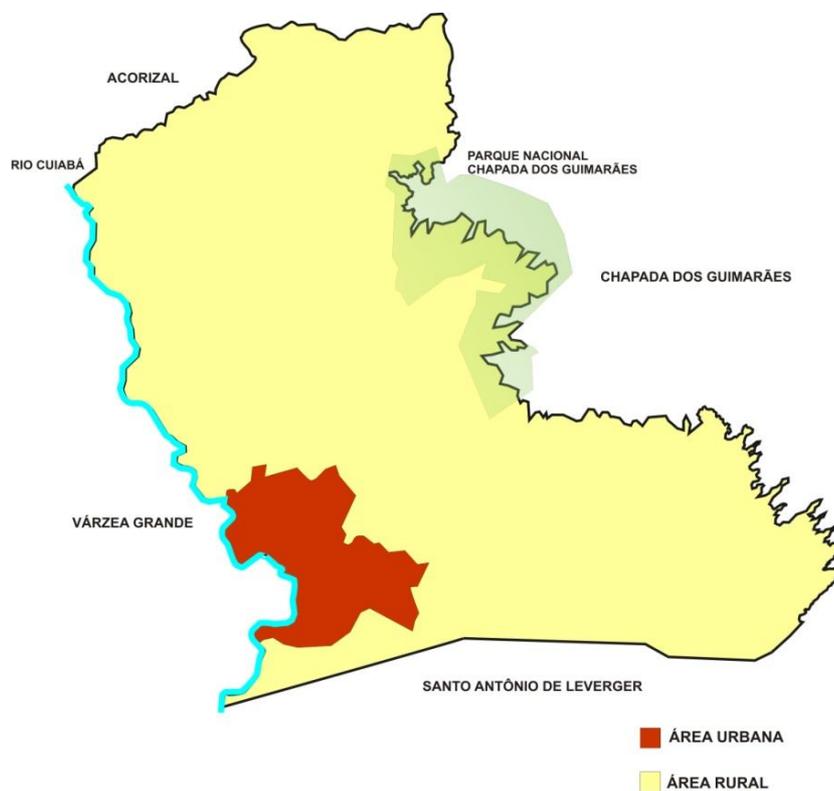
Mato Grosso ocupa uma área de 881.001 Km<sup>2</sup>, situado entre os paralelos 7°20'39" e 18°10'00" de latitude sul e os meridianos de 50°13'48" e 61°31'00" a oeste de Greenwich, está contido na Zona Intertropical, ficando relativamente próximo ao Equador, sendo a razão das pequenas diferenças entre as estações e as altas temperaturas durante boa parte do ano. A capital do estado é Cuiabá que está situada entre as coordenadas geográficas de 15°10' e 15°50' de latitude sul e 50°50' e 50°10' de longitude oeste, na região central do Brasil, na região denominada “depressão cuiabana” (Figura 5).



**Figura 5** - Localização da cidade de Cuiabá no Estado de Mato Grosso  
**Fonte:** Oliveira (2011)

O município de Cuiabá possui uma área de 3.538,17 Km<sup>2</sup>, correspondendo 254,57 Km<sup>2</sup> à macrozona urbana e 3.283,60 Km<sup>2</sup> à área rural. Além do distrito-sede

de Cuiabá, integram o município os distritos Coxipó da Ponte, Coxipó do Ouro e Guia (CUIABÁ, 2010) (Figura 6).



**Figura 6**– Município de Cuiabá – Macrozona urbana e área rural.

**Fonte:** Adaptado de Cuiabá (2009)

A Macrozona Urbana de Cuiabá é dividida em quatro regiões administrativas (Figura 7):

- a) Norte – área: 30,70 km<sup>2</sup>
- b) Sul – área: 128,63 km<sup>2</sup>
- c) Leste – área: 46,01 km<sup>2</sup>
- d) Oeste – área: 49,23 km<sup>2</sup>



**Figura 7**–Regiões administrativas de Cuiabá  
**Fonte:** Adaptado de Cuiabá (2009)

### 3.1 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS DE CUIABÁ

O estado de Mato Grosso, que a partir da segunda metade da década de 1960 passou a ser considerado “Portal da Amazônia” pelo processo de capitalização em direção à Amazônia, logo passou a receber um grande fluxo migratório, aumentando então a demanda populacional e consequentemente a ocupação de sua área urbana. Na década de 1980, a taxa de crescimento populacional chegou a 136,25%, com expansão do seu sítio urbano sobre as áreas periféricas e rápido crescimento vertical (MORENO et al., 2005 ).

Fundada em 8 de abril de 1719 pelos bandeirantes Pascoal Moreira Cabral e Miguel Sutil, às margens do córrego da Prainha, devido a descoberta de ouro, mais tarde denominadas “Lavras do Sutil”, a maior fonte de ouro que se teria achado no Brasil até então, Cuiabá só foi elevada a cidade em 17 de setembro de 1818, através de carta régia assinada por D. João VI. Só em agosto de 1835 se tornou Capital da província com a Lei nº 19, assinada por Antonio Pedro de Alencastro, à época, com cerca de 7 mil habitantes. Foi em 1909 que Cuiabá teve seu reconhecimento como Centro Geodésico da América do Sul. Em meados do Século XIX, já estando unidas a parte principal e a portuária da cidade, a população já atingia quase 10 mil habitantes (FERREIRA, 2012).

No período de 1820 a 1968 o poder público determina e solidifica o crescimento urbano. Através de novos traços de urbanização que romperam com a fisionomia barroca tradicional e altera a dinâmica ao traçado urbano (VASCONCELOS & COVEZZI, s/d).

De acordo com dados do IBGE (CUIABÁ, 2010), a população urbana do município vem aumentando em relação a rural, sendo que no ano de 1980 registrou-se 92,96% da população total na área urbana, enquanto a população rural representava 7,04%. Em 2007, a área urbana de Cuiabá já era ocupada por 98,52% dos habitantes, restando 1,48% em área rural.

A densidade demográfica urbana da capital mato-grossense passou de 0,17hab/km<sup>2</sup> em 1980 à 1,56hab/km<sup>2</sup> em 2009. O aumento populacional de Cuiabá foi de aproximadamente 952% entre os anos de 1960 e 2010, conforme dados do IBGE (2010) a população urbana que era de 57.860 habitantes em 1960 chegou a 551.310 habitantes em 2010.

Neste período, Cuiabá passou por um processo de explosão populacional, sofrendo uma série de mudanças na estrutura da paisagem e uso do solo urbano. Em algumas áreas houve uma concentração do crescimento vertical das edificações, estando o centro da cidade incluído entre estas. Essas construções verticalizadas absorvem e armazenam parte da energia calorífica durante o dia, emitindo-a durante a noite para o ar atmosférico. A imponência dos edifícios também modificou o fluxo natural dos ventos. A superfície do solo foi quase totalmente revestida por materiais impermeáveis e é notória a diminuição de vegetação nas vias públicas e quintais Cuiabá (Figura 8).



**Figura 8** - Vista da Paisagem Urbana de Cuiabá – (a) 1980 (b) 2007  
**Fonte:** Disponível em: [www.skyscrapercity.com](http://www.skyscrapercity.com), acesso em 04/01/12

Moacyr Freitas, o primeiro arquiteto e urbanista cuiabano, apontou como prioridade para a real situação da cidade a questão viária. Era necessária a criação de outro trajeto para cruzar a cidade, que não fosse pelo centro. Foi estudada a implantação de uma avenida que iria contornar os bairros então existentes, contornando-os por fora. Iniciava-se na entrada sul, que dava acesso ao Sudeste e Sul do país (São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília) e até a região oeste, que ligava Cuiabá à vizinha Várzea Grande e as cidades do norte do estado e do país, surgindo desta forma a então “Avenida Limite” Miguel Sutil (FACCHINETTO, 2008).

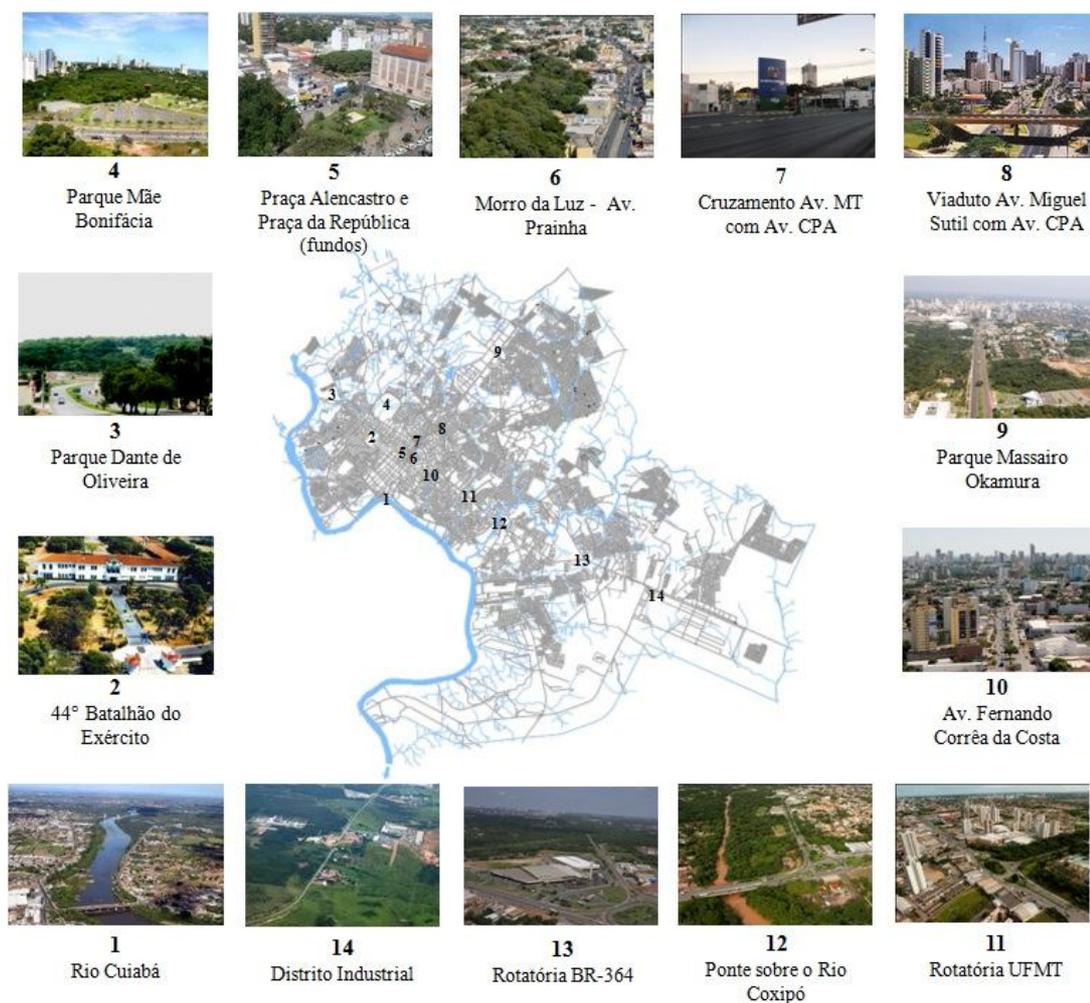
Até a década de 1970, o território da cidade abrangia-se até a Avenida Miguel Sutil. Com o crescimento populacional o processo de evolução urbana da cidade passou a estar relacionado com o processo de descentralização, criando-se atrativos em regiões pouco povoadas como a Universidade Federal de Mato Grosso na Av. Fernando Corrêa da Costa que polarizou o crescimento da cidade na direção do Coxipó da Ponte. Com o mesmo intuito construiu-se o Centro Político Administrativo/CPA para atender os órgãos públicos estaduais, e assim a cidade passou a crescer na direção norte/nordeste, sendo que ao norte da Avenida Historiador Rubens de Mendonça destinada a áreas livres para a construção de conjuntos habitacionais, deu origem ao bairro Morada da Serra, ampliando o perímetro urbano.

Na década de 80, a expansão urbana da cidade foi vinculada ao processo de verticalização ao longo da av. Historiador Rubens de Mendonça. No final desta década e início da década de 90 a expansão da cidade esteve relacionada à implantação de condomínios verticais e horizontais principalmente próximos aos shoppings centers, conduzindo para um processo de urbanização centralizada.

Romancini (2005) afirma que foi devido ao crescimento populacional, que o espaço urbano de Cuiabá foi ampliado. Entre 1970 a 2000, a área urbana passou de 1,2 mil hectares para 25,1 mil hectares e o número de bairros aumentou de 18 para 115. Assim a (re)produção do espaço urbano acarretou o surgimento de novas territorialidades, com novas áreas residenciais, comerciais e industriais. Como consequências pode-se citar o aumento de bairros periféricos, a especulação imobiliária, a falta de saneamento básico, a degradação das áreas de proteção

ambiental e dos mananciais urbanos, os problemas referentes ao trânsito, entre outros (VASCONCELOS & COVEZZI, s/d).

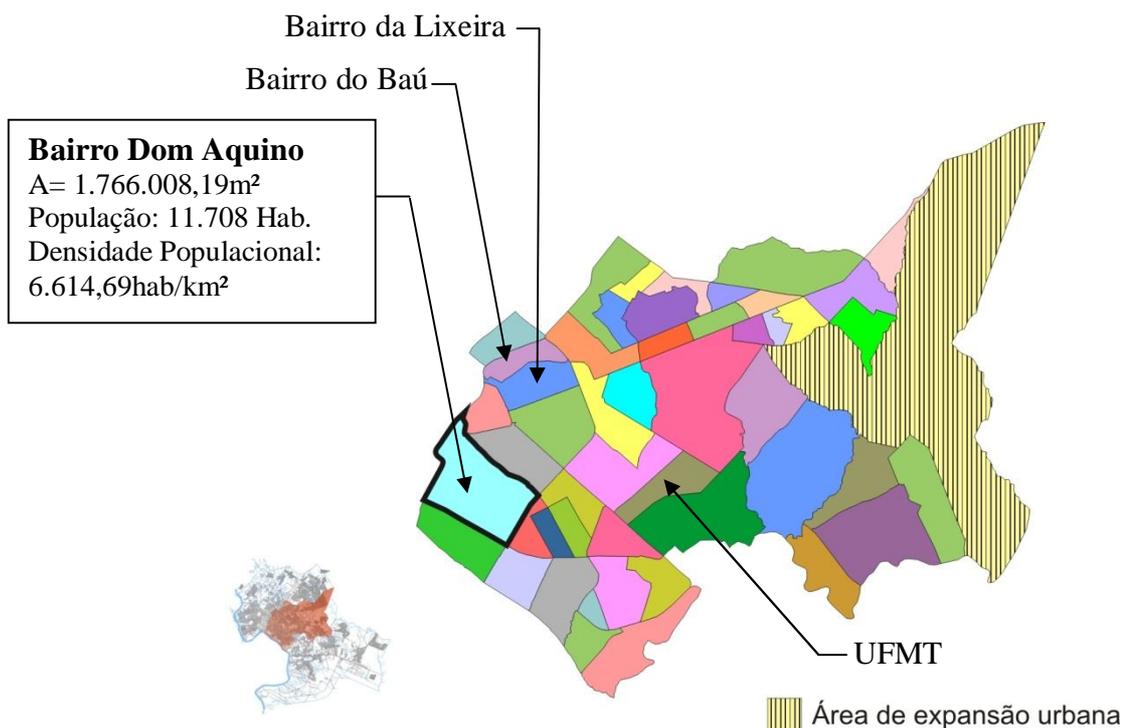
Atualmente, a cidade possui alguns pontos de referência que também são considerados como influentes no clima urbano (Figura 9), atuando como amenizador do rigor climático. Dentre eles pode-se citar os parques urbanos – Parque Dante de Oliveira, Parque Mãe Bonifácia, Morro da Luz, Parque Massairo Okamura, Parque Zé Bolo Flô, além de áreas com concentração de massas de vegetação em meio a áreas construídas nas adjacências das principais avenidas como a UFMT, Praças Alencastro e República, 44° Batalhão do Exército e áreas sob influência de superfícies líquidas, como as próximas ao Rio Cuiabá e ao Rio Coxipó.



**Figura 9**– Influentes do clima urbano do município de Cuiabá-MT

Analisando-se a distribuição populacional no perímetro urbano do município, por regiões administrativas da cidade e abairramentos segundo Cuiabá (2009), a Região Leste apresenta 47 bairros e a maior concentração populacional (29,94%)

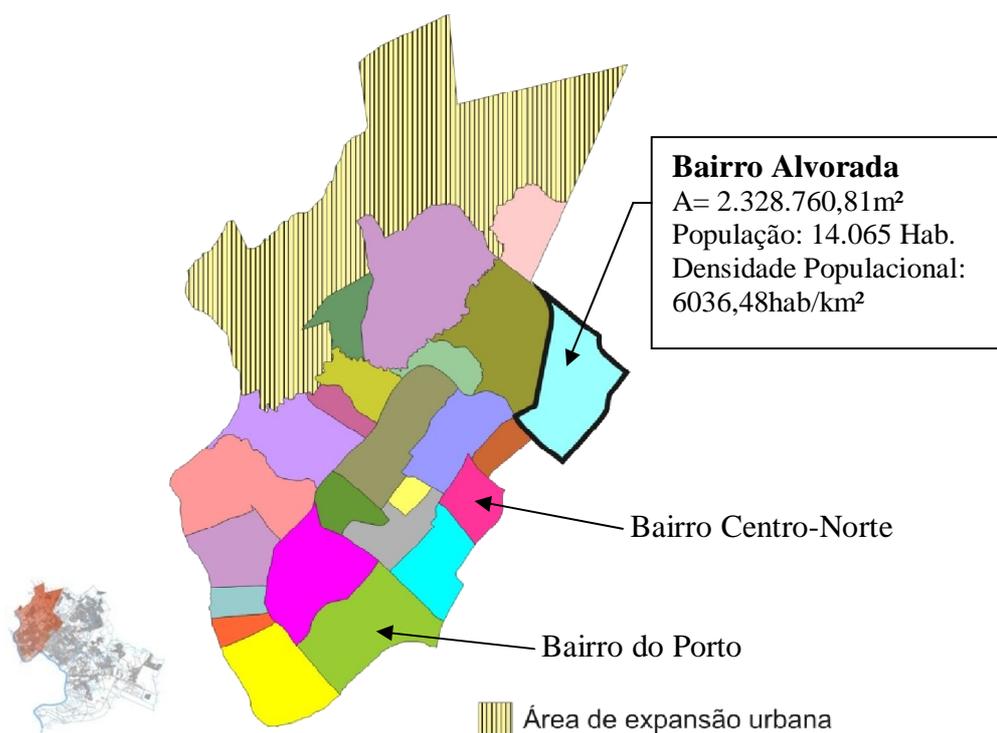
com 155.295 habitantes. O Bairro Dom Aquino concentra a maior população da região com 11.708 habitantes e densidade populacional de 6.614,69hab/km<sup>2</sup> (Figura 10). Nesta região estão bairros históricos como o da Lixeira e o do Baú, além da Universidade Federal de Mato Grosso que permitiu a manifestação de um comércio de maior porte na Avenida Fernando Corrêa da Costa, além do surgimento de conjuntos habitacionais para a classe média financiados pelo poder público.



**Figura 10** –Abairramento Região Leste

Fonte: Adaptado de Cuiabá (2009)

A Região Oeste com 22,86% dos habitantes do município é composta por 24 bairros, sendo o Bairro Alvorada o mais populoso da região com 14.065 habitantes e densidade populacional de 6.036,48hab/km<sup>2</sup> (Figura 11).

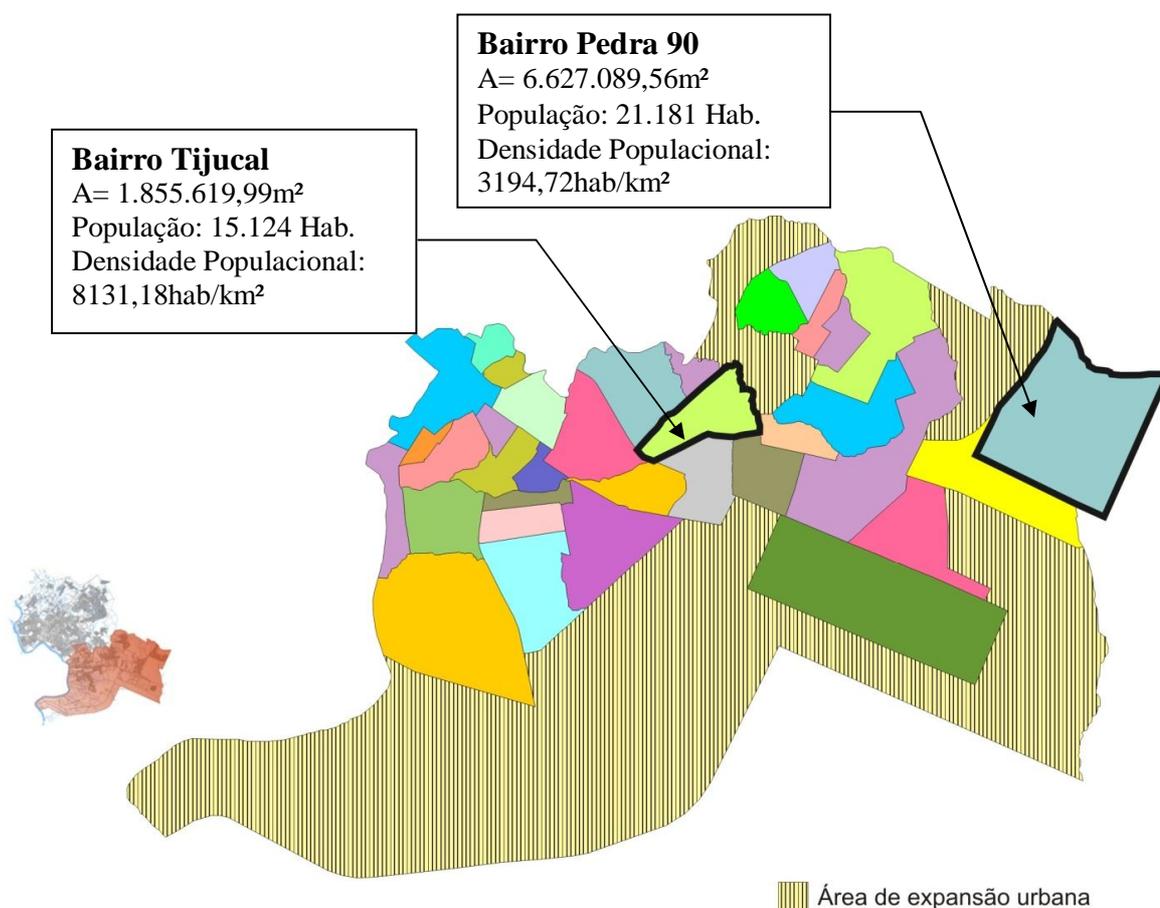


**Figura 11**–Abairramento Região Oeste

Fonte: Adaptado de Cuiabá (2009)

Nesta região estão localizados bairros históricos como o do Porto, que surgiu às margens do Rio Cuiabá, durante o ciclo de exploração do ouro na fundação da cidade, sendo o único meio de ligação da vila com o restante do país na época. Com o passar dos anos, o local foi sendo ocupado tomando-se forma urbana (ROMANCINI, 2005). Além do Bairro do Porto, o Centro Histórico de Cuiabá, no Bairro Centro-Norte está localizado nesta região, que teve o seu desenvolvimento a partir da Mina do Rosário, com a descoberta de ouro, localizada entre os bairros: Centro-Norte, da Lixeira e do Baú, sendo os dois últimos limítrofes a Região Oeste e pertencentes à Região Leste.

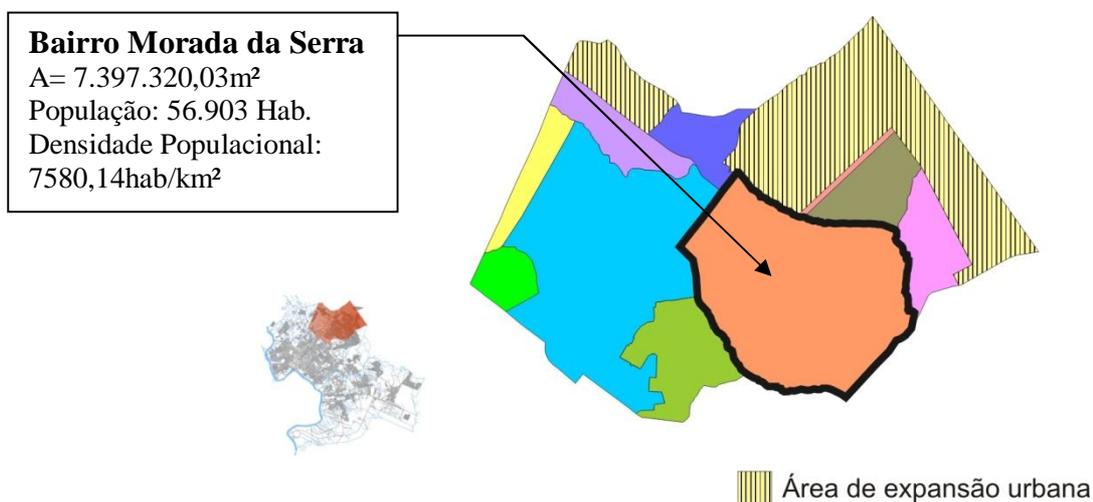
A Região Sul, com maior área territorial, é a 2<sup>o</sup> região com maior número de habitantes do município com 131.025 habitantes correspondendo a 25,26% da população. A região é composta por 34 bairros, sendo que o Bairro Pedra 90 com 21.181 habitantes é o mais populoso da região com densidade populacional de 3.194,72hab./km<sup>2</sup>, seguido pelo Bairro Tijucal com 15.124 habitantes e densidade populacional de 8.131,18hab/km<sup>2</sup> (Figura 12).



**Figura 12**–Abairramento Região Sul

Fonte: Adaptado de Cuiabá (2009)

Com 21,94%, a Região Norte é composta por 10 bairros (Figura 13), entre eles o Bairro Morada da Serra, mais conhecido como CPA, com 56.903 moradores e densidade populacional de 7.580,14hab/km<sup>2</sup>. Este bairro surgiu a partir da construção do Centro Político Administrativo. Ao norte deste foram destinadas áreas livres para a construção de conjuntos habitacionais para atender à população de baixa renda (CPA-I, II, III, IV) e classe média (Morada do Ouro) apresentando-se na atualidade, como uma nova centralidade em relação à cidade. Tanto que, nessa região, podem-se encontrar não só estabelecimentos residenciais, como também comerciais, educacionais, de lazer, saúde, transporte, etc.



**Figura 13**—Abairramento Região Norte

**Fonte:** Adaptado de Cuiabá (2009)

Por ser um ambiente dinâmico, é importante o conhecimento da área pesquisada, principalmente em áreas urbanas, que apresentam constantes mudanças no uso e na ocupação do solo, de forma a se aplicar a metodologia mais adequada aos objetivos e as particularidades da área de estudo. Desta forma, a seguir é apresentado o item material e métodos.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir o objetivo desta pesquisa, diversas etapas de trabalho, bem como diferentes instrumentos e procedimentos de coletas de dados foram necessários, sendo apresentados, nos itens que se seguem.

As etapas foram assim organizadas:

- a) Medição das variáveis micrometeorológicas no ponto fixo para o ano de 2011-2012;
- b) Medição de temperatura e umidade do ar em transectos móveis;
- c) Tratamento estatístico dos dados coletados, fazendo-se a correção horária dos registros;
- d) Caracterização termo-higrométrica por estação do ano;
- e) Análise dos pontos fixos ao longo dos transectos.

### 4.1 MEDIÇÃO DAS VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS NO PONTO FIXO

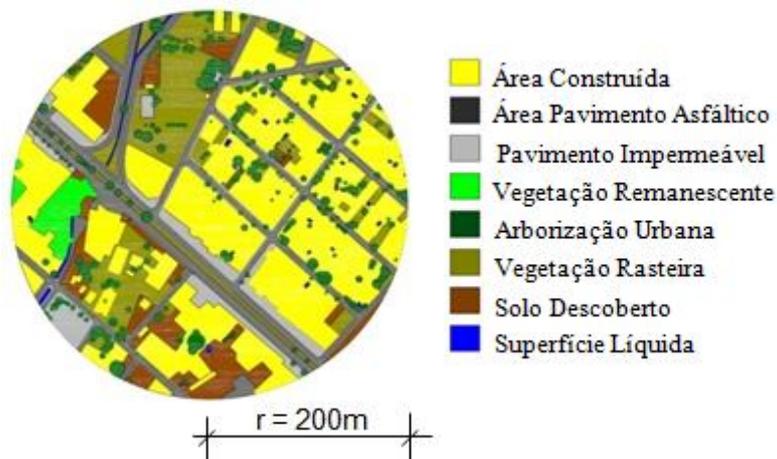
Para avaliação das variáveis microclimáticas em 2011/2012 foram utilizados dados de temperatura do ar ( $T^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa (UR%), fornecidos pela estação micrometeorológica localizada em ambiente com característica de ocupação urbana, no Bairro Areão, Região Leste de Cuiabá (Figura 14).



**Figura 14-** Localização da Estação Micrometeorológica

Fonte: Google Earth (2011)

A Estação Microclimática, que foi denominada de Estação Urbana, tem 2,00m de altura, fez-se registros de dados no nível das modificações urbanas com influência da ocupação do solo em um raio de 200m, onde foi observado o predomínio de área construída na região (Figura 15).



**Figura 15-** Área de análise das variáveis micrometeorológica com característica de ocupação urbana

A estação microclimática utilizada foi da marca Davis Instruments, modelo Vantage Pro 2 Plus (Figura 16). Registrou-se a temperatura e a umidade relativa do ar, a velocidade e direção do vento com intervalo de registro de dados programado para 15 minutos nas 24h de cada dia. O console foi posicionado à cerca de 50m da estação para melhor recepção dos dados. O equipamento coletou os dados que foram enviados via *wireless* para um *datalogger* de coleta e armazenamento de dados.

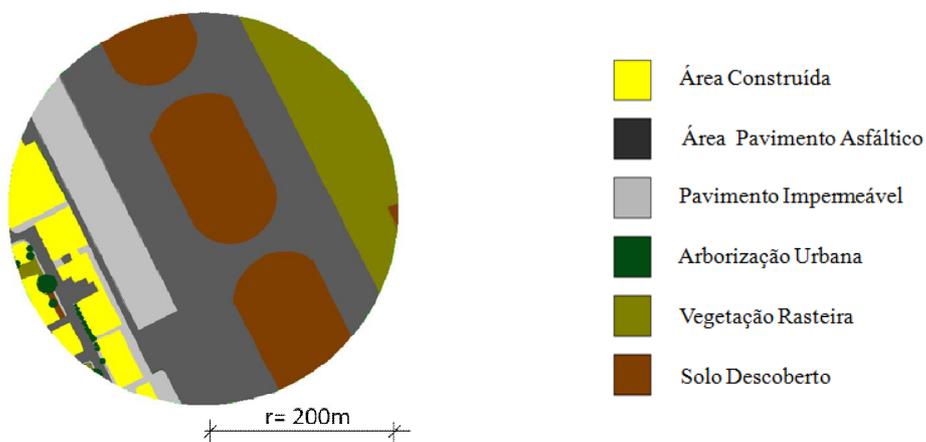
A umidade e temperatura do ar foram medidas por um termo-higro-anemômetro (mod. 6382, Davis Instruments, USA) operando em intervalo de temperatura do ar  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+65^{\circ}\text{C}$ , e com acurácia de  $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$  para um intervalo de  $+15^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$ . O sensor de umidade do ar operou em intervalo de 1% a 100% com acurácia de  $\pm 3\%$  (0% a 90% UR),  $\pm 4\%$  (90% a 100% UR).

Os dados de precipitação e velocidade do ar e direção do vento foram obtidos pela Estação do Aeroporto por apresentar maior acurácia dos sensores.



**Figura 16**-Estação micrometeorológica automática Vantage Pro 2 Plus (marca Davis Instruments)

Utilizou-se os registros obtidos pela Estação Meteorológica do Aeroporto Marechal Rondon (disponível em [www.wunderground.com](http://www.wunderground.com)) denominada de Estação Aeroporto, situado em Várzea Grande, MT, cidade adjacente a capital (Figura 17), para validação dos dados de temperatura e umidade do ar da Estação Micrometeorológica Urbana. A Estação está instalada a aproximadamente 2m de altura nas adjacências da pista de pouso/decolagem.



**Figura 17**- Área de análise das variáveis micrometeorológica da Estação Aeroporto

Para a validação dos dados de temperatura e umidade, utilizaram-se os valores médios diários das duas Estações Meteorológicas no período medição – abril/2011 a março/2012, totalizando 365 registros de temperatura e de umidade em cada Estação. Posteriormente, fez-se a verificação estatística por meio do Teste-t: duas amostras em par para médias.

## 4.2 MEDIÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE POR TRANSECTOS MÓVEIS

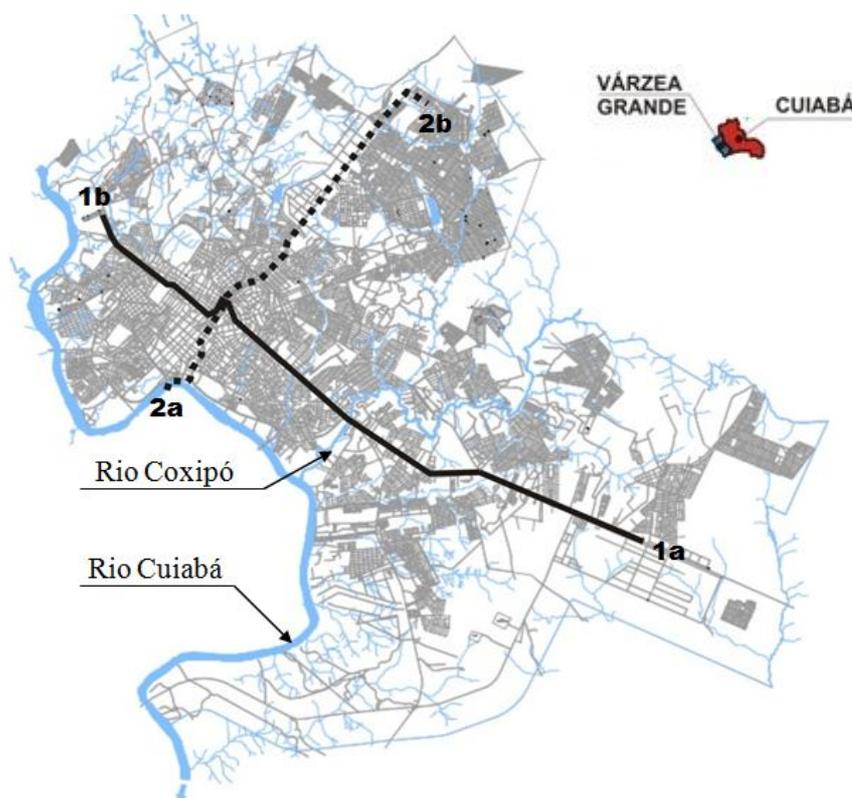
Para o presente estudo, foram feitas medições de temperatura e umidade por transectos móveis em diferentes períodos do ano de 2011 e parte de 2012. Foram estabelecidos dias com condições de tempo atmosférico ideal, ou seja, céu claro e ventos fracos (OKE,1982) em todas as estações do ano (Tabela 4).

**Tabela 4**– Período de medição por transectos móveis

MÊS	DIA	ESTAÇÃO
ABRIL/2011	12 / 19 / 26	outono
MAIO/2011	09 / 17 / 26	outono
JUNHO/2011	14 / 16 / 21 / 28	outono / inverno
JULHO/2011	07 / 12 / 21 / 26	inverno
AGOSTO/2011	08 / 16 / 29 / 30	inverno
SETEMBRO/2011	06 / 19 / 25 / 28	inverno / primavera
OUTUBRO/2011	24	primavera
NOVEMBRO/2011	09 / 23	primavera
FEVEREIRO/2012	28	verão
MARÇO/2012	18 / 19	verão

Devido às características climáticas do período da primavera-verão, estação úmida na região, o número de medições foi inferior ao período correspondente a estação seca. Nos meses de dezembro/2001 e janeiro/2012 não tiveram ocorrências de dias em condições ideais de medição.

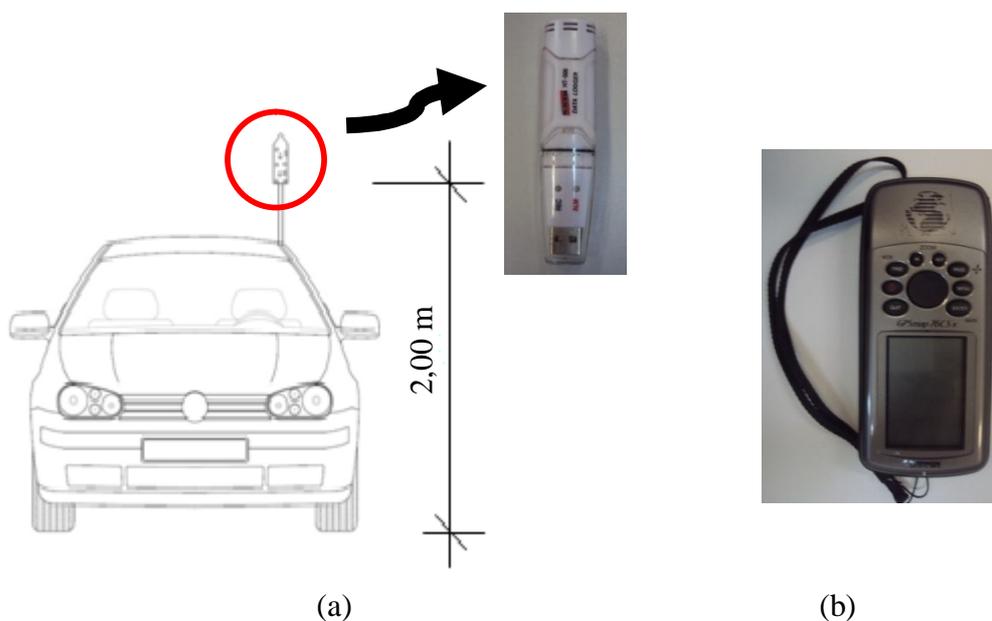
A metodologia para a coleta de temperatura e umidade consistiu na definição de dois transectos, com coletas móveis de temperatura e umidade durante o percurso e em pontos pré-estabelecidos com diferentes ocupações do solo, que saiu da periferia (rural), passou pelo centro comercial e chegou ao extremo oposto da cidade, em dois sentidos: leste/oeste – 1a (início) /1b (término) e norte/sul – 2a (início) /2b (término) (Figura 18). Apenas o ponto inicial do Transecto 2 (2a) encontra-se em área com características de área central, devido a proximidade do centro da cidade e do município vizinho - Várzea Grande.



**Figura 18-** Transecto 1a/1b - sentido Leste/Oeste e Transecto 2a/2b - sentido Norte/Sul

Utilizou-se um *Datalogger* de temperatura e umidade do ar da marca Instrutherm, modelo HT-500, protegido por abrigo, acoplado na lateral de um veículo, aproximadamente a 2,00m do solo (Figura 19a). A precisão do sensor de umidade é de  $\pm 3\%$  operando em intervalo de 0 a 100%, e o sensor de temperatura tem precisão de  $1^\circ\text{C} / 1,8^\circ\text{F}$  ( $-4$  a  $122^\circ\text{F}$  /  $-20$  a  $50^\circ\text{C}$ ).

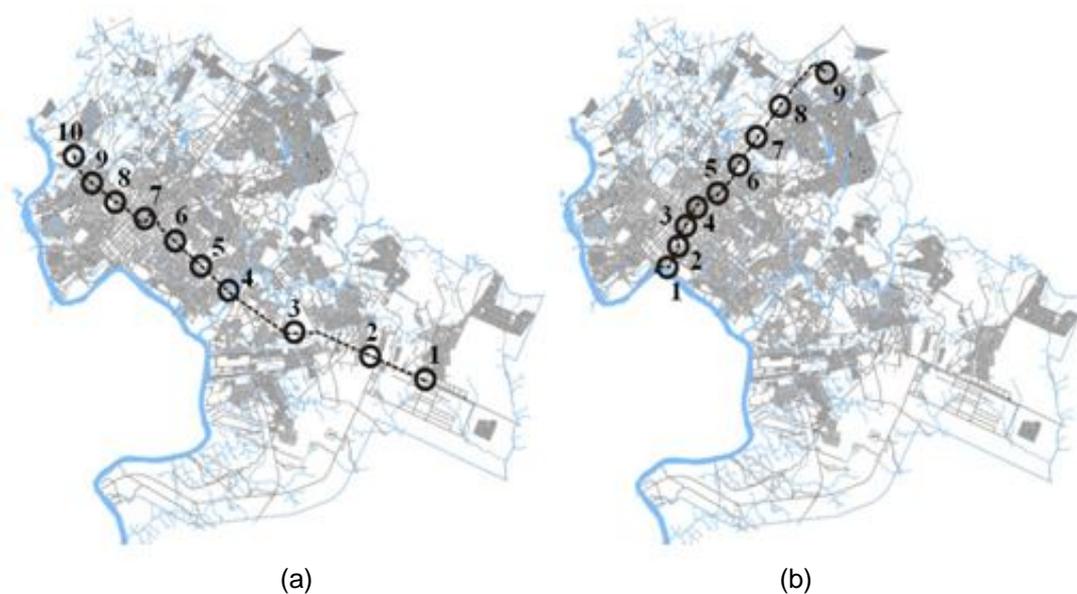
Simultaneamente, foi utilizado um GPS/MAP da marca Garmin, modelo 76Cx, obtendo-se as coordenadas geográficas angular e UTM ( Universal Transversa de Mercator), Zona 21, para precisão dos locais de medições dos pontos (Figura 19b). Os instrumentos foram sincronizados em ciclo de medição de 10 segundos, ou seja, para cada dado de temperatura e umidade obteve-se a coordenada do ponto.



**Figura 19-** Esquema de instalação do abrigo com o psicrômetro (a) e o GPS (b)

As medições foram feitas com velocidade do veículo entre 30 e 40km/h, não ultrapassando uma hora em cada transecto, a partir das 20h, horário que as temperaturas não apresentam mudanças rápidas pela ausência da radiação solar, justamente pela diferença de tempo entre a primeira e a última medida. Além disso, é após o pôr do sol que a ICU atinge a intensidade máxima (OKE, 1982).

Primeiramente foi realizado o transecto no sentido leste/oeste – 1a/1b com 10 pontos fixos (Figura 20a) denominado Transecto 1 com aproximadamente 19,6km, posteriormente, o transecto no sentido norte/sul – 2a/2b com 09 pontos fixos (Figura 20b) denominado Transecto 2 com aproximadamente 11,6km.



**Figura 20** - Pontos fixos de medição – sentido Leste/Oeste – Transecto 1(a) e sentido Norte/Sul – Transecto 2 (b)

Os pontos foram escolhidos por diferenças de ocupação do solo ao longo dos transectos. Parava-se com o carro em cada ponto por 1 minuto, obtendo-se 10 dados instantâneos do local, utilizando-se 8 dados, desconsiderando-se os 2 primeiros para estabilização do aparelho.

#### 4.2.1 Características dos pontos fixos de medição dos transectos móveis

##### a) Transecto 1

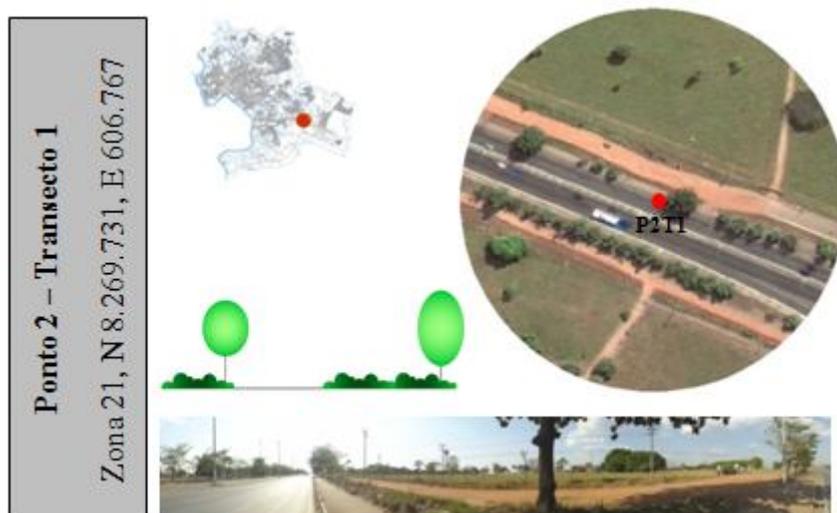
O ponto 1 do transecto 1 – P1T1 (Figura 21) está localizado na BR-364 na entrada do Bairro Pedra 90 na Região Sul do município. Caracteriza-se por grande fluxo de veículos pesados, como caminhões, com áreas que funcionam como “dormitório” para os motoristas, apresentando muitos veículos estacionados nas proximidades caracterizando-se como “cânions urbanos”. Quanto a ocupação do solo, há predomínio de comércio, com grandes áreas de solo exposto.



**Figura 21** - Ponto 1 Transecto 1 (P1T1) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

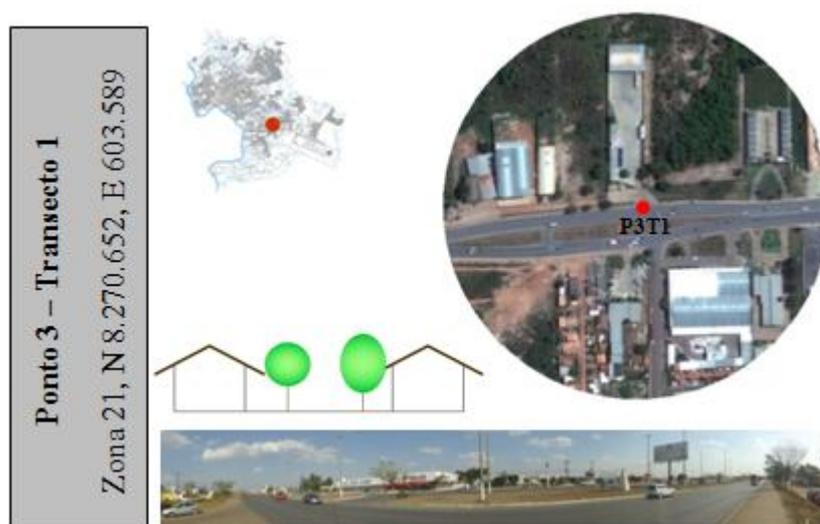
O ponto 2 do transecto 1 - P2T1 (Figura 22) também está localizado na BR-364, caracterizando-se por menor fluxo de veículos de pesados, pois está situado após o contorno para área do Distrito Industrial do município e a MT- 070 que servem como destino de cargas dos veículos ou atalho de viagem, evitando-se a

circulação por área central da cidade. A ocupação do solo é por área verde de fazendas limítrofes a rodovia, com algumas espécies arbóreas nas proximidades.



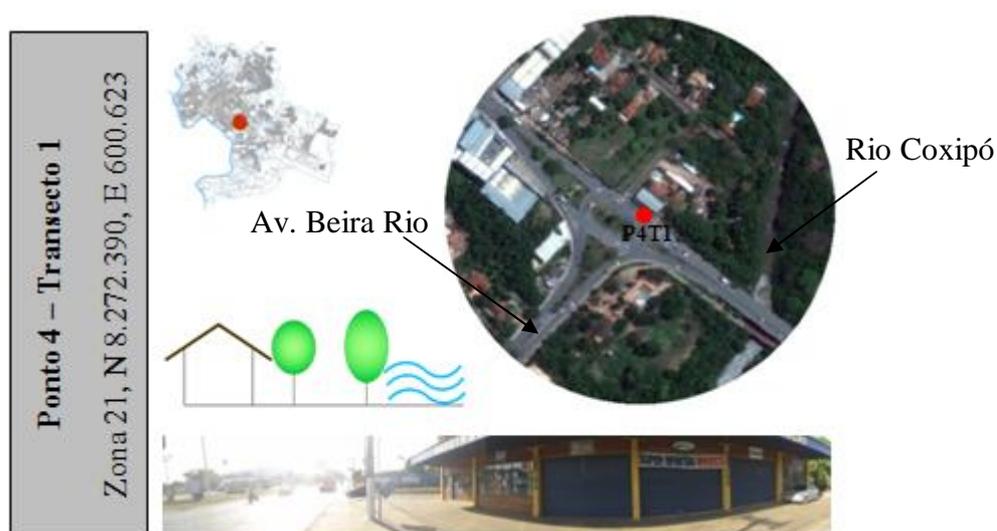
**Figura 22-** Ponto 2 Transecto 1 (P2T1) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 3 do Transecto 1 – P3T1 (Figura 23) está localizado na Avenida Fernando Corrêa da Costa, via estrutural da cidade, ainda na Região Sul do município, com características de uso comercial, ainda com áreas de vegetação remanescente e com considerável tráfego de veículos, já que está localizado em via de ligação dos bairros mais periféricos ao centro da cidade.



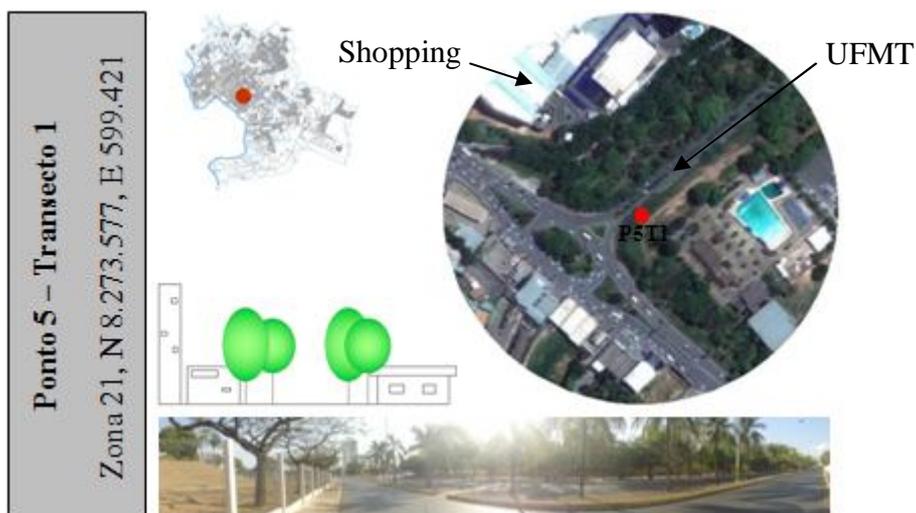
**Figura 23-** Ponto 3 Transecto 1 (P3T1) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

Ainda na Avenida Fernando Corrêa da Costa, o ponto 4 do Transecto 1 – P4T1 (Figura 24) mas já na Região Leste, tem como principal característica a proximidade com o Rio Coxipó, que cruza a área urbana de Cuiabá, influenciando na umidade do entorno. Outra característica importante é a faixa de vegetação remanescente no leito do Rio, que ainda resiste à ocupação imobiliária. Quanto ao tráfego de veículos, a rotatória no cruzamento com a Avenida Beira Rio, via importante da cidade, contribui para o aumento no número de veículos na área, além do fluxo proveniente dos bairros nas adjacências no sentido centro da cidade.



**Figura 24-** Ponto 4 Transecto 1 (P4T1) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 5 do Transecto 1 – P5T1 (Figura 25) está localizado no início do campus da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, próximo ao contorno de acesso ao campus e a um shopping da cidade na Avenida Fernando Corrêa da Costa, com grande trafegabilidade de veículos. A via em que está localizado o ponto apresenta apenas grande trafegabilidade em horários de início e término de aula dos cursos. Quanto à ocupação solo, há uma concentração de espécies arbóreas no campus da universidade em contradição ao entorno imediato com ocupação construtiva consolidada.



**Figura 25** - Ponto 5 Transecto 1 (P5T1) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 6 do Transecto 1 – P6T1 (Figura 26) também está localizado na Avenida Fernando Corrêa da Costa em área predominantemente residencial nos bairros adjacentes, concentrado-se o comércio na avenida. No limite do raio de influência de 200m, tem-se o Córrego do Gambá, com pequeno curso d’água em condições impróprias ao uso humano. Nas proximidades, há áreas com vegetação remanescente e indivíduos arbóreos localizados no canteiro central e nas calçadas das vias locais.



**Figura 26**- Ponto 6 Transecto 1 (P6T1) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 7 do Transecto 1 – P7T1 (Figura 27) está localizado no centro comercial do município, na Avenida Getúlio Vargas, na Região Oeste, próximo a duas praças importantes da cidade: Praça da República e Praça Alencastro, concentrando os indivíduos arbóreos mais próximos, juntamente com uma faixa do Morro da Luz denominado Parque Antonio Pires de Campos, onde tem-se uma maior concentração de área verde. O tráfego de veículos e o fluxo de pedestres são intensos, principalmente durante o horário comercial.



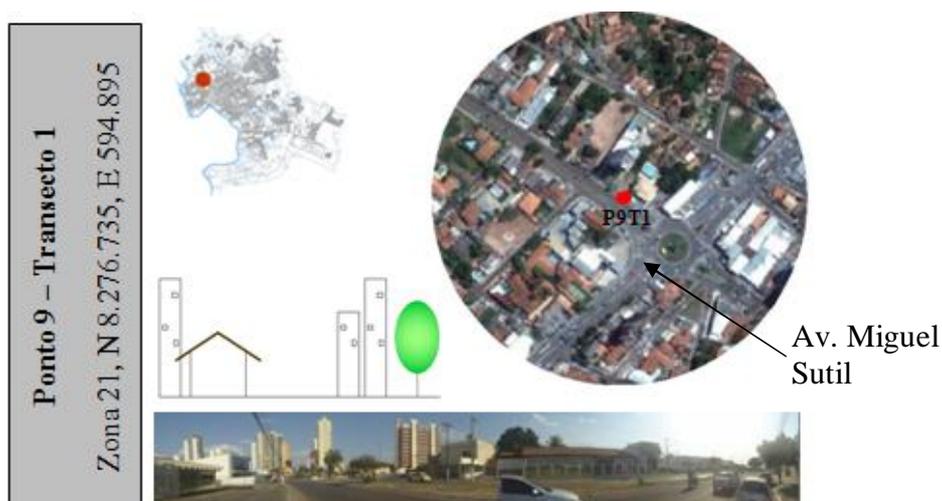
**Figura 27-** Ponto 7 Transecto 1 (P7T1) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 8 do Transecto 1 – P8T1 (Figura 28) está localizado na Avenida Lavapés, em frente ao 44º Batalhão do Exército, local com grande concentração de indivíduos arbóreos. Ainda na Região Oeste, está em um bairro predominantemente residencial com edificações de uso multifamiliar, em via de acesso a um shopping da cidade e a outros bairros residenciais, gerando alta trafegabilidade de veículos na área.



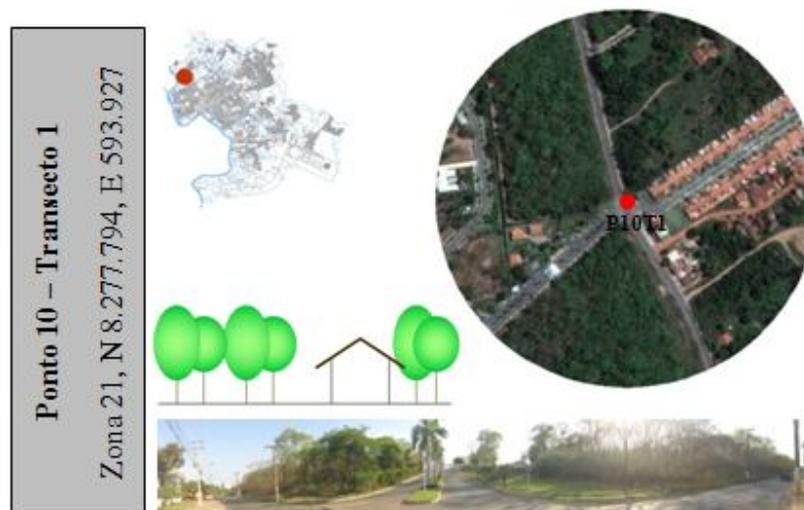
**Figura 28-** Ponto 8 Transecto 1 (P8T1) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 9 do Transecto 1 – P9T1 (Figura 29) está localizado na Região Oeste de Cuiabá, na Avenida Antártica no início do Bairro Santa Rosa que é predominantemente residencial, com concentração de edificações de uso multifamiliar nesta via. O acesso ao bairro é feito por uma rotatória no cruzamento com a Avenida Miguel Sutil, via estrutural da cidade com grande fluxo de veículos, sendo este diminuído na via do bairro que apresenta essencialmente fluxo de moradores.



**Figura 29-** Ponto 9 Transecto 1 (P9T1) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 10 do Transecto 1 – P10T1 (Figura 30) está localizado em área de preservação de vegetação remanescente, próxima ao Parque Dante de Oliveira, e a condomínios horizontais residenciais. O fluxo de veículos é baixo, já que a região está em área de expansão urbana, com poucos empreendimentos geradores de tráfego de veículos.



**Figura 30-** Ponto 10 Transecto 1 (P10T1) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

#### b) Transecto 2

O ponto 1 do Transecto 2 – P1T2 (Figura 31) está localizado Avenida Tenente Coronel Duarte, mais conhecida como Avenida da Prainha, sob influência do Rio Cuiabá, devido a proximidade do mesmo, em uma área com poucas barreiras arquitetônicas, facilitando a livre circulação dos ventos. Nas proximidades, encontram-se áreas verdes e vegetação remanescente no leito do rio, além de áreas com solo exposto. A via é utilizada como principal acesso do município de Várzea Grande para Cuiabá, gerando um tráfego contínuo de veículos na região, já que há um fluxo constante de pessoas entre os dois municípios.



**Figura 31** - Ponto 1 Transecto 2 (P1T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 2 do Transecto 2 – P2T2 (Figura 32) está localizado na Avenida da Prainha em região com grande área construída, próximo a bairros residenciais mas com comércio consolidado nas principais vias. Alguns indivíduos arbóreos são encontrados de forma isolada como arborização urbana. A via continua como corredor de tráfego de Várzea Grande para o centro de Cuiabá.



**Figura 32**- Ponto 2 Transecto 2 (P2T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 3 do Transecto 2 – P3T2 (Figura 33) está localizado em área central do município, no centro histórico da capital, com grande fluxo de veículos e pessoas. Por ser o local de fundação da cidade e a partir de onde ocorreu a expansão urbana, a configuração da malha viária estreita e padrões das construções próximas foram

consequências do desenvolvimento rápido e não planejado da cidade, estabelecendo as características com a malha viária estreita e com construções próximas. O ponto está sob a influência da área de vegetação do Parque Antônio Pires de Campos, popularmente chamado de morro da luz, que está praticamente em sua totalidade dentro do raio de influência.



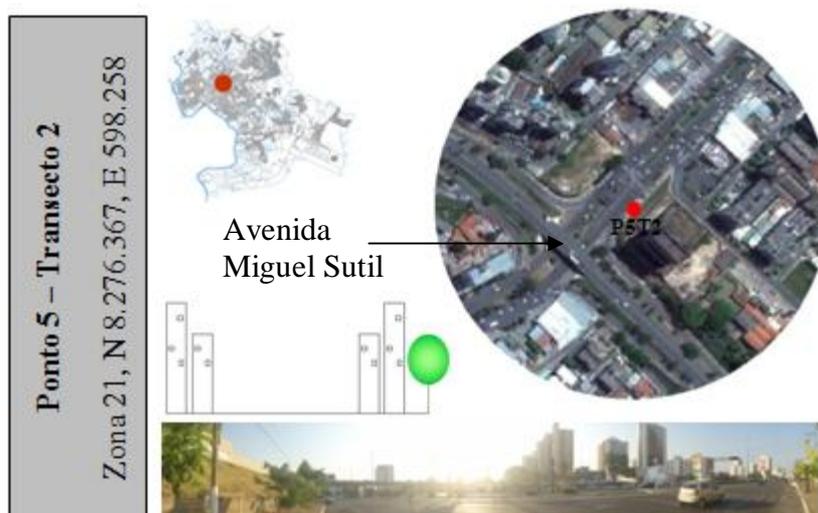
**Figura 33-** Ponto 3 Transecto 2 (P3T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 4 do Transecto 2 – P4T2 (Figura 34) está localizado na Avenida Historiador Rubens de Mendonça, mais conhecida como Avenida do CPA, que é continuidade da Avenida da Prainha, possibilitando a ligação do Centro Político Administrativo com o centro da cidade, recebendo esta denominação a partir do cruzamento com a Avenida Mato Grosso, que é um corredor de tráfego importante do município. Neste ponto os imóveis lindeiros a via caracterizam-se por maior verticalização, formando cânions urbanos e consequentemente barreiras para ventilação e radiação solar.



**Figura 34-** Ponto 4 Transecto 2 (P4T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 5 do Transecto 2 – P5T2 (Figura 35) está localizado próximo ao cruzamento de duas vias importantes da cidade: Avenida do CPA, localização do ponto, com a Avenida Miguel Sutil, também conhecida como Perimetral, que quando construída circundava a cidade no limite do perímetro urbano. A caixa viária é mais larga que a do ponto anterior, com grande fluxo de veículos principalmente em horários de início e final de expediente, já que é via principal de ligação ao Centro Político Administrativo e do Bairro Morada da Serra.

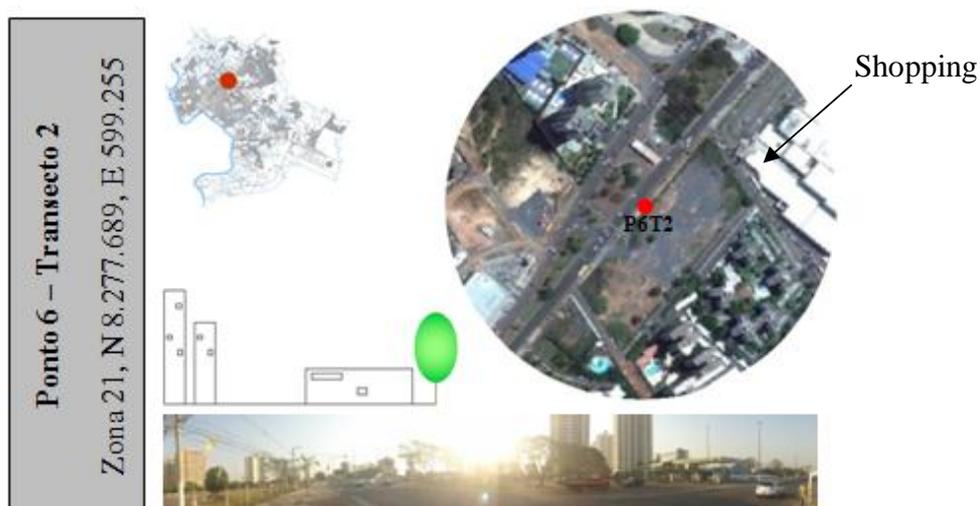


**Figura 35-** Ponto 5 Transecto 2 (P5T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 6 do Transecto 2 – P6T2 (Figura 36) está localizado próximo a um shopping da cidade, que contribuiu para o crescimento e expansão de

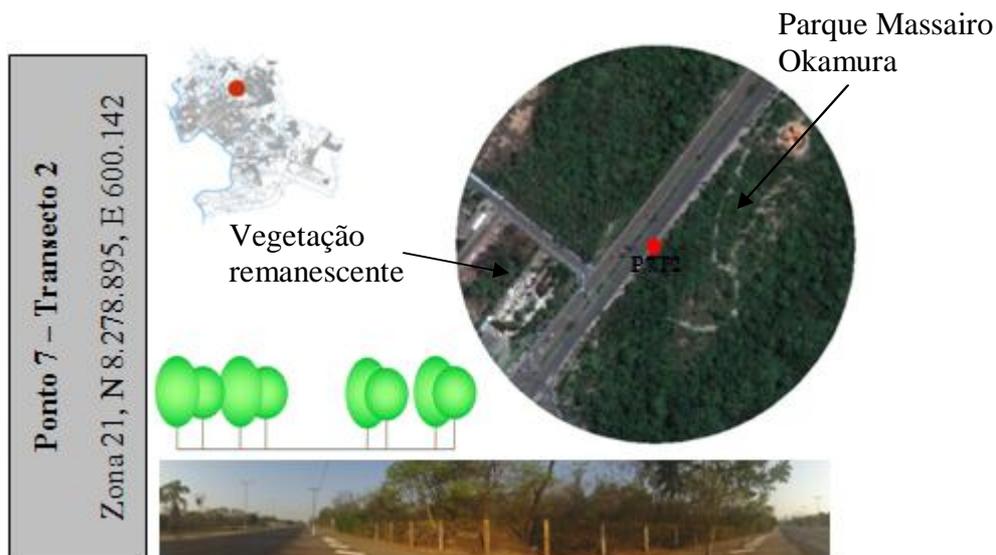
empreendimentos imobiliários na área deixando-se evidente a centralidade de crescimento e verticalização da cidade com a implantação de condomínios próximos. Áreas com solo exposto demonstram o interesse de implantação de novos empreendimentos, evidenciando-se a valorização da área e a centralização de imóveis próximos a empreendimentos como shoppings centers. A vegetação é encontrada principalmente como arborização urbana, no canteiro central e próximos aos empreendimentos imobiliários.

Quanto ao tráfego de veículos, registra-se um fluxo contínuo de veículos devido à proximidade do Centro Político Administrativo e a entrada principal do shopping, que prejudica a fluidez do trânsito naquele local.



**Figura 36-** Ponto 6 Transecto 2 (P6T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

Situado na Avenida do CPA, o ponto 7 do Transecto 2 – P7T2 (Figura 37) está sob a influência da vegetação do Parque Estadual Massairô Okamura, além de áreas de vegetação remanescente nas proximidades. Por estar localizado depois da entrada do Centro Político Administrativo e do Bairro Morada do Ouro, o fluxo de veículos é reduzido, sendo que as maiores trafegabilidades são de moradores dos bairros mais periféricos, mas populosos, como o Bairro Morada da Serra (Grande CPA) principalmente em horários de início e final do expediente.



**Figura 37-** Ponto7 Transecto 2 (P7T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 8 do Transecto 2 – P8T2 (Figura 38) caracteriza-se pela ocupação consolidada de áreas construídas, com redução significativa de vegetação em relação ao ponto anterior. A entrada para o Bairro Morada da Serra diminui o número de veículos na Avenida do CPA, pois a maioria deles direciona-se sentido bairro. O ginásio poliesportivo “Verdinho” tornou-se um gerador de tráfego na região, já que em dias de atividades no local aumenta-se consideravelmente a circulação de veículos e pessoas, além de atrair consumidores de lanches rápidos disponíveis na praça do ginásio.



**Figura 38-** Ponto 8 Transecto 2 (P8T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

O ponto 9 do Transecto 2 – P9T2 (Figura 39) está localizado no Bairro Jardim Aroeira, ainda na Avenida do CPA, mas com características de área periférica com caixa viária de rua local e escassa trafegabilidade de veículos. O local ainda possui áreas não construídas, mas com vegetação modificada por processo antropogênicos como queimada urbana. Observa-se o crescimento da área de ocupação urbana na região com a expansão de imóveis e serviços no local.



**Figura 39-** Ponto 9 Transecto 2 (P9T2) – Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia panorâmica do local

### 4.3 TRATAMENTO DOS DADOS

Posteriormente as coletas de dados das medições móveis e da Estação de referência foram feitas planilhas com os resultados adquiridos, separadas por Transecto e por dia, além das informações provenientes do GPS.

A partir das coordenadas obtidas pelo GPS selecionou-se pontos de medição em diferentes ocupações do solo sendo 40 para o Transecto 1 e 31 pontos para o Transecto 2, já que o termohigrômetro fazia as medições por tempo, a cada 10 segundos, não permitindo as mesmas quantidades de dados todos os dias, pois o tempo de duração dos transectos variavam conforme a trafegabilidade da rota.

As correções horárias dos valores de temperatura e umidade dos dois transectos foram feitas para as 20h, horário sugerido pela OMM – Organização Mundial de Meteorologia, utilizando-se Equação de Regressão. As retas de regressão geradas simularam a variação de temperatura e de umidade ao longo de cada

transecto no tempo total de medição de cada dia de coleta de dados, gerando a equação para a variação de temperatura e umidade da estação de referência que foi utilizada para ajustar os dados das medições móveis.

#### **4.4 CARACTERIZAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA**

Com todos os dados ajustados para 20h, elaborou-se mapas dos ambientes higrotérmicos por krigagem ordinária utilizando o Software *Surfer for Windows* que permite uma rápida visualização do comportamento espacial das variáveis sob estudo. Foram feitas análises com as médias dos registros de temperatura e umidade por estação do ano nos Transectos 1 e 2 independentemente.

Posteriormente, comprovando-se a não homocedasticidade dos dados pelo teste de *Levene*, utilizando-se o Software *SPSS 17.0*, fez-se uso do programa EXCEL utilizando-se o *bootstrap*, que é uma técnica por reamostragem, com 1200 repetições nesta pesquisa e intervalo de confiança de 95% por transecto para cada variável com a finalidade de analisar as similaridades entre as estações do ano.

Finalmente, foi feita a classificação da magnitude das ilhas de calor pelo método de Gomez & Garcia (1984) apud Brandão (2003) que agrupa ilhas de calor em categorias conforme a amplitude térmica, sendo feita em cada dia de medição nos dois transectos e posterior análise por meio de mapas higrotérmicos dos dias de ocorrência de forte magnitude em ambos os transectos.

#### **4.5 ANÁLISE DOS PONTOS FIXOS**

Utilizou-se a técnica de agrupamentos hierárquicos - método de agrupamento comum (entre grupos) – *Average Linkage Between Groups*, para análise dos pontos fixos ao longo dos transectos, que se baseia na menor distância euclidiana entre dois pontos de uma matriz de similaridade, e no agrupamento por variância mínima, ou método de Ward. A análise de agrupamentos tem como objetivo maximizar as semelhanças entre os dados, criando grupos distintos, bem como diferenciar estes grupos entre si (LANDIM, 2003).

Os resultados da análise de agrupamento são apresentados na forma de diagramas hierárquicos (dendrogramas) horizontais, O dendrograma é lido de cima para baixo, nos quais as linhas verticais, ou o eixo y, representam os grupos unidos

por ordem decrescente de semelhança, e a posição da reta, na escala ou o eixo x, indica as distâncias entre os grupos que foram formados. O número de classes ou grupos é determinado pela escolha de um nível de semelhança. Optou-se pelo corte no gráfico na altura 5 para análise dos grupos homogêneos distintos.

Como forma de classificação dos pontos fixos, foi feito o cálculo da área verde em porcentagem em um raio de 200m de influência em cada ponto, utilizou-se um software do tipo CAD (computer aided design – desenho auxiliado por computador) com auxílio das imagens no software Google Earth.

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

Neste capítulo serão apresentadas as análises dos resultados e discussões de todos os subsídios necessários às investigações da influência da ocupação do solo na variação termo-higrométrica.

As etapas foram assim organizadas:

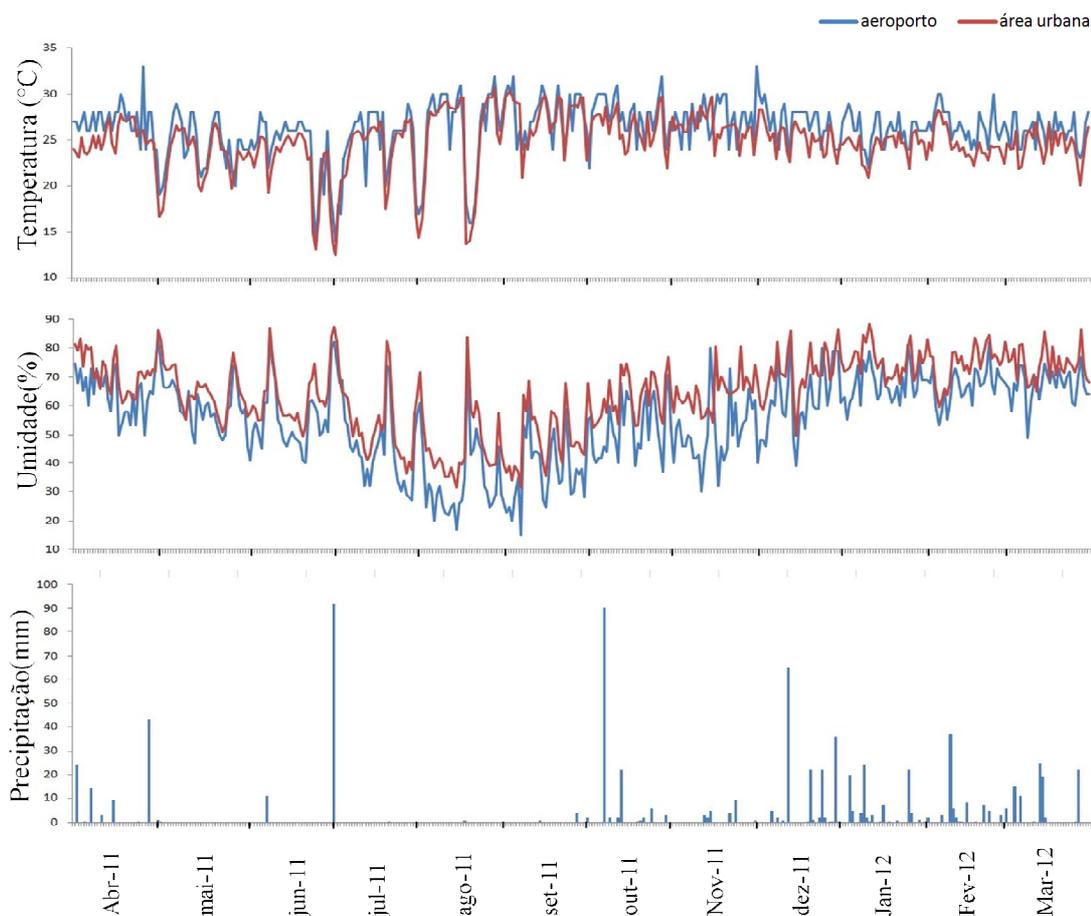
- a) Caracterização microclimática do ano de 2011-2012;
- b) Tratamento dos dados das medições móveis;
- c) Caracterização termo-higrométrica utilizando-se transectos móveis;
- d) Análise dos pontos fixos.

### **5.1 CARACTERIZAÇÃO MICROMETEOROLÓGICAS DO ANO DE 2011-2012**

A caracterização micrometeorológica em partes dos anos de 2011 e 2012 foi feita nesta pesquisa com o objetivo de descrever o comportamento do clima local nos meses de realização dos transectos móveis. As variáveis consideradas foram: precipitação, temperatura e umidade relativa do ar.

A partir das análises das variáveis climáticas da Estação Meteorológica do Aeroporto Marechal Rondon e da Estação Micrometeorológica Urbana (Figura 40) observou-se uma tendência de variabilidade dos dados de forma similar entre as localidades, com média de temperatura de 26,18°C e umidade relativa de 55,48% na Estação do Aeroporto, e 24,87°C e 64,40% de média de temperatura e umidade na Estação Urbana.

Na média, o mês de Agosto/2011 apresentou o maior valor de temperatura com 30,00°C e 29,67°C nas Estações do Aeroporto e Urbana, respectivamente. O menor valor médio de temperatura foi no mês de junho/2011 registrando-se 19,00°C e 23,61°C nas Estações do Aeroporto e Urbana, respectivamente.



**Figura 40**–Variáveis diárias microclimáticas ano 2011-2012

Observam-se ocorrências de quedas acentuadas de temperatura principalmente entre os meses de maio a agosto, quando ocorre na região o fenômeno de “friagem” com dias de baixa temperatura.

Quanto a umidade, o mês com maior média foi o de abril/2011 com 75% e 72% nas Estações do Aeroporto e Urbana, respectivamente, característico na região como período de transição entre a estação úmida e seca. A menor média de umidade foi registrada no mês de julho/2011 com 27% e 38% nas Estações do Aeroporto e Urbana, respectivamente, sendo o período seco característico na região pelos baixos índices de umidade.

As maiores médias de precipitações ocorreram entre outubro/2011 a março/2012, período úmido na região, com os maiores registros nos meses de dezembro e outubro com 159,40mm e 130,00mm, respectivamente. A precipitação total do período foi 778,10mm.

Para análise estatística, igualou-se as médias dos dados, a partir da soma da diferença das médias, já que apresentavam a mesma variância para posterior análise utilizando-se o Teste-t nas amostras de temperatura e umidade comprovando alta correlação dos dados, sendo  $t_{\text{tabelado}} > t_{\text{calculado}}$  com  $\alpha = 5\%$ , aceita-se a hipótese que as Estações Aeroporto e Urbana não possuem diferença estatística (Tabela 5).

**Tabela 5**– Teste-t: duas amostras em par para médias

	Temperatura		Umidade	
	Estação Aeroporto	Estação Urbana	Estação Aeroporto	Estação Urbana
Média	26,1808	26,1808	64,3981	64,3981
Variância	9,0227	8,8738	222,1181	166,1266
Observações	365	365	365	365
Correlação de Pearson	0,8360		0,9174	
gl	364		364	
$t_{\text{calculado}}$	$8,99795E^{-14}$		$1,5684E^{-13}$	
$t_{\text{tabelado}}$	1,9665		1,9665	

$\alpha=0,05$

Desta forma, validou-se o uso dos registros da Estação Micrometeorológica Urbana como referência para os dados das medições móveis por transectos, mesmo não sendo uma Estação Meteorológica oficial.

Segundo Campelo Jr. et al. (1991) em estudo realizado sobre a caracterização macroclimática de Cuiabá (dados INMET- 1970 à 1989), concluíram que a frequência dos ventos dominantes em Cuiabá foram preferencialmente Norte (N) e Noroeste (NW) devido à localização da cidade na depressão cuiabana, cercada por montanhas.

Analisando a velocidade média do ar (Tabela 6) para os dias de medições observou-se que a maior média ocorreu na estação do outono com média de 2,38 m/s no Transecto 1 às 20h e 2,51m/s no Transecto 2 às 21h. Na estação do inverno a média no Transecto 1 foi de 2,14m/s e 2,22m/s no Transecto 2. Na estação da primavera as médias no Transecto 1 e 2 foram de 1,84m/s e 2,95m/s, respectivamente. Na estação do verão as médias foram de 1,53m/s em ambos os transectos.

**Tabela 6**– Velocidade média do ar e direção do vento no Transecto 1 (T1) e Transecto 2 (T2)

Dias de medição		Velocidade média do ar (m/s)		Direção do vento*	
		T1	T2	T1	T2
Outono	12 abril 2011	2,6	3,1	N	N
	19 abril 2011	1,5	1,0	SSO	SSO
	26 abril 2011	4,1	3,1	SSO	SO
	09 maio 2011	1,5	2,1	SO	S
	17 maio 2011	3,1	2,6	SSO	SO
	26 maio 2011	2,6	3,6	SO	SO
	14 junho 2011	2,6	2,1	SO	SO
	16 junho 2011	1,0	Calmo	SE	Calmo
Inverno	21 junho 2011	1,0	Calmo	ENE	Calmo
	28 junho 2011	1,5	1,5	SSE	S
	07 julho 2011	2,1	2,1	SO	SO
	12 julho 2011	1,0	Calmo	SSO	Calmo
	21 julho 2011	5,1	5,1	S	SO
	26 julho 2011	1,5	1,5	S	S
	08 agosto 2011	2,1	1,0	NO	S
	16 agosto 2011	2,6	2,1	N	NNO
	29 agosto 2011	2,1	2,1	NNE	NNE
	30 agosto 2011	3,1	2,1	SSO	NNE
	06 setembro 2011	1,5	2,1	SO	SO
	19 setembro 2011	2,1	2,6	S	SO
Primavera	25 setembro 2011	2,1	2,6	S	SO
	28 setembro 2011	2,6	5,1	N	NNO
	24 outubro 2011	1,5	1,5	N	NNO
	09 novembro 2011	1,5	2,6	N	N
	23 novembro 2011	1,5	Calmo	NNE	Calmo
Verão	28 fevereiro 2012	1,5	2,1	E	SSO
	18 março 2012	1,0	1,0	NNO	NNO
	19 março 2012	2,1	1,5	ENE	ENE

\*N-norte; NO- noroeste; NNO- norte/noroeste; NNE- norte/nordeste; E- leste; ENE- leste/nordeste; SE- sudeste; S-sul; SO- sudoeste; SSE- sul/sudeste; SSO- sul/sudoeste.

Observa-se que ocorre mudança na direção do vento nas diferentes estações do ano com predomínio da direção noroeste na estação do Outono, da direção sudoeste na estação do Inverno com ocorrência da direção sul responsável pela ocorrência de quedas de temperatura no período. Na estação da Primavera a direção norte (N) é predominante, sendo a responsável pelo aumento da umidade proveniente do norte do país, ocasionando a ocorrência de precipitações características do início do período úmido na região. Na estação do Verão, devido as poucas repetições de medição, teve-se pouco dados, sendo que as direções do vento encontradas são a

norte/noroeste e leste/nordeste nos dias do mês de março/2012 e leste (L) no Transecto 1 e sul/sudoeste (SSO) no Transecto 2, no dia do mês de fevereiro/2012.

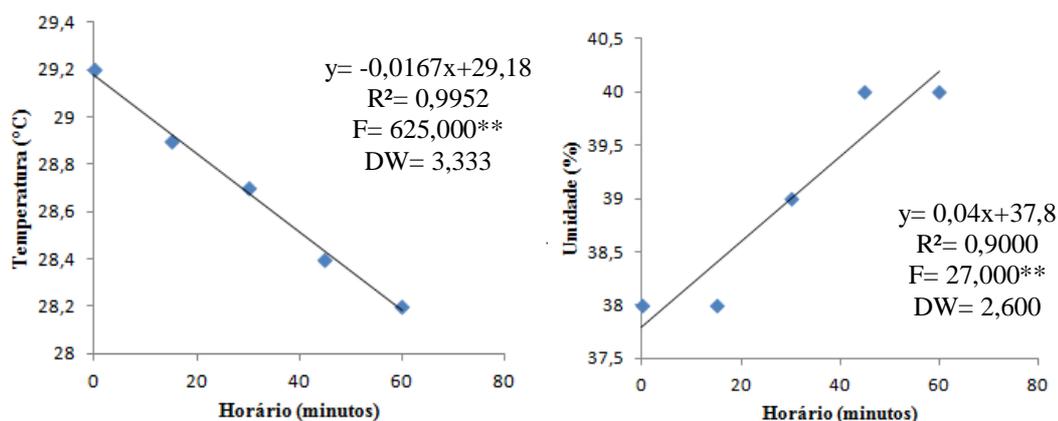
## **5.2 TRATAMENTO DOS DADOS DAS MEDIÇÕES MÓVEIS**

Para melhor caracterização de um ambiente térmico é necessário um número representativo de medidas instantâneas da variável em determinada distribuição espacial. Como forma de medição, foi adotado o método do transecto móvel, sendo possível a coleta de medidas de temperatura e umidade relativa do ar registradas por sensor acoplado a um veículo, percorrendo um trajeto no espaço urbano.

Para avaliação do ambiente térmico no horário padrão de 20h foi necessária à correção dos resultados da coleta de dados nos dois transectos móveis para o horário específico, tomando-se como referência a estação micrometeorológica localizada em ambiente com característica urbana.

As medidas da estação micrometeorológica eram feitas no intervalo de 15 minutos, enquanto que as medidas móveis tinham intervalo de 10 segundos. Para cada dia do transecto foi feita a análise de regressão linear com medidas mais aproximadas ao início e término do transecto. Os dados foram testados quanto à normalidade e à homocedasticidade, apresentando comportamento normal e foi verificado a existência de auto-correlação residual por meio do Teste de Durbin-Watson (DW).

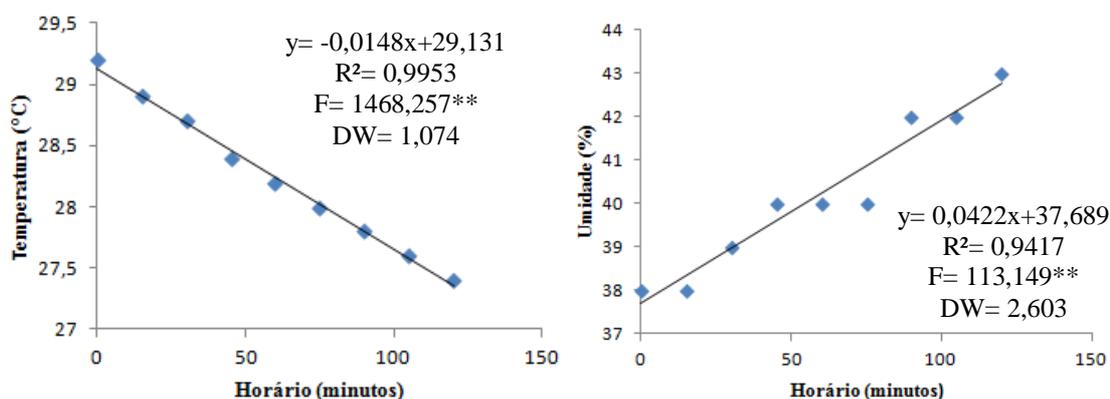
Para exemplificar, no dia 29 de agosto de 2011 o Transecto 1 iniciou as 19h50min e terminou as 20h42min, utilizou portanto dados de temperatura e umidade da estação micrometeorológica no intervalo de 19h45min às 20h45min, portanto 5 dados em 60 minutos, encontrando-se a fórmula de regressão linear (Figura 41).



**Figura 41**–Regressão linear para Transecto 1

Os resultados da análise de regressão linear para o Transecto 1, em que a calibração apresentou um coeficiente de calibração de determinação ( $R^2$ ) de 99,52% para temperatura e de 90% para umidade indicaram um bom ajuste dos dados, com variação de temperatura de  $0,0167^\circ\text{C}/\text{min}$  e  $0,04\%/\text{min}$  na umidade.

O Transecto 2 iniciou as 20:55h e terminou as 21h31min, utilizando dados de temperatura e umidade da estação micrometeorológica no intervalo de 19h45min as 21h45min, portanto 9 dados em 120 minutos, encontrando-se a fórmula de regressão linear (Figura 42).



**Figura 42**–Regressão linear para Transecto 2

Os resultados da análise de regressão linear para o Transecto 2, em que a calibração apresentou um coeficiente de calibração de determinação ( $R^2$ ) de 99,53% para temperatura e de 94,17% para umidade indicaram um bom ajuste dos dados, com variação de temperatura de  $0,0148^\circ\text{C}/\text{min}$  e  $0,0422\%/\text{min}$  na umidade.

Para medições anteriores às 20h, subtraiu-se do valor medido durante o transecto, o valor da variação de temperatura encontrada na equação de regressão

linear em cada dia do transecto multiplicado pelo intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) em relação às 20h e para umidade somou-se ao valor encontrado no transecto, o valor da variação de umidade encontrada na mesma equação multiplicada pelo minuto (Equação 1). Para os dados coletados após as 20h, foi feito de forma inversa, aumentando os valores de temperatura e diminuindo os de umidade (Equação 2).

$$Valor_{corrigido} = Valor_{medido} - (\Delta t * Fator\ de\ correção) \quad Eq. 1$$

$$Valor_{corrigido} = Valor_{medido} + (\Delta t * Fator\ de\ correção) \quad Eq. 2$$

Para exemplificar (Tabela 7), utilizando ainda o dia 29 de agosto de 2011 para o Transecto 1, considerando a variação de temperatura de  $0,0167^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , permitiu-se a correção de todos os dados das medidas móveis na construção de mapas dos ambientes térmicos e higrométricos da cidade.

**Tabela 7**– Exemplo de correção de medidas móveis da temperatura do ar

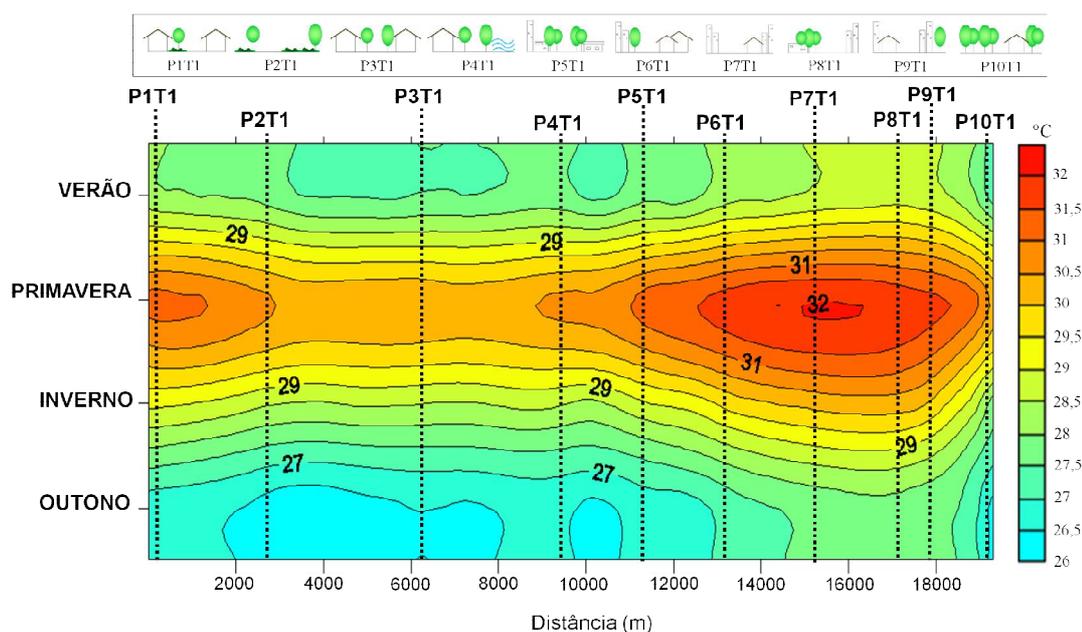
Horário (h)	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Intervalo de tempo (min)	Temperatura corrigida ( $^{\circ}\text{C}$ )
19:59	31,48	- 1,0	31,46
20:00	31,58	0,0	31,58
20:01	31,58	+1,0	31,50

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA

As condições climáticas intra-urbanas da cidade de Cuiabá-MT são a seguir avaliadas por meio dos gráficos temporo-espaciais de temperatura do ar e umidade relativa do ar ao longo dos transectos 1 e 2.

Observa-se as maiores temperaturas no Transecto 1 (Figura 43) entre os pontos 6 e 9 (P6T1 e P9T1, respectivamente) devido a influência de calor antropogênico proveniente principalmente do intenso fluxo de veículos automotores.

Segundo Callejas (2012) o fluxo de calor antropogênico dissipado dentro do dossel urbano pela ação antrópica chega a representar 33% da energia disponível no meio durante a noite, devido à supressão de radiação solar direta.



**Figura 43**– Distribuição da temperatura no Transecto 1

Devido a menor quantidade de superfícies ativas como áreas impermeabilizadas e canyons urbanos, entre os pontos 2 e 4 (P2T1 e P4T1, respectivamente), o fluxo de calor armazenado em ambientes com características de áreas periféricas é inferior ao do dossel urbano, fazendo com que a temperatura do ar seja minimizada nestas áreas.

Em média, as áreas entre P6T1 e P9T1 com as maiores mudanças por conta da urbanização inclusive com o centro comercial da cidade, apresentou um acréscimo de temperatura de 1,30°C em relação às áreas entre P2T1 e P4T1, ainda caracterizada com poucas modificações na ocupação do solo, configurando-se a formação de ilha de calor na cidade.

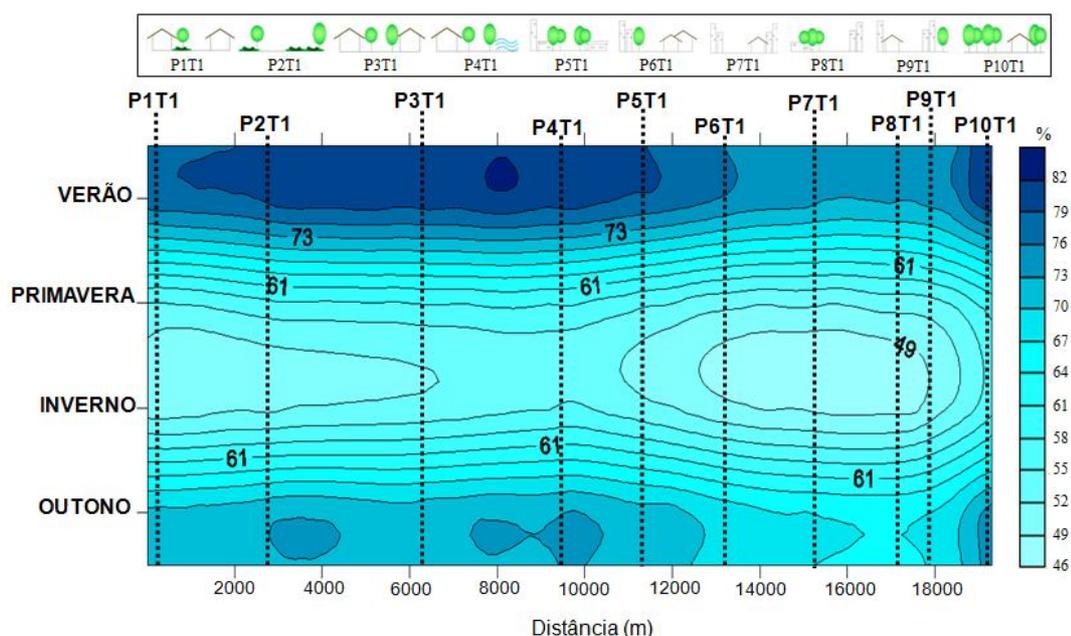
Fazendo-se uma análise quanto às estações do ano, a Primavera apresentou temperaturas mais rigorosas, característico do período na região, com média de 31,09°C e amplitude térmica de 1,78°C, enquanto na estação do Outono, Inverno e Verão as médias foram de 26,87°C, 29,11°C e 27,95°C, e a amplitude de 1,69°C, 2,64°C e 1,68°C.

Fazendo-se a comparação das médias de temperatura do ar por intervalo de confiança não se comprovou igualdade entre as estações do ano (Tabela 8).

**Tabela 8**– Bootstrap com 1200 reamostragens da Temperatura Transecto 1

Estações	Média (°C)	Intervalo de confiança 95%	
		Limite Superior (°C)	Limite Inferior (°C)
Outono	26,86665	27,0924	26,61903
Inverno	29,11385	29,41052	28,82853
Primavera	31,09208	31,26576	30,90757
Verão	27,94652	28,1425	27,7659

Analisando-se a umidade relativa ao longo do Transecto 1 (Figura 44), observou-se que as estações mais críticas são a do Inverno e Primavera com médias de 51,57% e 55,74%, respectivamente, justificando as maiores amplitudes térmicas encontradas, já que a água é um eficiente regulador térmico.

**Figura 44**– Distribuição da umidade no Transecto 1

A estação Verão apresentou a maior média de umidade relativa com 78,05%, seguida do Outono com 70,42%. Observa-se a mesma tendência no comportamento da umidade ao longo do transecto em todos os períodos analisados, com maior disponibilidade de umidade entre os pontos 2 e 5 (P2T1 e P5T1, respectivamente) por influência de áreas com características de zonas periféricas, sem canyons urbanos e vegetadas, responsável por elevar a disponibilidade de fluxo de calor latente no entorno imediato, além da influência da proximidade de cursos d'água como acontece no Ponto 4 (P4T1) as margens do Rio Coxipó.

Em média, as áreas entre P2T1 e P5T1 apresentaram um acréscimo de umidade relativa do ar de 5,38% em relação às áreas entre P6T1 e P9T1, configurando-se a formação de ilha de umidade na cidade.

Fazendo-se a comparação das médias de umidade relativa do ar por intervalo de confiança não se comprovou igualdade entre as estações do ano (Tabela 9).

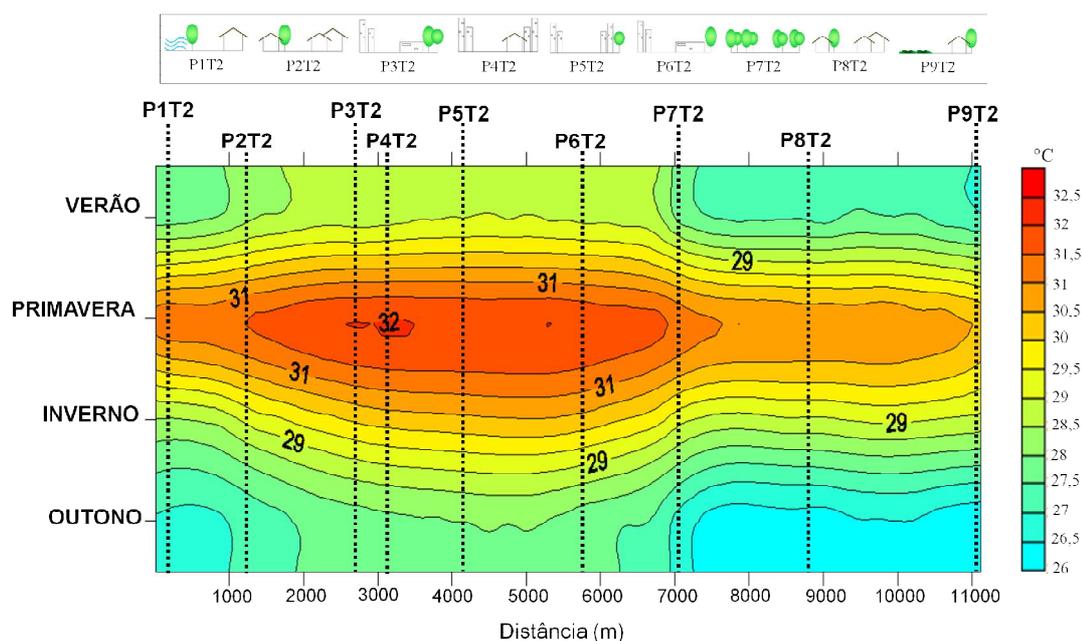
**Tabela 9**– Bootstrap com 1200 reamostragens da Umidade Transecto 1

Estações	Média (%)	Intervalo de confiança 95%	
		Limite Superior (%)	Limite Inferior (%)
Outono	70,4217	71,2772	69,5453
Inverno	51,57036	52,60556	50,48433
Primavera	55,74321	56,52366	54,94893
Verão	78,04648	78,66575	77,36282

Quanto ao Transecto 2, observou-se que as maiores temperaturas foram verificadas entre os pontos 3 e 6 (P3T2 e P6T2, respectivamente) devido ao padrão de urbanização do local, com uso predominantemente comercial, com alta trafegabilidade de automóveis (Figura 45). A partir do ponto 7 (P7T2) localizado em frente a um parque urbano, as médias de temperatura diminuem, mantendo-se médias menores até o término do transecto devido a configuração urbana com padrão de área periférica com uso residencial e vazios urbano.

Constatou-se o mesmo comportamento térmico ao longo do ano em todo o transecto, apenas com médias de temperatura diferentes entre as estações, apresentando um acréscimo de temperatura de 1,35°C entre as áreas P3T2 e P6T2 em relação às áreas de P7T2 até P9T2.

Assim como no Transecto 1, a estação da Primavera apresentou a maior média de temperatura com 31,46°C com amplitude térmica de 1,55°C, posteriormente a estação do Inverno com 29,40°C e amplitude de 2,03°C, o Verão com 28,12°C e amplitude de 1,93°C; e o Outono com 27,08°C e amplitude de 1,97°C.



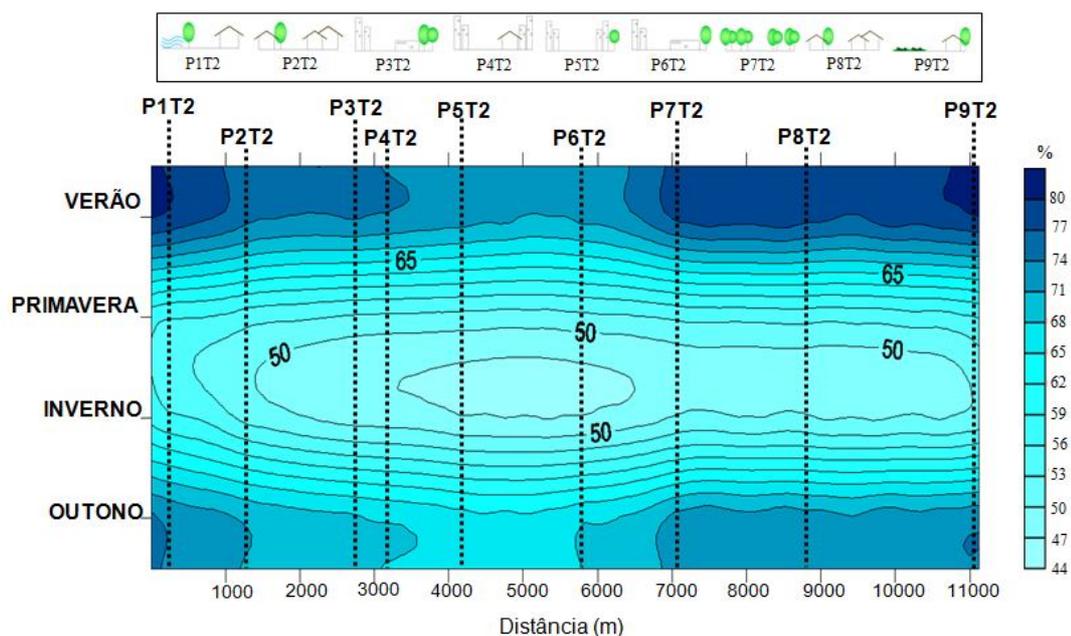
**Figura 45**– Distribuição da temperatura no Transecto 2

Fazendo-se a comparação das médias de temperatura por intervalo de confiança, assim como no Transecto 1, não se comprovou igualdade entre as estações do ano (Tabela 10).

**Tabela 10**– Bootstrap com 1200 reamostragens da Temperatura Transecto 2

Estações	Média (°C)	Intervalo de confiança 95%	
		Limite Superior (°C)	Limite Inferior (°C)
Outono	27,08518	27,33245	26,82906
Inverno	29,40886	29,75792	29,05407
Primavera	31,45848	31,67666	31,22663
Verão	28,12775	28,35069	27,90593

Quanto a umidade relativa ao longo do Transecto 2 (Figura 46), observou-se que as estações mais secas são a do Inverno e Primavera, característico da região, com médias de 50,18% e 53,58%, respectivamente. Os maiores índices de umidade aconteceram nos pontos da extremidade do transecto, sendo o ponto inicial sob a influência do Rio Cuiabá e a outra extremidade sob a influência de massas de vegetação e lotes vazios.



**Figura 46**– Distribuição da umidade no Transecto 2

Em média, as áreas entre P3T2 e P6T2 apresentaram um decréscimo de umidade relativa do ar de 3,81% em relação às áreas periféricas, evidenciando a influência da vegetação no aumento da umidade e comportando-se como amenizador de temperatura.

Fazendo-se a comparação das médias de umidade relativa do ar por intervalo de confiança não se comprovou igualdade entre as estações do ano (Tabela 11).

**Tabela 11**– Bootstrap com 1200 reamostragens da Umidade Transecto 2

Estações	Média (%)	Intervalo de confiança 95%	
		Limite Superior (%)	Limite Inferior (%)
Outono	70,67525	71,5941	69,74934
Inverno	50,17791	51,45356	49,00395
Primavera	53,57962	54,30677	52,86441
Verão	76,21892	76,97563	75,51898

Observa-se que os dias com condições de tempo atmosférico ideal ocorreram predominantemente na estação do Inverno (Tabela 12), com 3 registros de forte magnitude nos dois transectos, apresentando diferenças térmicas maiores de 4°C.

**Tabela 12**– Magnitude das ilhas de calor no Transecto 1 e 2

Dias de medição		TRANSECTO 1		TRANSECTO 2	
		Diferença Temperatura (°C)	Magnitude	Diferença Temperatura (°C)	Magnitude
Outono	12 abril 2011	1,96	Fraca	2,08	Média
	19 abril 2011	2,40	Média	3,61	Média
	26 abril 2011	1,23	Fraca	1,57	Fraca
	09 maio 2011	3,12	Média	2,51	Média
	17 maio 2011	1,88	Fraca	1,36	Fraca
	26 maio 2011	1,77	Fraca	1,37	Fraca
	14 junho 2011	2,67	Média	2,60	Média
	16 junho 2011	3,71	Média	3,09	Média
Inverno	21 junho 2011	4,10	Forte	3,55	Média
	28 junho 2011	2,10	Média	2,06	Média
	07 julho 2011	1,77	Fraca	1,24	Fraca
	12 julho 2011	3,43	Média	3,00	Média
	21 julho 2011	1,27	Fraca	0,68	Fraca
	26 julho 2011	2,65	Média	2,25	Média
	08 agosto 2011	3,60	Média	4,46	Forte
	16 agosto 2011	4,76	Forte	4,62	Forte
	29 agosto 2011	5,48	Forte	4,04	Forte
	30 agosto 2011	3,31	Média	1,74	Fraca
	06 setembro 2011	2,20	Média	2,04	Média
	19 setembro 2011	2,23	Média	1,72	Fraca
Primavera	25 setembro 2011	1,46	Fraca	1,07	Fraca
	28 setembro 2011	1,92	Fraca	1,40	Fraca
	24 outubro 2011	2,10	Média	2,45	Média
	09 novembro 2011	2,22	Média	2,24	Média
	23 novembro 2011	3,08	Média	2,78	Média
Verão	28 fevereiro 2012	1,93	Fraca	2,14	Média
	18 março 2012	1,76	Fraca	1,97	Fraca
	19 março 2012	2,07	Média	2,40	Média

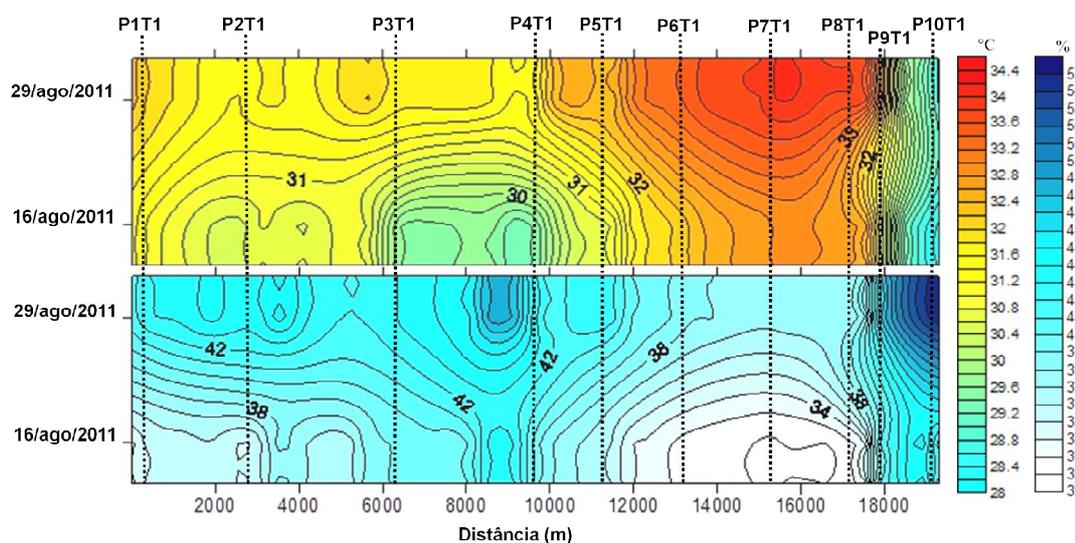
Constatou-se a recomendação feita por Oke (1987) que em situações de ventos fracos e céu descoberto as diferenças entre os microclimas são mais evidenciadas, situação melhor evidenciada neste período.

Ao longo do ano, verificou-se predominantemente a ocorrência de magnitude da ilha de calor média, com diferenças de temperaturas entre 2 e 4°C e ocorrência de 15 dias em ambos transectos. Quanto à magnitude fraca, ocorreu em 10 dias nos dois transectos, apresentando diferenças de temperaturas menores que 2°C.

Ao analisar os dias com forte magnitude em ambos os transectos – 16 e 29 de agosto de 2011 observou-se a mesma tendência de comportamento dos dados ao longo do ano, confirmando a localização da ilha de calor na cidade.

No Transecto 1 (Figura 47) observou-se temperaturas acima da máxima encontrada para o período do Inverno que foi de 29,11°C, chegando-se a máxima temperatura no dia 16/ago/2011 de 32,93°C e no dia 29/ago/2011 de 34,01°C. Quanto a umidade, registrou-se o valor máximo de 46,05% e 54,69% nos dias 16 e 29/ago/2011, respectivamente, enquanto a média para o período do Inverno foi de 51,57%.

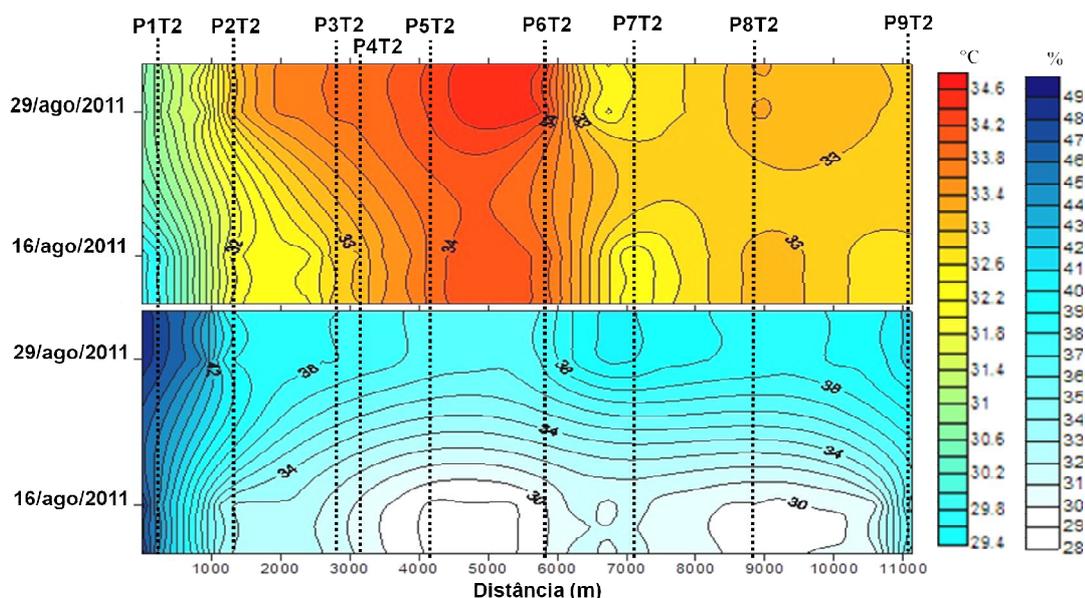
Tem-se uma ilha de frescor entre os pontos 3 (P3T1) e 4 (P4T1) que sofrem a influência do Rio Coxipó, diminuindo a média de temperatura para 29,60°C e 31,62°C e aumentando a média da umidade para 40,41% e 44,78% nos dias 16 e 29/ago/2011, respectivamente. Comportamento semelhante ocorreram entre os pontos 9 (P9T1) e 10 (P10T1) sobre a influência de grande massa de vegetação que contribui por meio do processo de evapotranspiração para o aumento da umidade com médias de 42,87% e 51,40%, respectivamente, minimizando a temperatura, registrando-se médias de temperaturas de 29,34°C e 30,17°C nos dias 16 e 29/ago/2011, respectivamente.



**Figura 47**– Distribuição da temperatura e umidade nos dias de forte magnitude da ilha de calor no Transecto 1

No Transecto 2 (Figura 48) também encontrou-se temperaturas acima da média do período do Inverno que foi de 29,41°C, com máxima de 34,15°C no dia

16/ago/2011 e de 34,51°C no dia 29/ago/2011. Foi registrada no início do transecto entre os pontos 1 (P1T2) e 2 (P2T2) a menor média de temperatura em 30,66°C e 31,58°C nos dias 16 e 29/ago/2011, respectivamente. Observou-se a formação de uma ilha de calor entre os pontos 3 (P3T2) e 6 (P6T2), com médias de temperatura de 33,48°C e 34,11°C nos dias 16 e 29/ago/2011, respectivamente.



**Figura 48**– Distribuição da temperatura e umidade nos dias de forte magnitude da ilha de calor no Transecto 2

Para o período do Inverno a média de umidade registrada foi de 50,18%. Observou-se alta umidade no início do transecto devido a influência a proximidade do Rio Cuiabá com média entre os pontos 1 (P1T2) e 2 (P2T2) de 39,08% e 44,96%, nos dias 16 e 29/ago/2011, respectivamente.

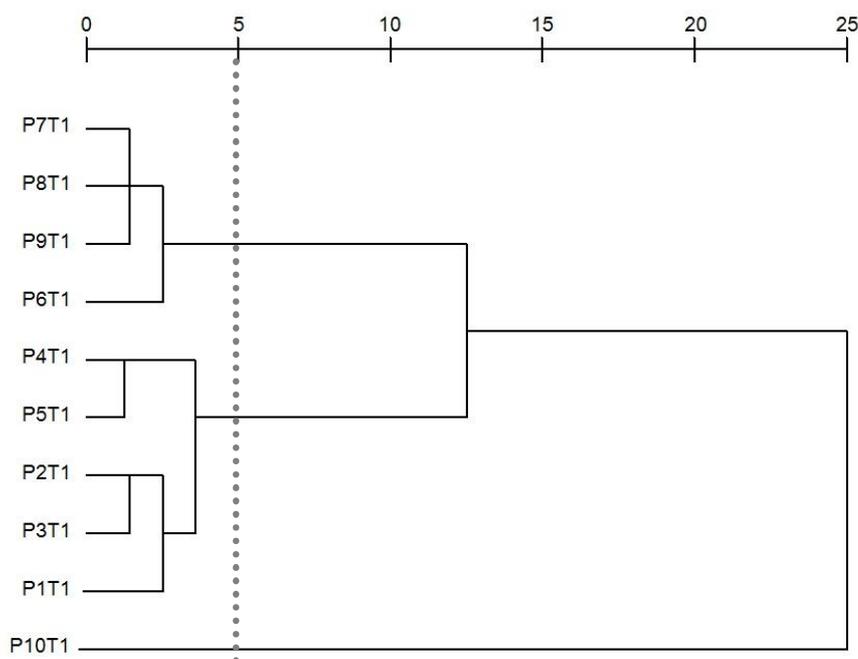
Notou-se regularidade ao longo do percurso principalmente no dia 29/ago/2011 com umidade máxima registrada de 48,56%. No dia 16/ago/2011, com umidade máxima registrada de 48,43% entre os pontos 6 (P6T2) e 7 (P7T2) caracterizando a elevação da umidade em relação ao entorno justificado pela presença de um parque urbano nas proximidades, além da ocupação do solo com características de zona periférica.

## 5.4 ANÁLISE DOS PONTOS FIXOS

Neste item são feitas as análises estatísticas dos pontos fixos ao longo dos transectos, por meio de dendrogramas da representação da similaridade dos locais

utilizando o método de agrupamento comum (entre grupos) – *Average Linkage Between Groups*.

De acordo com o dendrograma do Transecto 1 (Figura 49), considerando-se a distância marcada no ponto 5, pode-se observar a formação de 3 grandes grupos (Tabela 13).



**Figura 49**– Dendrograma do Transecto 1

**Tabela 13**– Grupo da similaridade dos pontos no Transecto 1

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
 P7T1 – AV: 12,65%	 P4T1 – AV: 61,06%	 P10T1 – AV: 71,45%
 P8T1 – AV: 29,61%	 P5T1 – AV: 42,00%	
 P9T1 – AV: 16,61%	 P2T1 – AV: 75,03%	
 P6T1 – AV: 22,12%	 P3T1 – AV: 39,14%	
	 P1T1 – AV: 16,02%	

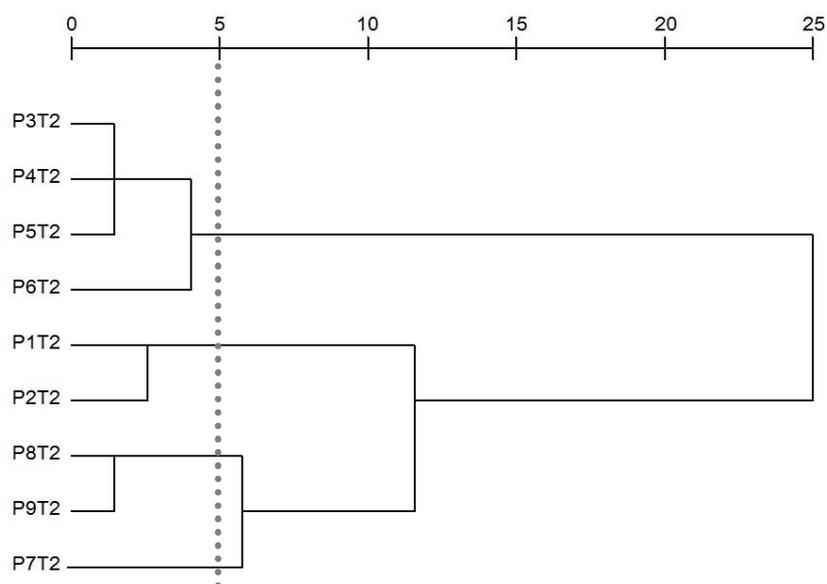
O primeiro grupo é formado pelos pontos com maior fluxo de veículos e pouca influência de vegetação e corpos d'água, com canyons urbanos consolidados.

São pontos com ocupação do solo predominantemente comercial e com grandes áreas impermeabilizadas, com as menores porcentagens de área verde (AV) entre os pontos.

O segundo grupo apresenta características semelhantes com pouca rugosidade superficial, mas com influência do tráfego de veículos. A presença de arborização também é característica entre os pontos, sendo que o Ponto 4 ainda sofre influência do Rio Coxipó, aumentando a umidade no entorno imediato, enquanto que o Ponto 5, que possui maior semelhança com o Ponto 4, a alta umidade é proveniente da grande área arborizada. Observou-se que o Ponto 1 apresentou porcentagem de área verde característico do grupo 1 – 16,02%, evidenciando-se que a menor quantidade de construções do entorno imediato influenciou as características climáticas locais.

O terceiro grupo é formado apenas pelo ponto 10 que está localizado próximo a um parque da cidade, apresentando como característica principal a maior quantidade de indivíduos arbóreos com porcentagem de área verde de 71,45%. O local ainda apresenta pouco tráfego de veículos, diminuindo assim o calor antropogênico, e aumentando a influência da vegetação existente no ambiente.

De acordo com o dendrograma do Transecto 2 (Figura 50), considerando-se também a distância marcada no ponto 5 e utilizando o método de agrupamento comum (entre grupos) – *Average Linkage Between Groups* observou-se a formação de 4 grandes grupos (Tabela 14).



**Figura 50**– Dendrograma do Transecto 2

**Tabela 14**– Grupo da similaridade dos pontos no Transecto 2

<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>
 P3T2 – AV: 26,64%	 P1T2– AV: 40,06%	 P8T2– AV: 18,15%	 P7T2– AV: 77,17%
 P4T2 – AV: 7,77%	 P2T2– AV: 14,94%	 P9T2– AV: 53,37%	
 P5T2 – AV: 13,85%			
 P6T2– AV: 18,17%			

O primeiro grupo é formado pelos pontos localizados nas áreas mais urbanizadas do transecto, com fluxo de veículos intenso e grande impermeabilização do solo com as menores porcentagens de área verde (AV), além de possuir maior verticalização das edificações formando os canyons urbanos. Os pontos 3, 4 e 5 apresentam maiores semelhanças entre si, apresentando as mesmas características de ocupação do solo, sendo ponto 4 e 5 localizados nos cruzamentos de duas importantes vias de tráfego e o ponto 3 em área central da cidade. O ponto 6, apresenta particularidades em relação ao grupo, pois está também localizado em uma área de intensa trafegabilidade, próximo a um shopping da cidade, mas a largura da via é maior em relação aos outros pontos, diminuindo desta forma, o efeito do canyon urbano.

O segundo grupo é formado pelos pontos 1 e 2 caracterizado pela baixa verticalização das edificações na proximidade, apesar de estarem localizados em áreas próximas ao centro da cidade, o fluxo de veículos neste locais, principalmente no horário de medição, é inferior aos do primeiro grupo. Sofrem influência da umidade proveniente do Rio Cuiabá, principalmente o ponto 1 devido a proximidade ao mesmo, enquanto que o ponto 2 apesar de estar mais distante e apresentar porcentagem de área verde característica do Grupo 1 – 14,94%, a configuração urbana entre os pontos facilita a influência da umidade, já que devido ao traçado da via e ausência de grandes obstáculos funcionando como corredores de vento com ar úmido.

No terceiro grupo estão os pontos 8 e 9 localizados em área periférica da cidade, sem influência de verticalização predial. Nestes pontos, a largura da rua

diminui consideravelmente, sendo que no ponto 8 o fluxo de veículos e pessoas é maior devido a atrativos do entorno como um ginásio, quiosques de lanches rápidos, templos religiosos e maior ocupação do solo, além da menor quantidade de área verde comparando-se ao ponto 9. Este último está localizado em área de ocupação recente, com pouco fluxo de veículos e baixa circulação de pessoas, possui ainda grandes áreas vazias com vegetação rasteira.

O quarto grupo é formado pelo ponto 7, que assim como o ponto 10 do Transecto 1, está localizado próximo a um parque da cidade, sofrendo influência da massa de vegetação do local com porcentagem de área verde de 77,17%. Nos horários iniciais e de término comercial ocorre um aumento no número de veículos trafegando na área, já que o local é corredor de tráfego do centro para bairros da periferia e vice-versa.

## **5.5 COMENTÁRIOS GERAIS**

Observa-se que em ambos os transectos, a estação do Inverno registrou média de temperatura do ar superior a estação do Verão que apresenta menor quantidade de energia armazenada no dossel urbano devido ao resfriamento proporcionada pela maior umidade.

As mudanças provenientes da urbanização como uso de materiais impermeáveis, aumento da rugosidade da superfície por meio da verticalização das edificações formando os canyons urbanos tem importante contribuição na energia disponível no meio ocasionando anomalias climáticas, sendo a principal delas a formação de ilhas de calor, evidenciada nos registros de maiores temperaturas nas áreas mais urbanizadas, centro comercial da cidade, em relação às áreas periféricas com características ainda rurais, em ambos os transectos.

A influência do fluxo de veículos automotores nos ganhos de calor no meio é evidente, já que áreas com menor circulação de automóveis apresentaram climas mais agradáveis às áreas com mesmas características de ocupação do solo, mas com menor fluxo de veículos, e conseqüentemente menor calor antropogênico. Portanto, o adensamento urbano e a supressão de vegetação são fatores determinantes na modificação do comportamento termo-higrométrico, evidenciando-se a importância de estabelecer critérios de ocupação do solo, incentivando o uso de materiais que

retenham menor quantidade de energia durante o dia e dissipem de forma mais acelerada durante a noite, de forma que as modificações no clima sejam amenizadas.

## 6 CONCLUSÃO

Na análise microclimática ao longo do ano de pesquisa observou-se comportamentos climáticos característicos da região, com temperaturas altas, exceto em curtos períodos sob influência da “friagem”, com a sazonalidade das chuvas em meses característicos, determinando desta forma, período úmido e seco.

Realizando-se o tratamento dos dados por meio da correção horária, permitiu-se desta forma a análise dos registros com menor número de variáveis possíveis, evidenciando a influência da ocupação do solo em diferentes períodos do ano, comprovando-se a corroboração das mudanças antropogênicas no microclima da cidade, sem a influência proveniente das diferenças de horários.

A utilização de transectos móveis por meio de veículos automotores mostrou-se um método eficiente na investigação climatológica em todo o perímetro do município, admitindo estudos de áreas maiores, não restringindo estudos a bairros e/ou regiões, permitindo pesquisas em maiores escalas horizontais.

Os dados coletados nesta pesquisa evidenciaram que Cuiabá apresenta um perfil térmico que coincide com grande parte dos estudos realizados no período noturno, os quais registram na área mais densamente construída, um pico positivo de temperatura, comprovando-se a existência de ilha de calor na cidade.

Analisando-se o comportamento termo-higrométrico por estação do ano constata-se a mesma tendência de variação dos registros ao longo de todo o período analisado – abril/2011 a março/2012, em ambos os transectos, sendo que as diferenças nas médias de temperatura e umidade são determinadas pelas características climatológicas de cada estação do ano. Constatou-se que as estações caracterizadas por índices mais baixos de umidade – Inverno e Primavera – são mais adequadas para determinação de estudos de anomalias climáticas, pois apresentam menor influência da umidade na regulação da temperatura, já que a água é um eficiente regulador térmico.

Destaca-se que áreas sob influência de grandes massas de vegetação, apresentaram características próprias com microclima diferentes as outras áreas da cidade, contribuindo para formação de ilhas de umidade, já que há uma contribuição na perda de energia para o meio e conseqüente queda de temperatura e aumento da umidade relativa do ar, evidenciando-se a importância da implantação de parques urbanos em locais de clima semelhantes ao de Cuiabá.

Deve-se ressaltar que este estudo irá contribuir no meio acadêmico e científico para diagnosticar eventuais mudanças no clima devido ao processo de crescimento de Cuiabá, que precisam ser considerados pelos planejadores e gestores para que sejam tomadas medidas que contribuam com a melhoria da qualidade ambiental e de vida da população.

## **6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

As pesquisas realizadas neste trabalho são uma contribuição para a linha de pesquisa da Análise Microclimática de Sistemas Urbanos, de forma a reforçar metodologias para investigações e posterior entendimento dos processos formadores do clima urbano.

Desta forma, ficam sugeridas recomendações para futuras investigações no meio urbano:

- a) Investigações com maior quantidade de Estações Micrometeorológicas ao longo dos transectos minimizando os erros na correção horária.
- b) Período maior de medições, observando-se a influência das mudanças do solo urbano no microclima.
- c) Medições de forma ininterrupta utilizando sensores com dataloggers instalados equidistantes, permitindo o monitoramento nas 24h do dia, caracterizando as mudanças termo-higrométricas sob a influência da radiação solar e diferentes comportamentos urbanos.
- d) Caracterização do uso e ocupação do solo, assim como a determinação dos canyons urbanos para estudos da influência da ventilação nas trocas térmicas na cidade.

## 7 BIBLIOGRAFIAS

### 7.1 BIBLIOGRAFIAS CITADAS

ALVES, E. D. L. **Caracterização Microclimática do Campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso**. Cuiabá, 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia dos trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 332 p., 2001.

AMORIM, M. C. C. T. Características noturnas da temperatura em Presidente Prudente/SP. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2002, Curitiba. **Anais**. CD ROM. Curitiba: UFPR, 2002. p. 752-760.

ARAÚJO, A. P.; ALEIXO, N. C. R.; MENEZES, B. B.; SOUZA, C. G.; RIVERO, C. A. V.; MONTEZANI, E.; BRAIDO, L. M. H.; TEODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. C. T. Ensaio Metodológico Sobre a Utilização de Transectos Móveis no Período Diurno em Presidente Prudente-SP. **Revista Formação**, v. 1, n.17, p. 77-95, 2008.

ASSIS, E. S. **Impactos da forma urbana na mudança climática: método para previsão de comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano**. São Paulo, 2000. 273f. Tese (Doutorado em Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo, 2000.

BARBIRATO, G. M. **Análise do ambiente térmico urbano e aplicação de modelo de balanço de energia**. São Carlos, 1998. 173f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 1998.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C. **Clima e cidade – A abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. 1ª ed. Macéio: EDUFAL, 164p., 2007.

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.

BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano na cidade do Rio de Janeiro. In: MENDONÇA, F. (Org.); MONTEIRO, C. A. F. (Org.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 192p., 2003.

CALLEJAS, I. J. A. **Avaliação temporal do balanço de energia em ambientes urbanos na cidade de Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2012. 265f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

CAMPELO, JR. J. H.; CASEIRO, F. T.; FILHO, N. P.; BELLO, G. A. C.; MAITELLI, G. T.; ZANPARONI, C. A. G. P. Caracterização macroclimática de Cuiabá. In. Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, 7, 1991, Londrina, **Anais**. Londrina, v. 1.

BARROS, T. C. P. **Vento e o desmatamento na Amazônia Mato-Grossense: uma análise preliminar**. Cuiabá, 2006. 130f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso.

COHEN, P.; POTCHTER, O.; MATZARAKIS, A. Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort. **Building and environment**, v. 51, p.285-295. 2012.

COLTRI, P. P. **Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto**. 2006. 166f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá/ Legislação Urbana de Cuiabá./IPDU – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano. Cuiabá: Entrelinhas, 2004.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá / *Evolução Urbana de Cuiabá*. IPDU – Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. Cuiabá, 2010.

DAVENPORT, A. G.; GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R.; WIERINGA, J. Estimating the roughness of cities and sheltered country. **Proceedings 12th Conference on Applied Climatology**, Asheville, NC, American Meteorological Society, Boston, p.96-99, 2000.

DUARTE, D. H. S. **O Clima como Parâmetro de Projeto para a Região de Cuiabá**. 1995. 214f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)- Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1995.

DUARTE, D. H. S. **Padrão de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na Região de Clima Tropical Continental**. Tese (Doutorado em Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2000.

FACCHINETTO, J. Transformações urbanas em Cuiabá. **Revista Vitruvius**. Ano 08. 2008. Disponível em: [www.vitruvius.com.br/revistas](http://www.vitruvius.com.br/revistas)

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 7ª ed. São Paulo: Studio Nobel, 244 p., 2003.

FERREIRA, J. C. V. História de Cuiabá. Portal Mato Grosso. 2012. Disponível em: [www.mtseusmunicipios.com.br](http://www.mtseusmunicipios.com.br)

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Tradução: 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010, 248p.

GIVONI, B. **Urban design in different climates**. World Meteorological Organization (WMO/TD-n.346, WCAP-10) Los Angeles, 1989.

GRIMMOND, S. **Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming**. *Geographical Journal*, n.173, p. 83-88. 2007.

HEISLER, G. M. Energy savings with trees. *J. Arboricult.* V. 12, p. 113–25, 1986.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo Demográfico** (2010). Disponível em <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em 10/12/2011.

KATZSCHNER, L.; REINOLD, M.; LOURENCO, L. D. Urban climate in the context of a sustentable development. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. 5., 1999, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: ANTAC, 1999. 1 CD-ROM.

KREBS, C. J. *Ecological Methodology*. New York: **Haper & Row Publishers**, 1989.

LANDIM, P. M. B. **Análise Estatística de Dados Geológicos**. 2 ed. Rio Claro: Edunesp, 2003.

LANDSBERG, H. E. *The urban climate*. New York, Academic Press, 276p.1981.

LIMA, G. N.; AMORIM, M. C. C. T. Análise das características noturnas dos elementos climáticos em um episódio de verão no município de Teodoro Sampaio-SP. **Revista Geografia em Atos**. Presidente Prudente, n. 10, v.1, p 01-25. 2010.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: O Exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 244p.1985.

MAITELLI, G. T.; ZAMPARONI, C. A. G. P.; E LOMBARDO, M. A., Ilha de calor em Cuiabá/MT: uma abordagem de clima urbano, 3º Encontro Nacional de estudos sobre o Meio Ambiente, V.1, Comunicações, Londrina/PR, **Anais**. 1991, p. 561-571.

MAITELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT.** 1994. 220f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MENDONÇA, F. **O Clima e o Planejamento Urbano de cidades de porte médio e pequeno proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina-PR.** Tese (Doutorado em Geografia) Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

MENDONÇA, F. **Clima e planejamento urbano em Londrina.** Clima Urbano. Org. Mendonça, F., Monteiro, C. A. de F. São Paulo: Contexto, 2003.

MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. **Clima Urbano.** São Paulo: Contexto, 2003, 191p.

MONTEIRO, A. **O clima urbano do Porto: contribuição para a definição das estratégias de planejamento e ordenamento do território.** Fundação Calouste Gulbenkian, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 1997. 485p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano.** 25. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano no Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, p. 7-19, 1990.

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

MORENO, G. **A Colonização no Século XX.** In: MORENO, Gislaene; HIGA, Tereza Cristina Souza (orgs.). **Geografia de Mato Grosso: Território, Sociedade, Ambiente.** Cuiabá: Entrelinhas, p. 52-71, 2005.

NOGUEIRA, M. C. J. A.; DURANTE, L. C.; NOGUEIRA, J. S. Conforto térmico em escola pública em Cuiabá-MT: estudo de caso. **Revista eletrônica em educação ambiental.** Rio Grande/RS, V.14, 2005.

NUCCI, J.C.; CAVALHEIRO, F. **Cobertura vegetal em áreas urbanas - conceito e Ciência e Natura, UFSM, 27 (2): 85 - 99, 2005** método. **GEOUSP 6,** São Paulo: Depto. de Geografia/USP, p. 29-36, 1999.

OKE, T. R. **Review of urban climatology: 1968-1973.** Geneva: World Meteorological Organization, 1974 (WMO Technical Note, n. 134).

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

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quart. Journal. Roy. Met. Soc., 108, 1-24.1982.**

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. Londres: Routledge, 1987.

OKE, T. R. Initial Guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. WMO, **Instruments and Observing Methods**, Report n.º 81. 2004.

OLIVEIRA, A. S. **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas**. Cuiabá, 2011. 146f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

OLIVER, J. E. **Climatology**. Columbus: John J. Hidore and Charles E. Merrill, 1984.

PEZZUTO, C. C. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos. Estudo de caso em Campinas, SP**. 2007. 182 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

PITTON, S. E. C. **As cidades como indicadores de alterações térmicas**. São Paulo, 1997. 272 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

ROMANCINI, S. R. **Cuiabá: Paisagens e Espaços da Memória**. Cuiabá: Cathedral Publicações, Coleção Tibanaré, v. 6. 2005.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenvolvimento urbano**. São Paulo: Projetos Editores Associados Ltda, 1988. 123p.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 2001. 2ª edição, 128 p.

RUAS, A. C. **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software**. 2002. 182 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2002. SANTOS, E. E. **Uso e ocupação do solo e enchentes urbanas em área tropical: o exemplo de Cuiabá/MT**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade) - Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2002.

SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. São Paulo, 2009. 173 p. Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP. São Paulo, 2009.

SILVEIRA, A. L. R. C. **Parâmetros bioclimáticos para avaliação de conjuntos habitacionais na região tropical subúmida do Brasil**. Brasília, 2007. 312 p. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, 2007.

SOUZA, M. B. **Clima urbano: aspectos teóricos e metodológicos**. Mini-curso. 2010.

TAESLER, R. **Urban Climatological Methods and Data**. In: Technical Conference on Urban Climatology and its applications with special regard to Tropical Areas. Geneva. Proceedings. nº 652. Geneva: WMO, 1986.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo, Editora Nobel, 1984. 374 p.

VASCONCELOS, L. C. S.; COVEZZI, M. **O processo de expansão urbana de Cuiabá – Mato Grosso, Brasil**. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso. Disciplina Produção Social do Espaço Urbano - Cidades e Territorialidades, s/d.

VIANA, S. S. M.; AMORIM, M. C. C. T. O clima urbano em Teodoro Sampaio/SP: Episódios de verão. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, p. 41-54, 2009.

WEIDONG L.; HUANLING, Y.; D. JUNXIA. Urban-rural humidity and temperature differences in the Beijing area. **Theor Appl Climatol**, v. 96, p. 201–207. 2009.

## 7.2 BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

AKBARI, H.; KURN, D. M.; BRETZ, S. E.; HANFORD, J. W. Peak power and cooling energy savings of shade tree. **Journal Energy and Buildings**, v. 25, p. 139-148. 1997.

ALONSO, M. S.; LABAJO, J. L.; FIDALGO, M. R. Chacaracteristics of the urban heat island in the city of Salamanca, Spain. **Atmósfera**. p. 137-148. 2003.

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor em Birigui/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 1, Nº 1. 2005.

ANDRADE, H. O Clima Urbano - Natureza, escalas de análise e aplicabilidade. **Finisterra** xl, 80, p. 65-91. 2005.

BAKER, L. A.; BRAZEL, A. J.; SELOVER, N., MARTIN, C.; MCINTYRE, N.; STEINER, F.R.; NELSON, A.; MUSACCHIO, L. Urbanization and warming of Phoenix (Arizona, USA): impacts, feedbacks and mitigation. **Urban ecosystems**, v. 6, p. 183-203. 2003.

BERTACCHI, M. L.; FARIA, J. R. G. (2005) Ilhas de calor na cidade de Bauru (SP): as diferenças de temperatura e a configuração do solo local. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005. Maceió. Anais. Maceió: ANTAC, p. 646-652.

BUENO, C. L. **A influência da vegetação no conforto térmico urbano e no Ambiente construído**. 2003. 186 f. Tese (Doutorado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CHATZIDIMITRIOU, A.; CHRISOMALLIDOU, N.; YANNAS, S. Microclimate modifications of an urban street in northern Greece. In: PLEA 2005 – PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 2005, BEIRUT. p. 689-694.

COSTA, E. R.; SARTORI, M. G. B. O campo termo-higrométrico intra urbano da Santa Maria/RS e a configuração de ilhas de calor e de frescor urbanas em dia sob domínio da massa polar velha ou aquecida no verão. **Geografia: Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 13 n. 2, p. 217-227, 2009.

GALLEGO, L. P. **Tipos de tempo e poluição atmosférica no Rio de Janeiro: um ensaio em climatologia urbana**. 1972. 104p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1972.

GIRIDHARAN, R.; LAUB, S. S. Y.; GANESANB, S.; GIVONIC, B. Lowering the outdoor temperature in high-rise high-density residential developments of coastal Hong Kong: The vegetation influence. **Building and Environment** 43 1583–1595. 2008.

GREY, G.W.; DENEKE, F.J. **Urban forestry**. New York, John Wiley, 1978, 279p.

HOSOI, F.; OMASA, K. Voxel-based 3-D modeling of individual trees for estimating leaf area density using high-resolution portable scanning lidar. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 44, p.3610–3618. 2006

SAMPAIO, M. M. A. **Análise do desempenho térmico e lumínico de habitações populares em Cuiabá-MT**. 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

SARTORI, M. G. B. **O clima de Santa Maria: do regional ao urbano**. 1979. 163f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

SHASHUA-BAR, M. E.; HOFFMAN, L. Vegetation as a climatic component in the design of urban street. An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. **Energy and Buildings**, n. 31, p.221-235, 2000.