

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

**ANÁLISE DA RELAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR NA
FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR EM DIFERENTES
CONFIGURAÇÕES URBANAS EM CUIABÁ – MT**

NATALLIA SANCHES E SOUZA

**Prof^a. Dr^a. MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE
NOGUEIRA**

Cuiabá, MT
Maio de 2016

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

**ANÁLISE DA RELAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR NA
FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR EM DIFERENTES
CONFIGURAÇÕES URBANAS EM CUIABÁ – MT**

NATALLIA SANCHES E SOUZA

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

**Prof^a. Dr^a. MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE
NOGUEIRA**

**Cuiabá, MT
Maio de 2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S729a Souza, Natallia Sanches e.
Análise da relação da radiação solar global na formação de ilhas de calor em diferentes configurações urbanas em Cuiabá-MT / Natallia Sanches e Souza. -- 2016
73 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2016.
Inclui bibliografia.

1. clima urbano. 2. cobertura do solo. 3. área urbana. 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.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental

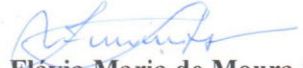
FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ANÁLISE DA RELAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR NA
FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR EM DIFERENTES
CONFIGURAÇÕES URBANAS EM CUIABÁ - MT

AUTORA: NATALLIA SANCHES E SOUZA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 27 de maio de 2016, pela
comissão julgadora:


Prof. Dra. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira
Orientadora
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - UFMT


Prof. Dra. Flávia Maria de Moura Santos
Examinadora Interna
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia – UFMT


Prof. Dra. Carolina de Rezende Maciel
Examinadora Externa
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU/Mackenzie /São Paulo

DEDICATÓRIA

À minha família, em especial a minha mãe Luciana e meu pai André Luis, que são meus exemplos de persistência e meus alicerces da vida.

AGRADECIMENTOS

A Profa. Dra. Marta Cristina Jesus de Albuquerque Nogueira, pela orientação e apoio essenciais para a realização deste trabalho, assim como pelo carinho compartilhado nesta jornada;

Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira, pela dedicação e empenho como coordenador deste programa de pós-graduação;

Aos membros da banca examinadora, Professoras Dra. Flávia Maria de Moura Santos e Dra. Carolina de Rezende Maciel pelas importantes contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho;

Ao Allan Gonçalves de Oliveira, pela colaboração no preenchimento de falhas;

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, que compartilharam seus conhecimentos;

A todos os colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, pelos momentos de alegria e trocas de experiências, em especial a Pablinne Cynthia, Keylyane, Diana e Marcos;

Aos alunos de Iniciação Científica, pela preciosa ajuda e disposição, Juliana, Victor, Eduardo, Mariana, Gabriely, Cindy, Fernanda, Débora, Renata e Vivian;

Ao Cesário e Soilce pelo auxílio técnico na secretaria da Pós-Graduação em Física Ambiental (UFMT);

Ao CNPQ pelo apoio financeiro para esta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS	III
LISTA DE ABREVIACÕES E/OU SÍMBOLOS.....	IV
RESUMO	V
ABSTRACT	VI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMÁTICA	1
1.2. JUSTIFICATIVA	2
2. REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO	4
2.1. CLIMA URBANO.....	4
2.1.1 Clima Urbano e Escalas Meteorológicas	5
2.2. CARACTERÍSTICAS DO CLIMA URBANO	8
2.2.1. A Influência dos Fatores Climáticos no Meio Urbano.....	8
2.2.1.1. <i>Radiação Solar</i>	8
2.2.1.2. <i>Latitude e Altitude</i>	9
2.2.1.3. <i>Regime de Ventos</i>	10
2.2.2. Os Elementos Climáticos e o Meio Urbano	10
2.2.2.1. <i>Temperatura e Umidade do Ar</i>	10
2.2.2.2. <i>Precipitações</i>	11
2.2.2.3. <i>Ventos</i>	11
2.3. CAUSAS DAS ALTERAÇÕES DOS MICROCLIMAS URBANOS	12
2.4. ILHAS DE CALOR.....	17
3. ÁREA DE ESTUDO	21
3.1. A CIDADE DE CUIABÁ.....	21

3.2. PORÇÕES URBANAS ESTUDADAS.....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.1. METODOLOGIA PROPOSTA POR KATZSCHNER (1997).....	26
4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS	26
4.3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS COLETAS DE DADOS.....	27
4.4. PERÍODO E TRATAMENTO DOS DADOS	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
5.1. ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO	29
5.2. CARACTERIZAÇÃO MICROMETEOROLÓGICAS DAS PORÇÕES URBANAS.....	32
5.3. ANÁLISE MICROMETEOROLÓGICA DOS PERÍODOS QUENTE-SECO E QUENTE-ÚMIDO.....	39
5.4. ANÁLISE DA INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR.....	42
5.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	46
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50
7. BIBLIOGRAFIAS	52
7.1. BIBLIOGRAFIAS CITADAS.....	52
7.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escalas climáticas	6
Figura 2 - Albedo de materiais e superfícies urbanas.	14
Figura 3 - Temperatura de superfície devido ao sombreamento das árvores.....	17
Figura 4 - Esquema representativo do perfil da ilha de calor urbana relacionada ao tipo de ocupação urbana.....	18
Figura 5 - Localização de Cuiabá, MT, Brasil. Regiões do perímetro urbano de Cuiabá.	21
Figura 6 - Localização das estações micrometeorológicas na malha urbana de Cuiabá.	23
Figura 7 – Imagem aérea das porções urbanas estudadas (A) Porção urbana 1 – estação 1 (B) Porção urbana 2 – estação 2 (C) Porção urbana 3 – estação 3.....	24
Figura 8 – Cobertura do Solo nas porções urbanas 1, 2 e 3.....	29
Figura 9 – Mapa de cobertura do solo Porção urbana 1 – Estação 1.....	30
Figura 10 - Mapa de cobertura do solo Porção urbana 2 – Estação 2.....	30
Figura 11 - Mapa de cobertura do solo Porção urbana 3 – Estação 3.....	31
Figura 12 – Dia Típico Mensal da (A) Temperatura do Ar (B) Umidade Relativa do Ar (C) Radiação Solar Global na Estação 1. Observação: Área sombreada representa os meses do período quente-úmido.	32
Figura 13 - Dia Típico Mensal da (A) Temperatura do Ar (B) Umidade Relativa do Ar (C) Radiação Solar Global na Estação 2. Observação: Área sombreada representa os meses do período quente-úmido.	34
Figura 14 - Dia Típico Mensal da (A) Temperatura do Ar (B) Umidade Relativa do Ar (C) Radiação Solar Global na Estação 3. Observação: Área sombreada representa os meses do período quente-úmido.	35
Figura 15 - Dia Típico por período quente-seco e quente-úmido da Temperatura do ar e Umidade relativa do ar nas Estação 1, 2 e 3.....	39
Figura 16 - Dia Típico por período quente-seco e quente-úmido da Radiação Solar Global (Rsg) nas Estação 1, 2 e 3.	41
Figura 17 – Box Plot da Ilha de Calor Urbana (ICU, °C)	43

Figura 18 – Regressão linear da temperatura do ar Estação Rural/ Ilha de Calor da Estação 1	48
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de Albedo e Emitância de diversas superfícies.....	13
Tabela 2 – Valores da rugosidade (Z_g) para terrenos urbanizados	15
Tabela 3 – Aspectos da urbanização, que mudam o ambiente físico e levam a alterações na troca de energia em comparação à periferia	16
Tabela 4 - Porcentagens de cobertura do solo nas porções urbanas 1, 2 e 3 na cidade de Cuiabá.....	31
Tabela 5 – Média e Desvio Padrão Mensal da Temperatura do Ar (T , °C), Umidade Relativa do Ar (UR , %) e Radiação Solar Global (R_{sg} , $W.m^{-2}$) nas estações 1, 2 e 3.	37
Tabela 6 – Valores de ICU	46
Tabela 7 – Coeficiente de Determinação (R^2) da regressão linear entre a radiação solar global e ICU	47
Tabela 8 - Coeficiente de Determinação (R^2) da regressão linear entre as temperaturas do ar e ICU	47

LISTA DE ABREVIações E/OU SÍMBOLOS

ICU	Ilha de Calor Urbana
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
UCL	Camada Intra-Urbana (<i>Urban Canopy Layer</i>)
UBL	Camada Limite Urbana (<i>Urban Boundary Layer</i>)
°C	Graus Celsius
h	Horas
m	Metros
p	Valor de significância
T	Temperatura do Ar
UR	Umidade Relativa
R _{sg}	Radiação Solar Global
W.m ⁻²	Watts por metro quadrado
RSL	Subcamada de Rugosidade
R ²	Coefficiente de Determinação

RESUMO

SOUZA, N. S. **Análise da relação da radiação solar na formação de ilhas de calor em diferentes configurações urbanas em Cuiabá – MT.** 73f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

A alteração no espaço construído compromete de forma severa os recursos naturais e tem repercutido diretamente na alteração do clima local. A modificação do ambiente natural para um ambiente urbano resultam em fenômenos como a ilha de calor urbana, que caracteriza-se por uma temperatura do ar mais elevada em meio urbanos, quando comparada à regiões vizinhas menos urbanizadas. A fim de se produzir um ambiente urbano equilibrado com o meio e adequado às necessidades humanas é necessário considerar uma estreita relação do ambiente urbano com o microclima. O clima de Cuiabá é do tipo Aw de Koppen com temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno. Exposto isto, esta pesquisa objetivou analisar a relação da radiação solar na formação de ilhas de calor em diferentes configurações urbanas em Cuiabá-MT. Para tanto foram utilizadas três estações micrometeorológicas da marca Onset para análises de variáveis meteorológicas (temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global), durante o período de agosto/2014 a julho/2015, em regiões com diferentes coberturas do solo em Cuiabá. Com base nos resultados apresentados, observou-se a formação de ilhas de calor em duas porções urbanas, porções com urbanização mais densa, enquanto que a porção com maior índice vegetativo e hídrico, apresentou a formação de ilha de frescor. As porções urbanas que apresentaram ilha de calor urbana tem seu pico no período matutino, entre às 8 e 10h. Assim, nota-se que a ocupação do meio urbano, ou seja, os materiais nele contido, influenciam no microclima da região e na formação de anomalias térmicas como ilhas de calor. Espera-se que com os resultados desta pesquisa, os estudos de clima urbano para o estado de Mato Grosso seja enriquecido, atentando para a importância da análise de cobertura do solo no planejamento urbano de forma a mitigar o rigor climático imposto pelo clima de cidades, ainda em desenvolvimento, como Cuiabá.

Palavras-chave: Clima urbano, cobertura do solo, área urbana.

ABSTRACT

SOUZA, N. S. **Analysis of the relationship of solar radiation in the formation of heat islands in different urban settings in Cuiabá - MT.** 73f. Dissertation (Masters in Environmental Physics), Physics Institute, Federal University of Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

The change in built space compromises severely the natural resources and has reflected directly in changing the local climate. The modification of the natural environment to an urban environment results in phenomena such as urban heat island, which is characterized by a higher air temperature in urban environment, when compared to neighboring regions less urbanized. In order to produce a balanced urban ambience with the environment and suitable for human needs must be considered a close relationship of the urban environment with the microclimate. The climate of Cuiabá is Aw in the Koppen classification with high temperatures, rain in summer and dry in winter. Exposed this, this study aimed to analyze the relationship of solar radiation in the formation of heat islands in different urban settings in Cuiabá. For this we used three micrometeorological stations of Onset brand for analyses meteorological variables (air temperature, relative humidity and solar radiation) during the period from August/2014 to July/2015 in different land cover in Cuiabá. Based on the results, there was the formation of heat islands in two urban portions, which has dense urbanization, while the portion with higher vegetative and water index presented the formation of cool island. Urban portions that showed urban heat island has their peak in the morning, between 8 am and 10 am. So the occupation of the urban environment, as the materials contained in it, influence the microclimate of the region and the formation of thermal anomalies as heat islands. Hoped that with the results of this research, the urban climate studies for the Mato Grosso state be enriched, noting the importance of analyzing the land cover in urban planning in order to mitigate climate rigor imposed by the climate of developing cities, such as Cuiabá.

Keywords: Urban climate, land cover, urban area.

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMÁTICA

Ilha de calor urbana é definida como o registro de temperaturas mais elevadas em espaços urbanos em comparação com suas regiões vizinhas menos urbanizadas, isto devido aos materiais de construção comuns em áreas mais urbanizadas absorverem e reterem mais energia emitida do sol do que os materiais naturais utilizados em áreas rurais menos urbanizadas.

Países em desenvolvimento, particularmente o Brasil, tiveram seu processo de urbanização de maneira rápida, desigual em diferentes regiões e com pouco ou nenhum planejamento urbano. A consequência deste processo de urbanização se dá no ambiente de origem, pois os materiais usualmente empregados possuem características mais impermeáveis, elevando sua temperatura mais rapidamente e armazenam energia térmica durante mais tempo que os materiais encontrados em ambientes naturais.

Segundo autores da área de pesquisa considera que o clima do Brasil, não é possível de se determinar somente pela intensidade da radiação solar global, é necessário se considerar também o relevo, a vegetação e as massas de ar, sendo assim, a própria ação do homem interfere nas variações climáticas. O estado de Mato Grosso, localizado na região central do Brasil, teve seu crescimento populacional nítido principalmente na década de 1970, onde a taxa sextuplicou entre 1960 e 1991.

Recortando para Cuiabá, nas décadas de 70 e 80 a cidade passou por um processo de explosão populacional, sofrendo transformações no uso e ocupação do solo urbano sem que houvesse um planejamento urbano adequado. Havendo assim maior concentração do crescimento vertical das edificações em algumas áreas. Essa verticalização das edificações acabam por absorver e armazenar parte da energia calorífica durante o dia, emitindo-a durante a noite para o ar atmosférico, mantendo o ambiente aquecido por mais tempo, formando assim os chamados "Canyon Urbano".

É necessário ainda se considerar o crescimento populacional que segundo ONU (2008)¹ apud Maciel (2011) será absorvido principalmente pelos países em

¹ ONU – Organização das Nações Unidas. *Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas*, 2008. apud MACIEL, C. R. *Análise da relação entre características do ambiente urbano e comportamento de variáveis microclimáticas: Estudo de caso em Cuiabá-MT*. 127f. Dissertação, (Mestrado em Física Ambiental), UFMT, Cuiabá, 2011.

desenvolvimento, cuja população passará de 2,4 bilhões em 2007, para 5,3 bilhões em 2050, enquanto em países desenvolvidos, a população passará de 0,9 bilhão para 1,1 bilhão.

Este crescimento desordenado nas áreas urbanas, ocasionam mudanças microclimáticas decorrentes das alterações nos balanços energético, hídrico e térmico do ambiente urbano. As alterações no balanço de radiação referem-se a diminuição da radiação recebida em áreas sombreadas e o aumento da radiação solar recebida e refletida nos cânions urbanos. Diversos problemas atmosféricos urbanos são gerados por não se considerar a relação entre a constituição urbana da cidade e as variáveis ambientais. Por isso, é de extrema importância o conhecimento do clima local para o planejamento urbano, ressaltando assim, a importância do planejamento bioclimático, investigando a relação do clima local com as características urbanas da cidade.

1.2. JUSTIFICATIVA

A evolução da cidade envolve modificações quantitativas e qualitativas nas atividades urbanas, assim surge uma adaptação dos espaços para as necessidades antrópicas. O crescimento e concentração populacional nos meios urbanos e por consequência a expansão urbana altera a cobertura das superfícies e diminui a área verde da cidade acarretando em alterações no balanço energético e alterações microclimáticas na cidade. Estas alterações tem contribuído com o surgimento das ilhas de calor, exigindo melhor compreensão da real interação de variáveis microclimáticas com os materiais e formas que compõe o ambiente urbano.

Apesar de haver diversas pesquisas realizadas na área de climatologia urbana, ainda há muito a ser feito para ser possível relacionar as consequências das alterações do ambiente urbano causadas pelas transformações urbanas no microclima. Portanto há necessidade de serem desenvolvidos pesquisas que abordem a dinâmica do espaço urbano, principalmente sobre o clima urbano. Esta importância fica ressaltada para cidades em regiões de clima tropical como Cuiabá-MT, com estações bem definidas, altas temperaturas e com alta incidência de radiação solar global.

Deste modo, o objetivo geral deste trabalho foi analisar a relação da radiação solar na formação de ilhas de calor em diferentes configurações urbanas em Cuiabá-MT.

Os objetivos específicos deste trabalho foram: Caracterizar as áreas de estudos segundo a cobertura do solo; Identificar a formação de Ilhas de Calor; Avaliar as variáveis micrometeorológicas (temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global) coletadas por estações micrometeorológicas fixas; Calcular a intensidade da ilha de calor nas regiões estudadas e por fim analisar a relação da intensidade da ilha de calor com as variáveis micrometeorológicas como temperatura do ar e radiação solar global.

2. REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1. CLIMA URBANO

O tempo pode ser definido como o estado médio da atmosfera em uma dada porção de tempo e em determinado lugar, enquanto o clima representa uma síntese do tempo em um dado lugar durante períodos mais longos (30-35anos) (AYOADE, 2007). Segundo Romero (2001) o clima é influenciado por fatores globais (radiação solar, altitude, latitude, massas de ar e terra, ventos) e locais (topografia, vegetação e superfícies do solo), bem como por seus elementos (temperatura, umidade e movimento do ar e precipitação).

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

O clima constitui-se numa das dimensões do ambiente urbano e seus estudos 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).

Monteiro (2003) define clima urbano como um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. Contudo para Andrade (2005) o clima urbano resulta das interações entre os fatores urbanos com o clima regional e com o meio físico pré-existent.

Para Oke (1976), o clima urbano é uma modificação substancial de um clima local, resultado de condições particulares do meio ambiente urbano, podendo ser pela rugosidade do tecido urbano, assim como pela sua ocupação, permeabilidade e/ou pelas propriedades térmicas dos materiais que o compõem.

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 García (1999), o clima urbano é aquele próprio das cidades e áreas urbanas, correspondendo às características do clima original da região onde se assenta a cidade e modificadas localmente pela ação do ser humano. As principais características deste tipo de clima consistem em: aumento da temperatura, diminuição da umidade relativa, maior nebulosidade e precipitação, diminuição da velocidade do vento e aumento da turbulência.

As cidades apresentam condições climáticas muito diferenciadas das áreas circunvizinhas, fato que está segundo diversos autores como Monteiro (1976), Lombardo (1985) e Mendonça (2003), relacionado à intensidade de urbanização, expressa em termos de espaço físico construído, que altera significativamente o clima.

Segundo Ayoade (2007), o homem tem exercido um impacto tão grande nas áreas urbanas, que o clima urbano é bastante distinto, por suas características, do clima das áreas rurais circundantes. Nas áreas urbanas, altera-se a composição química da atmosfera. As propriedades térmicas e hidrológicas da superfície terrestre, assim como seus parâmetros aerodinâmicos são modificados pelos processos de urbanização e industrialização. Os pântanos são drenados e as superfícies naturais são substituídas por superfícies pavimentadas, ruas e telhados de prédios.

Já Landsberg² (1981) apud Gonçalves (2009), afirma que os efeitos microclimáticos que influenciam as condições climáticas da camada inferior da atmosfera se manifestam somente em condições de calmaria (ventos fracos e sem nuvem), pois em condições de ventos fortes, alta nebulosidade e chuva, a influência gerada pela cidade sobre o clima são, em grande parte, suprimidas.

2.1.1 Clima Urbano e Escalas Meteorológicas

De acordo com Minella (2009), é atribuída a Orlanski (1975) a diferenciação atmosférica quanto a escala espacial e temporal, classificada como: macroclima, mesoclima e microclima.

² LANDSBERG, H. E. *The urban climate*. Nova York: Academic Press, 1981 apud GONÇALVES, C.E.C. *Ruas confortáveis, ruas com vida - Proposição de diretrizes de desenho urbano bioclimático para vias públicas*. Dissertação – Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília, 2009.

Os dados macroclimáticos são obtidos nas estações meteorológicas e descrevem o clima geral de uma região. Os dados mesoclimáticos, informam as modificações do macroclima provocadas pela topografia local como vales, montanhas, grandes massas de água e vegetação. No microclima são levados em consideração os efeitos das ações humanas sobre o entorno, assim como a influência que estas modificações exercem sobre a ambiência dos edifícios, (MASCARÓ, 1996).

Já para Oke (2004), as alterações climáticas em ambiente urbano podem ser observadas em diferentes escalas climáticas (distância horizontal) e limites da camada atmosférica (distância vertical).

Segundo Oke (2006), as escalas climáticas (distâncias horizontais – figura 1) de interesse na área urbana são: (1) mesoescala, que corresponde à influência integrada da cidade no clima urbano, abrangendo dezenas de quilômetros de extensão; (2) escala local, que inclui os efeitos climáticos decorrentes da forma da paisagem, tal como a topografia, mas exclui os efeitos microclimáticos (cobertura do solo, tamanho e disposição dos edifícios, e outros), variando de um para vários quilômetros; (3) microescala, escala típica do microclima urbano, está relacionada com as dimensões individuais dos elementos urbanos (edifícios, árvores, estradas, ruas, pátios, jardins, e outros), podendo variar de um metro a centenas de metros (FIGURA 1).

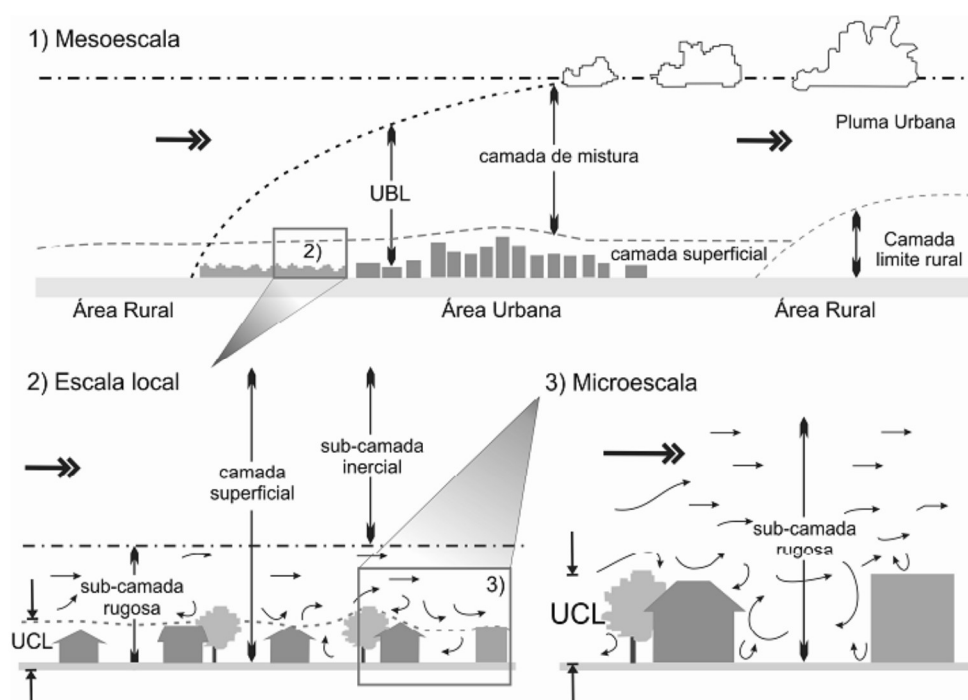


Figura 1 – Escalas climáticas
Fonte: Adaptado de Oke (2006).

Com relação a classificação das camadas que compõem a atmosfera (que tangem as observações da distância vertical do clima urbano), Oke (1981) verificou que 14 correntes de ar vindas das áreas rurais, ao chegarem à cidade, encontram uma atmosfera diferenciada e estratificada com características próprias. Desse modo, ele propôs a divisão da atmosfera urbana em duas camadas, sendo elas:

a. *Urban Canopy Layer (Camada Limite do Dossel Urbano - CDL):*

Estratificada abaixo do nível dos telhados. Produzida pelos processos em micro escala localizados nas ruas, entre os prédios etc. A natureza ativa dessa superfície produz uma considerável complexidade de fatores atuantes.

b. *Urban Boundary Layer (Camada Limite da Influência Urbana - CLU):*

Camada limite atmosférica ou planetária pode ser definida como a faixa contida entre a superfície terrestre e uma determinada altura, a partir da qual o deslocamento das massas de ar tem comportamento diferenciado, livre da ação do atrito entre as camadas de ar e a superfície terrestre. A espessura da camada limite atmosférica e a variação das velocidades verticais do vento dependem do tipo de rugosidade da superfície e podem sofrer alterações no decorrer do dia. No período diurno, como a superfície da Terra é mais quente, há transferência de calor ascendente para a atmosfera, que apresenta temperaturas mais baixas. À noite ocorre o efeito contrário, ou seja, ocorre transferência de calor descendente, da atmosfera mais quente para a Terra mais fria.

Segundo Oke (1987), 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”.

Numa escala global, a CLU pode ser considerada como a camada onde ocorrem as trocas de calor e umidade entre a cidade e o ar sobre ela. Nesse caso, a superfície da cidade corresponde à interface entre CLD/CLU (Oke, 1982³ *apud* Maitelli, 1994).

³ OKE, T. R. Boundary layer climates. London: Methuen, 1982 *apud* 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.

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

Portanto, o estudo aqui apresentado será desenvolvido sob a ótica microclimática, analisando os efeitos de características de elementos urbanos sobre o clima de porções urbanas.

2.2. CARACTERÍSTICAS DO CLIMA URBANO

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

De acordo com Koenigsberger (1997), o clima é o resultado dinâmico de fatores globais (latitude, altitude, continentalidade, etc), locais (revestimento do solo, topografia) e elementos (temperatura, umidade, velocidade dos ventos, etc) que dão feição a uma certa localidade.

Atribui-se, portanto, aos elementos climáticos, a qualidade de definir e fornecer os componentes do clima, e aos fatores climáticos, a qualidade de condicionar, determinar e dar origem ao clima (ROMERO, 2001). Os chamados fatores locais introduzem variações no clima condicionado, determinando e dando origem aos diferentes microclimas verificados em ambiente restritos como um bairro ou uma rua. Desta forma, o clima de uma área é composto pelos fatores climáticos, globais e locais e pelos elementos climáticos.

2.2.1. A Influência dos Fatores Climáticos no Meio Urbano

Segundo Barbirato *et al.* (2007), dentre os principais fatores climáticos globais destacam-se a radiação solar, a latitude, a altitude, os regimes dos ventos e a topografia. A seguir serão descritas as principais características destes fatores e sua relação com o clima.

2.2.1. Radiação Solar

Segundo Angelocci *et al.* (2002), a radiação solar é a maior fonte de energia para a Terra, sendo também o principal elemento meteorológico, pois desencadeia todo

o processo meteorológico afetando todos os outros elementos (temperatura, pressão, vento, chuva, umidade, etc.). É um elemento primordial no entendimento da variação dos demais. A energia solar é a fonte primária de energia para todos processos terrestres, desde a fotossíntese, responsável pela produção vegetal e manutenção da vida na presente forma, até o desenvolvimento de furacões, tempestades, enfim, pela circulação geral da atmosfera e oceanos.

De acordo com Varejão-Silva (2006), denomina-se radiação a energia que se propaga sem necessidade de presença de um meio material. Dependendo da experiência realizada, a energia radiante se comporta ora de maneira corpuscular (fóton), ora como onda eletromagnética. Para o estudo da meteorologia, o aspecto ondulatório é o que interessa.

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

Na superfície urbana, há menor reflexão de radiação de ondas curtas em comparação com áreas rurais, devido à geometria da cidade e ao coeficiente de reflexão dos materiais urbanos. As ruas e vias ladeadas por paredes verticais vizinhas entre si, características da arquitetura das cidades, possibilitam que grande parte da radiação refletida por uma superfície qualquer seja absorvida por outra próxima.

2.2.1.2. Latitude e Altitude

A latitude é a distância contada em graus a partir da linha do Equador. Mede-se a latitude de 0° a 90° e é convencionalizado que se estiver acima da linha do Equador é Norte e abaixo é Sul.

Já a altitude é referenciada pela elevação de um ponto acima do nível do mar, tendo influência direta na temperatura do ar, pois, aumentando-se a altura, o ar estará menos carregado de partículas sólidas e líquidas, que por sua vez absorvem a radiação e as difundem elevando a temperatura do ar (BARBIRATO *et al.*, 2007). O gradiente termométrico do ar é de aproximadamente 1°C para cada 200m de altura, com pouca variação em relação à latitude e às estações (ROMERO, 2001).

Entre diversos fatores que determinam as diferenças entre o ambiente rural e urbano, e conseqüentemente o clima urbano, é imprescindível considerar sempre a latitude, que regula a quantidade de radiação solar disponível, e a altitude, que regula a coluna de ar sobre o local.

2.2.1.3. Regime de Ventos

O regime dos ventos é determinado pelas correntes de convecção da atmosfera, que tendem a igualar o aquecimento diferencial das diversas zonas do globo terrestre. A diferença de pressão, ou de temperatura entre dois pontos da atmosfera gera um fluxo de ar, que se desloca das regiões mais frias (alta pressão – anticiclone), para as regiões mais quentes (baixa pressão – ciclone) (BARBIRATO *et al.*, 2007).

2.2.2. Os Elementos Climáticos e o Meio Urbano

Os elementos climáticos são grandezas meteorológicas que variam no tempo e no espaço e que servem para definir o tipo climático de uma determinada região. Os principais elementos climáticos, de acordo com Romero (2001), são temperatura e umidade do ar, movimento do ar (ventos) e precipitação (chuvas).

2.2.2.1. Temperatura e Umidade do Ar

As áreas rurais durante o período diurno atingem temperaturas máximas superiores aos encontrados nas áreas urbanas. Isto se deve ao fato das grandes edificações e a poluição dos centros urbanos dificultarem a passagem da radiação direta do sol. Já no período noturno com a ausência da radiação direta, a malha urbana formada por materiais com grande capacidade de armazenar calor começam a dissipar toda a energia acumulada durante o dia, o que não acontece na área rural que recebeu grande quantidade de energia, mas seu acúmulo, foi inferior ao da cidade, por ser formada por vegetação e também pela estratificação feita pela ventilação de maior ocorrência (MASCARÓ, 1996).

De acordo com Pezzuto *et al.* (2003), a acelerada urbanização nos grandes centros pode provocar sérios danos ao meio ambiente. Em relação à qualidade climatológica, a autora afirma que existem diferenças significativas entre dados climáticos do ambiente urbano comparado com o rural, demonstrando que o clima nas cidades sofre influência do conjunto complexo da estrutura urbana.

Para Mascaró & Mascaró (2010), em meios urbanos, a relação entre temperatura e umidade relativa do ar sofre interferência das características do recinto urbano. A quantidade de vapor de água na massa de ar é afetada pela temperatura local do ar. Se as superfícies que formam o recinto urbano armazenam e irradiam muito calor, que é o caso dos centros urbanos, eleva-se a temperatura local, a umidade absoluta e decresce a umidade relativa. O teor de umidade local dependerá, então, da interação entre a temperatura do ar e a temperatura superficial do meio circundante.

2.2.2.2. Precipitações

Precipitação é o resultado de qualquer deposição em forma líquida ou sólida derivada da atmosfera. Podendo ser as várias formas líquidas e congeladas de água, como chuva, neve, granizo, orvalho, geada e nevoeiro. A evaporação das águas de superfície leva à formação de chuva e outras precipitações.

As áreas urbanas influenciam as distribuições de temperatura, os padrões do vento e a qualidade do ar, assim como podem também afetar o desenvolvimento das nuvens e da precipitação (CARRACA & COLLIER, 2008). A maior precipitação nas cidades em relação ao campo circundante deve-se, fundamentalmente, aos movimentos ascendentes do ar sobre a cidade devido à ilha de calor; à turbulência resultante de obstáculos próprios do ambiente da cidade e da nebulosidade urbana, proveniente da presença de partículas na atmosfera da cidade (BARBIRATO *et al.*, 2007).

As áreas urbanas possuem em quantidade total acumulada 5 a 10% a mais de precipitação em comparação a áreas rurais, assim como quando considerados dias de chuvas com 5mm, as cidades possuem 5% a mais de ocorrência do que áreas rurais (CONTI, 1998).

2.2.2.3. Ventos

Na ventilação de 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).

Há também uma diferença de ventilação na área urbana central e seus arredores. No centro urbano a velocidade do vento é mais baixa que nos arredores.

Além do mais, o vento, ao chegar na cidade, pode mudar a direção ao seguir os túneis criados pelas ruas com edificações altas ou ao incidir em edificações perpendiculares à direção original do vento. Esta diminuição da velocidade do vento está relacionada também à rugosidade da superfície edificada na cidade. Contudo, em alguns casos, a configuração urbana, vias e edifícios pode acelerar a velocidade do vento urbano (BARBIRATO *et al.*, 2007).

Segundo Mascaró & Mascaró (2010) a vegetação urbana pode funcionar como defletora do vento, alterando sua direção e velocidade. A posição desta vegetação influencia de modo significativo na trajetória do vento, podendo facilitar a entrada do ventos nos cânions urbanos ou impedindo a entrada do mesmo.

2.3. CAUSAS DAS ALTERAÇÕES DOS MICROCLIMAS URBANOS

As modificações do clima urbano são compostas de vários fatores, um deles, a mudança no uso e cobertura do solo. Como resultado da construção urbana, houve a substituição do solo com vegetação natural por solo impermeável, afetando assim o balanço de radiação no meio urbano.

O clima urbano é um sistema complexo, singular à cidade. Lugar de profundas alterações nos parâmetros atmosféricos, abrangendo circulação, turbulência e dispersão do ar, albedo e estocagem de calor, evapotranspiração e balanço de energia na superfície (TAHA, 1997; ARNFIELD, 2003; KANDA, 2006).

O balanço de radiação para uma determinada superfície corresponde à soma de toda energia radiante recebida e perdida, que dependem de fatores físicos e termodinâmicos associados ao sistema superfície-atmosfera, tais como albedo, emissividade, rugosidade da superfície, capacidade, condutibilidade, difusividade e efusividade térmica dos meios (CALLEJAS *et al.*, 2015).

Os materiais de construção, tipicamente utilizados na constituição do meio urbano, têm maior capacidade de retenção de energia do que os constituintes do meio rural. Dessa forma, o meio urbano possui maior capacidade de armazenamento de energia do que meio rural (OKE, 1987), como é possível observar na Tabela 1, onde o asfalto, um dos maiores constituintes do ambiente urbano possui valor de albedo entre

5 e 20%, ou seja da radiação que chega até este tipo de material, somente entre 5 e 20% é refletida, entre 95 e 80% é absorvida pelo material.

Tabela 1 – Valores de Albedo e Emitância de diversas superfícies.

Superfície	Albedo (%)	Emitância (%)
1 - Ruas		
Asfalto	5- 20	95
2 - Paredes		
Concreto	10-35	71-90
Tijolo	20-40	90-92
Pedra	20-35	85-95
Madeira	40	90
3 - Coberturas		
Betumen e cascalho	8-18	92
Telhas	10-35	90
Ardósia	10	90
Chapa metálica	10-16	13-28
4 - Pinturas		
Branças, claras	50-90	85-95
Vermelha, marrom, verde	20-35	85-95
Preto	2-15	90-98
5 - Áreas urbanas		
Variação	10-27	85-95
Média	15	-
6 - Outras		
Terra preta úmida	8-9	-
Terra preta seca	12-25	-
Areia seca	18-30	-
Campos Verdes	3-15	-

Fonte: Adaptado de Máscaro (1996)

O albedo é uma medida adimensional correspondente à percentagem da radiação solar incidente que é refletida pela superfície, calculado a partir de dados de radiação solar global e a emissividade é a capacidade dos materiais emitirem a radiação absorvida. A difusividade é um indicador importante para expressar a capacidade que um material tem em transmitir variação de temperatura, ou seja, a velocidade com que o calor se propaga no seu seio, enquanto a efusividade térmica caracteriza a rapidez com que um material absorve ou libera calor (YANNAS e MALDONADO, 1995).

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).

Os diferentes tipos de revestimentos e materiais urbanos possuem albedos diferenciados e suas propriedades termo-físicas influenciam na qualidade térmica das áreas urbanas. Os materiais que possuem albedo baixo e condutividade térmica alta proporcionam um microclima suave e estável, enquanto que o inverso corrobora para a criação de um microclima de extremos (FIGURA 2).

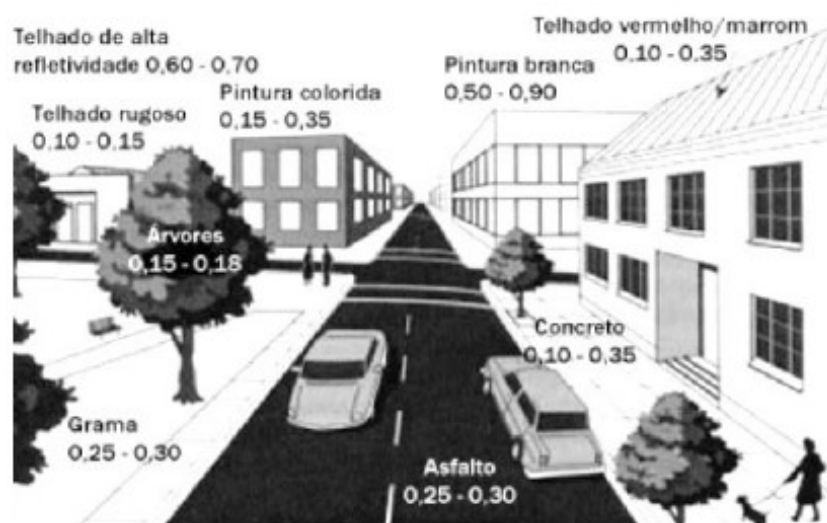


Figura 2- Albedo de materiais e superfícies urbanas.

Fonte: Bias *et al.* (2003)

Deste modo, o balanço de energia na área urbana é modificado devido às alterações promovidas pela substituição das superfícies naturais, como solo nu e vegetação, por superfícies artificiais, como pavimentações e edificações, que armazenam parte da energia incidente, aquecendo os ambientes urbanos.

A rugosidade da superfície (Z_g) é um parâmetro que expressa a morfologia geométrica da superfície, cujo conceito significa a medida da rugosidade aerodinâmica da superfície, relacionada à altura dos elementos e a forma e distribuição destes (OKE, 1996).

Tabela 2 – Valores da rugosidade (Zg) para terrenos urbanizados

Terreno	Zg (m)
Povoados esparsos (fazendas, vilas, árvores)	0,2 – 0,6
Suburbano, baixa densidade, residências e jardins	0,4 – 1,2
Suburbano, alta densidade	0,8 – 1,8
Urbano, alta densidade, edificações e blocos com menos de 5 pavimentos	1,5 – 2,5
Urbano, alta densidade, edificações e blocos de multiandares	2,5 – 10

Fonte: Oke (1996)

Oke (1982) destacou que a geometria urbana influencia as condições térmicas de cânions urbanos à medida que favorece o aumento da absorção de ondas longas devido à retenção entre edificações, a diminuição da perda de calor por turbulência, causada pela estagnação entre as edificações, e a diminuição da perda da radiação por ondas longas no espaço entre edificações, pela redução da área de céu visível.

A geometria da cidade e as propriedades térmicas das superfícies são os parâmetros principais que influenciam o clima urbano. A relação entre a altura dos edifícios (H) e a distância entre eles (W) influencia a quantidade de radiação incidente e a refletida e também afeta a velocidade do vento, sendo que, na medida em que a maior rugosidade do ambiente urbano faz aumentar o atrito do vento com as superfícies construídas e provoca a diminuição de sua velocidade.

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.

Deve-se também ressaltar que as ações antrópicas, em geral, contribuem de maneira significativa para o aumento da temperatura e do ambiente urbano. Nery *et al.* (2003) confirmam a existência de uma relação entre os valores das médias das temperaturas e os padrões de ocupação. Os padrões de ocupação com maior densidade tendem a possuir as maiores médias de temperatura, enquanto que os padrões de ocupação com menores taxas tendem a possuir as menores médias. As características

de ocupação do solo típicas do meio urbano, modificam a troca de energia (TABELA 3).

Tabela 3 – Aspectos da urbanização, que mudam o ambiente físico e levam a alterações na troca de energia em comparação à periferia

Poluição do ar	Aumento da radiação de ondas longas emitida pela atmosfera, devido a maior absorção das ondas curtas recebidas e radiação de ondas longas emitidas pelos poluentes.
Calor Antropogênico	Calor despreendido no processo de combustão.
Superfícies Impermeáveis	Substituição de parte do calor latente que seria utilizado para evaporação de áreas úmidas por calor sensível, que aquece os materiais e o ar consequentemente.
Propriedades Térmicas das Superfícies	Superfícies e materiais construtivos que acumulam calor durante o dia, liberando-o durante a noite.
Geometria das Superfícies	Aumento da absorção de ondas longas devido à retenção entre as edificações; diminuição da perda de calor por turbulência causada pela estagnação entre as edificações; diminuição da perda da radiação por ondas longas do espaço entre edificações pela redução da área de céu visível.

Fonte: Oke, 1981⁴ *apud* Maciel (2011)

Devido às características de ocupação do solo, os componentes do ambiente urbano sofrem modificações, de tal modo que a radiação solar global nas cidades é reduzida de 15 a 20%, sendo a radiação direta também inferior à da área rural. A temperatura média anual é superior à da área rural em 0,5 a 1,0°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. Nas cidades há maior concentração de aerossóis aumenta em torno de 50 vezes o total de núcleos de condensação, elevando assim a nebulosidade urbana em relação à área rural e natural.) 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%). A estrutura e morfologia urbana condicionam a movimentação do ar direcionando e

⁴ OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, v.1, 1981. *apud* MACIEL, C. R. Análise da relação entre características do ambiente urbano e comportamento de variáveis microclimáticas: Estudo de caso em Cuiabá-MT. 127f. Dissertação, (Mestrado em Física Ambiental), UFMT, Cuiabá, 2011.

reduzindo (de 10 a 30%) a velocidade do vento e 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 (MENDONÇA, 1994).

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).

Os efeitos diretos do sombreamento pela vegetação podem ser quantificados por meio de por meio das medições de temperatura de superfície de materiais expostos e protegidos pelas copas das árvores (FIGURA 3).

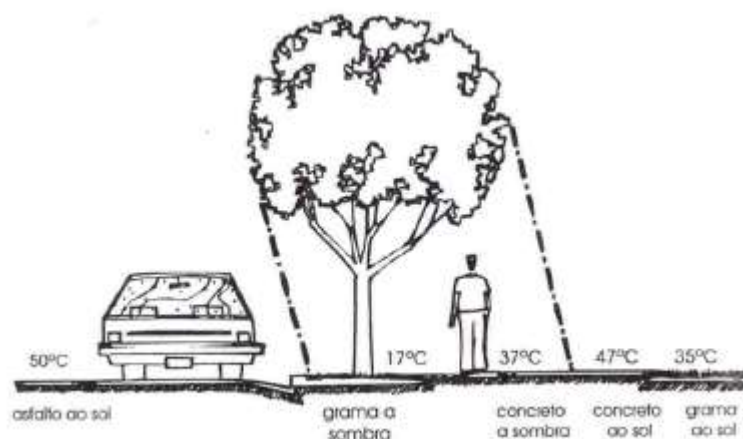


Figura 3 - Temperatura de superfície devido ao sombreamento das árvores

Fonte: Mascaró & Mascaró (2010).

As árvores influenciam diretamente o fluxo de calor da radiação térmica ao bloquear a radiação solar, evitando o aumento da temperatura da superfície (GARTLAND, 2010).

2.4. ILHAS DE CALOR

Conforme visto na seção anterior, as diversas interações que ocorrem no ambiente do espaço urbano acabam por modificar as características microclimáticas de um determinado local. Como principal consequência destas interações, é observada a ocorrência do fenômeno de ilha de calor urbana (ICU).

Segundo Barbirato *et. al.* (2007), das modificações climáticas produzidas pela cidade, a mais evidente e estudada é a ilha de calor, fenômeno próprio das cidades, resultantes do processo de urbanização e características peculiares ao meio urbano.

A “ilha de calor urbana” é o exemplo mais evidente da modificação climática provocada pelo homem na cidade e se caracteriza pelo excesso de aquecimento da atmosfera urbana em relação ao seu redor não urbanizado (OKE, 1996, VOOGT & OKE, 2003). É a principal manifestação do clima urbano e um dos mais importantes problemas ambientais no século XXI (RIZMAN *et al.*, 2008).

A ICU pode ser melhor visualizada como uma bolha de calor estagnada sobre as áreas mais densas e verticalizadas da cidade (FIGURA 4) e tem sido observada em praticamente todo o mundo (EMMANUEL, 2005).

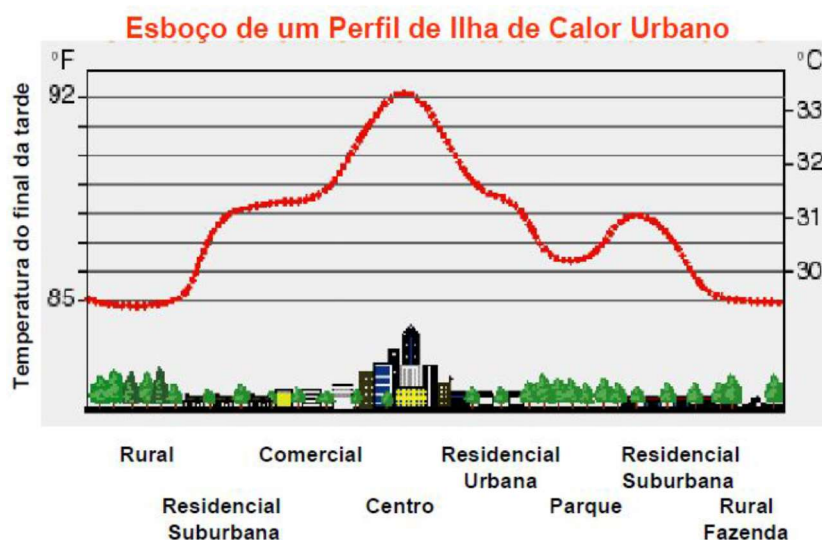


Figura 4 - Esquema representativo do perfil da ilha de calor urbana relacionada ao tipo de ocupação urbana

Fonte: Adaptado de Emmanuel (2005).

O adensamento e a expansão horizontal das cidades, quando planejadas indevidamente, podem trazer consequências ambientais significativas, considerando que parte das alterações encontradas se deve ao aumento da radiação solar recebida e refletida internamente nos cânions urbanos (MINELLA & KRÜGER, 2007).

À medida que a radiação penetra na atmosfera terrestre e atinge os edifícios, esta pode também ser refletida em diversos sentidos dentro do recinto urbano. A capacidade de absorção da radiação solar na área urbana depende da refletividade de cada material utilizado nas construções urbanas e da geometria do *canyon* urbano.

Assim, as diferentes superfícies das construções podem absorver determinada radiação solar durante o dia, dissipando-a a noite (FROTA & SCHIFFER, 2003; JOHANSSON, 2006).

Segundo Oke (1982) o fenômeno da ICU pode ser analisado como uma “anomalia térmica” característica dos assentamentos urbanos. Esse fenômeno corresponde a um maior aquecimento de uma área urbana em relação ao seu entorno ou a uma área rural, que se intensifica à noite, poucas horas após o pôr do sol, e que é melhor visualizado em dia de ventos calmos e céu claro (GARTLAND, 2010).

A formação da ilha de calor urbana é resposta a mais de onze fatores artificiais e naturais (RIZWAN *et al.*, 2008; MEMON *et al.*, 2010). Os fatores de formação e definição da intensidade da ilha de calor urbana são os fatores meteorológicos, tais como a temperatura do ar, velocidade e direção do vento, nível de umidade e nebulosidade e os parâmetros de design urbano, tais como densidade de áreas urbanas, percentagem de áreas construídas, aspecto e proporção de cânions urbanos, fator de visão do céu, materiais das edificações e forma urbana (CHE-ANI *et al.*, 2009; RAJAGOPALAN *et al.*, 2014).

Pesquisas sobre clima urbano, que sustentaram a análise da ilha de calor urbana, tiveram início no século XIX com Howard, que ao comparar a temperatura da cidade com o meio rural encontrou valores mais elevados, com diferenças em torno de 2°C (STEWART, 2011). Já no transcorrer do século XX, e do atual, novos estudos em ilha de calor foram desenvolvidos (ARNFIELD, 2003; STEWART, 2011; LUCENA, 2013).

Alguns dos principais estudos publicados nessa área são de autoria do pesquisador Timmothy R. Oke, nas décadas de 70 e 80. Em seus estudos, o referido autor verificou que a ilha de calor é um fenômeno predominantemente noturno, com as maiores intensidades tendendo a ocorrer algumas horas após o pôr do sol e podendo a diferença entre as temperaturas rural e urbana se inverter durante o dia.

Marques Filho *et al.* (2009) destacam a importância de estudos de climatologia em países tropicais que se diferem bastante de países temperados quando analisado o fenômeno de ilha de calor urbana. Em cidades tropicais, tudo indica que a ilha de calor urbana está associada ao horário de maior magnitude de carga térmica disponível no ambiente e não ao que foi armazenado pelo tecido urbano durante o dia como em

idades temperadas (MARQUES FILHO *et al.*, 2009; KARAM *et al.*, 2010; FERREIRA *et al.*, 2012; RAJAGOPALAN *et al.*, 2014).

A diferença entre o balanço de energia entre a área urbana e a área rural, e na forma urbana, resulta na formação da ilha de calor. Cada cidade apresenta um balanço de energia específico, pois o mesmo vai depender de diversos fatores e características, tais como: densidade de construção, forma de ocupação do relevo, impermeabilização do solo, tamanho, canalização de rios, atividade industrial, trânsito, cobertura vegetal, densidade populacional, entre outros. Assim, tal fenômeno se apresenta conforme a cidade e sua produção de energia.

Voogt e Oke (2003) resumem os principais aspectos, implicações e efeitos da ilha de calor, destacando sua forma, sua intensidade e a localização de seu núcleo mais quente.

Gomez e Garcia (1984) *apud* Brandão (2003) realizaram estudos em Madri, apresentando uma classificação da magnitude de ilhas de calor em função da sua intensidade, sendo, fraca (0 a 2°C), moderada (2 a 4°C), forte (4 a 6°C) e muito forte (maior que 6°C).

Em suma, ilha de calor urbana - ICU (Urban Heat Island – UHI, em inglês) é o fenômeno de calor (emitido pelos materiais) das áreas urbanas, quando comparadas com seus arredores (não urbanizados) e, geralmente, refere-se ao aumento na temperatura do ar, mas pode se referir ao calor relativo da superfície. Deste modo ilha de calor é uma medida de diferença (VOOGT, 2002; PENG *et al.*, 2012), que não se evidencia a partir de uma medida absoluta da temperatura, indevidamente empregada em alguns trabalhos na literatura. Portanto, a definição conceitual e quantitativa do fenômeno ilha de calor é necessária para evitar incorreções nas análises espaciais do clima urbano (LUCENA, 2013).

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. A CIDADE DE CUIABÁ

A cidade de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, tem coordenadas de 15°35' S e 56°06' O, altitude de 165 m, e está localizada na região denominada “depressão cuiabana”. De acordo com Cuiabá (2008), possui uma área de 3.224,68km², sendo 254,57km² de área urbana e 2.970,11km² de área rural. Possui uma população estimada de 551.350 habitantes (IBGE, 2010), sendo 541.002 residentes da área urbana e 10.348 residentes na área rural. A macrozona urbana de Cuiabá é dividida em quatro regiões administrativas (FIGURA 5).

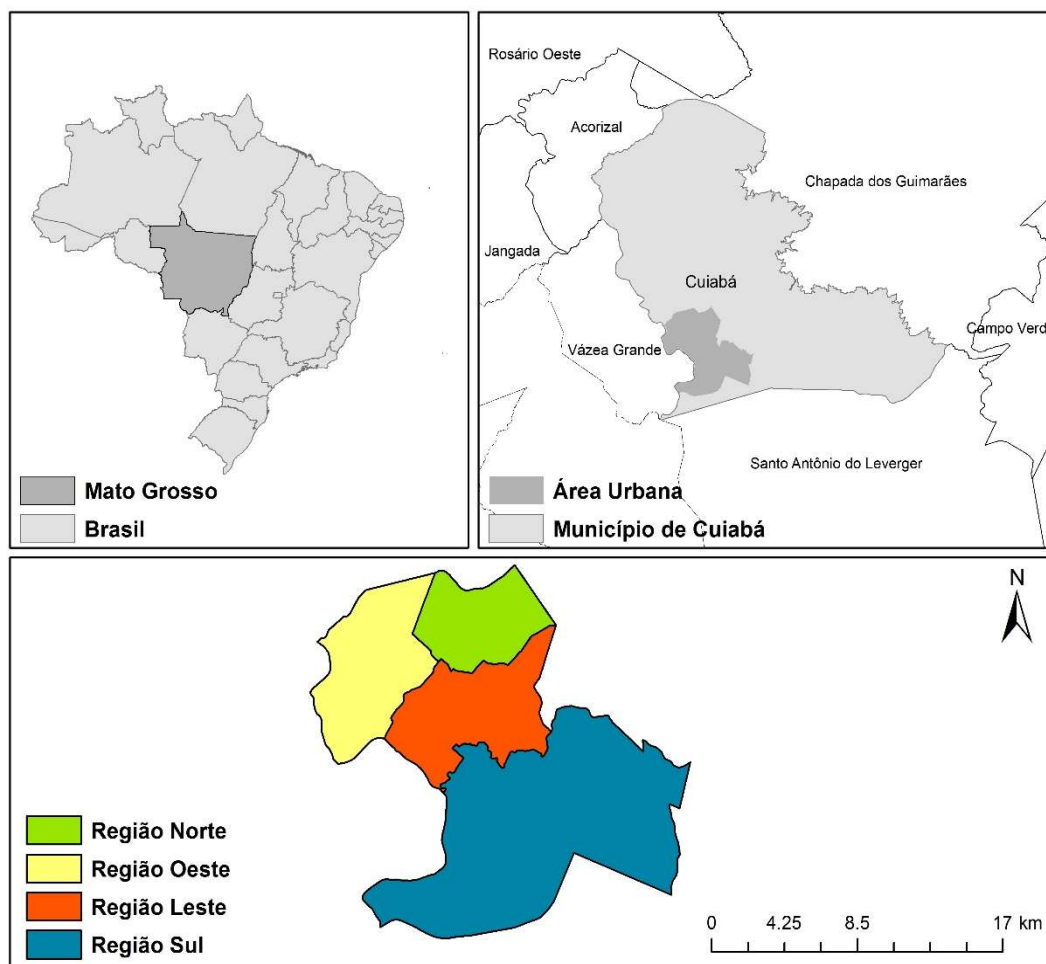


Figura 5 - Localização da área urbana de Cuiabá, MT, Brasil. Regiões do perímetro urbano de Cuiabá.

A região norte possui área de 30,70km², a região sul possui área de 128,63km², a região leste possui área de 46,01km² e a região oeste possui área de 49,23km². Quanto a distribuição populacional, a região leste apresenta 47 bairros e a maior concentração populacional (29,94%). A região oeste é composta por 24 bairros e com 22,86% dos habitantes do município. A região sul, com maior área territorial, é a segunda maior região na análise populacional, com 25,26% dos habitantes do município, abrigando 34 bairros. Já a região norte é composta por 10 bairros com 21,94% da população (CUIABÁ, 2009).

A cidade situa-se na confluência de três importantes ecossistemas brasileiros, o Pantanal ao sul, o Cerrado ao seu entorno e a floresta Amazônica ao norte. A vegetação predominante na região é o Cerrado, sendo que as matas mais densas são encontradas nas proximidades dos cursos d'água. A cidade possui diversos rios, ribeirões e córregos formadores da bacia do rio Cuiabá, rio que limita o município a oeste. Dentre os principais rios que banham a cidade de Cuiabá ressalta-se o rio Cuiabá, o rio Coxipó, o rio Bandeira, entre outros. Dentre os principais córregos ressalta-se o córrego do Moinho, Barbado, Prainha, Salgadeira, entre outros. (CUIABÁ, 2012).

O clima regional de acordo com a classificação de Köppen é Aw, que representa um clima tropical semi-úmido, com duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão). As temperaturas médias anuais oscilam entre 25 °C e 26 °C, enquanto as máximas, frequentemente, ultrapassam 35 °C durante quase o ano todo (MAITELLI, 2005).

A temperatura média anual máxima em Cuiabá varia de 31°C a 34°C. Já a temperatura mínima média anual, varia entre 18 a 21°C. Enquanto que a umidade relativa do ar tem média anual de 70%, no inverno a umidade relativa do ar diminui, chegando a níveis de 12%, ocorrendo então a estação seca (INMET, 2003).

O índice pluviométrico diferencia-se de forma significativa durante as estações, pois em sua maioria o inverno é bastante seco e o verão muito chuvoso. A média da precipitação acumulada anual é de 1500 mm/ano (SAMPAIO, 2006).

Com relação a direção do vento predominante em Cuiabá, segundo Duarte & Serra (2003), a direção do vento predominante é N (norte) e NO (noroeste) durante grande parte do ano, e S (sul) no período do inverno. Afirmam ainda que o fato de

Cuiabá ser uma zona urbana situada em uma depressão geográfica faz com que a frequência e a velocidade média dos ventos seja extremamente baixa, minimizando o efeito das trocas térmicas por convecção e ressaltando ainda mais a influência do espaço construído sobre a temperatura do ar, o que acaba gerando condições praticamente ideais para experimentos com medições microclimáticas.

Portanto, Cuiabá apresenta um clima predominantemente quente, acentuado pelo processo de urbanização contínuo que resulta no registro de temperaturas altas durante todo o ano.

3.2. PORÇÕES URBANAS ESTUDADAS

As porções urbanas selecionadas para este estudo, foram escolhidas de modo a abranger a maior diversidade de coberturas do solo. Foram escolhidas três porções urbanas que apresentassem diferentes características de cobertura do solo.

As três porções estão localizadas em áreas urbanas, abrangendo as regiões leste e oeste da cidade de Cuiabá – MT, cada porção urbana foi numerada conforme a estação micrometeorológica (FIGURA 6).

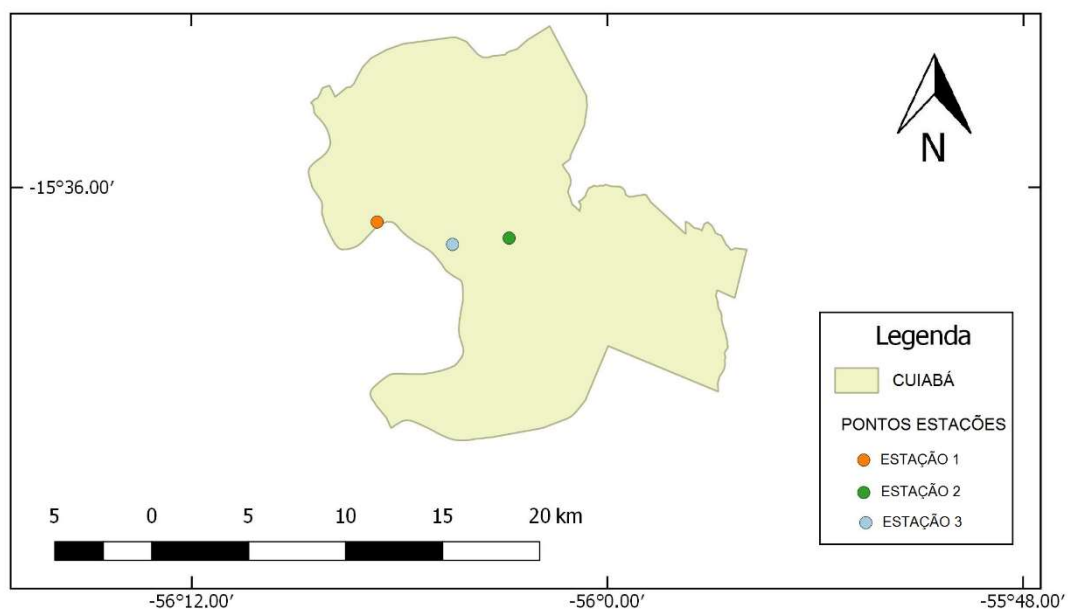


Figura 6 - Localização das estações micrometeorológicas na malha urbana de Cuiabá.

A porção urbana 01, ou seja, porção urbana onde está localizada a estação 1, está na região leste de Cuiabá, sendo que a estação está instalada em uma edificação com uso institucional, localizada próxima ao Rio Cuiabá (FIGURA 7).



(A)

15°36' S 56°06' O – Altitude: 157m



(B)

15°37' S 56°02' O – Altitude: 169m



(C)

15°37' S 56°04' O – Altitude: 167m

Figura 7 – Imagem aérea das porções urbanas estudadas (A) Porção urbana 1 – estação 1 (B) Porção urbana 2 – estação 2 (C) Porção urbana 3 – estação 3.

A porção urbana 2, ou seja, a porção urbana onde está instalada a estação 2, fica no bairro do Coxipó, em uma área com urbanização menos densa que a porção urbana 3, localizada em um bairro residencial, com alta densidade urbana, porém baixo uso do potencial construtivo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. METODOLOGIA PROPOSTA POR KATZSCHNER (1997)

Foi aplicada satisfatoriamente por Franco (2010) na cidade de Cuiabá, em pesquisa intitulada “*Configuração Urbana e sua Interferência no Microclima Local Estudo de Caso no Bairro do Porto em Cuiabá-MT*”, assim como por Maciel (2011) em sua pesquisa intitulada “*Análise da relação entre características do ambiente urbano e o comportamento de variáveis microclimáticas: estudo de caso em Cuiabá-MT*”.

Desenvolvido por Lutz Katzschner da Universidade de Kassel na Alemanha (KATZSCHNER, 1997), este método consiste em uma análise do espaço urbano, em que avalia as condições do clima urbano por meio de uma descrição qualitativa do espaço e de um sistema de classificação baseado nos padrões térmicos e dinâmicos do clima urbano, em relação à sua topografia, ao uso do solo, às áreas verdes e à altura dada às edificações, seguido por uma descrição quantitativa do espaço.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS

Foram confeccionados mapas de cobertura do solo, destacando caracterização de solo como área verde, asfalto, corpos d’água e edificações que auxiliaram a explicar os microclimas das porções urbanas estudadas.

Para realizar a caracterização e quantificação das coberturas do solo encontradas nas porções urbanas em estudo, utilizou-se um *software* do tipo CAD (*computer aided design* – desenho auxiliado por computador), conforme as etapas descritas a seguir:

- a. Obtenção das imagens no *software Google Earth* das referentes porções urbanas e extração no *software* uma medida referência de um objeto pela ferramenta régua. Esta medida foi utilizada para escalar a imagem no *software* CAD.
- b. Inserção da imagem obtida no *Google Earth* no *software* CAD. Foi necessário “escalar” a imagem por meio da medida conhecida de um objeto, extraída na etapa anterior.

- c. Seleção do raio da área a ser trabalhada na imagem. Após a imagem ser escalada, selecionou-se a área que foi caracterizada a cobertura do solo. Na presente pesquisa, foi utilizado o raio de 200 m, segundo metodologia de Oke (2004).
- d. Identificação das categorias de cobertura do solo por meio da imagem do Google Earth já escalada.
- e. Quantificação das áreas das categorias de cobertura do solo. Após as áreas serem delimitadas, foi realizada a contabilização do total correspondente a cada categoria de cobertura do solo na imagem.

4.3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS COLETAS DE DADOS

A medição das variáveis meteorológicas foi obtida por meio de três estações micrometeorológicas fixas na área urbana e uma estação micrometeorológica fixa na área rural, com o objetivo de caracterizar o comportamento temporal das variáveis microclimáticas durante os períodos de medição.

As três estações utilizadas na área urbana são da marca ONSET compostas por sensores do tipo datalogger com unidade de armazenamento e transmissão de dados remoto (Modelo U30), de temperatura do ar e umidade relativa do ar (Modelo S0THB-M002) e de radiação solar global – piranômetro (Modelo S-LIB-M003).

Enquanto que a estação instalada na área rural (denominada estação rural), com coordenadas de 15°43' S 56°04' W, está localizada na Fazenda Miranda, no município de Santo Antonio de Leverger – MT, distante da capital em 15km. A mesma é composta por um datalogger modelo CR1000 e um sensor de umidade relativa do ar e temperatura do ar Modelo HMP45C, ambos da marca Campbell Scientific.

4.4. PERÍODO E TRATAMENTO DOS DADOS

Durante o período de 08 de agosto de 2014 a 20 de julho de 2015 foram realizadas medições micrometeorológicas de variáveis ambientais como temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global, em um intervalo de 5 min.

As eventuais falhas nos dados (falhas com menos de 5% do total) detectadas foram preenchidas por meio de uma rede neural artificial que teve sua estrutura

configurada por algoritmos genéricos. Segundo Ventura *et al.* (2013) dados com até 5% de falhas podem obter pelo preenchimento das falhas 96% de correlação com os dados reais.

Após os preenchimentos dos dados, a caracterização climática de cada estação foi realizada por meio da média horária do mês em questão, caracterizando assim os valores das variáveis para as 24 h de um dia chamado “dia típico”. Similarmente foi realizado um “dia típico” para os períodos quente-úmido e quente-seco, pela média horária dos meses que formam cada período.

Os períodos quente-seco e quente-úmido foram determinados seguindo o ciclo hidrológico do ano estudado, sendo que os meses que obtiveram precipitação acumulada menor que a média mensal da acumulada anual foram considerados quente-seco. Sendo assim, da parcela do ano de 2014, os meses de período quente-seco são agosto, setembro e outubro, os demais são do período quente-úmido. Enquanto que no ano de 2015, os meses do período quente-seco são maio, junho e junho, de janeiro a abril são meses do período quente-úmido.

O cálculo da ICU foi realizado por meio da diferença de temperatura do ar de cada estação da área urbana com a temperatura do ar da estação rural com registros de 30 em 30 min, para análise do período quente-seco foi utilizada dados de 08 de agosto a 30 de setembro de 2014 e para análise do período quente-úmido foi utilizado dados de 01 de janeiro a 28 de fevereiro/2015. Posteriormente para a realização do gráfico foi organizado pelos horários.

Foi realizado Teste T para analisar as variâncias das Ilhas de Calor Urbana. Para determinar a relação entre variáveis ambientais e os valores de ICU foi utilizado o coeficiente de determinação (R^2), por meio de correlação linear. O mesmo mede a proporção da variação da ICU que é explicada pela variável ambiental. É demonstrada por meio do modelo de regressão linear. Assume valores entre 0 e 1, demonstrando maior associação quando o valor é aproximado de 1. Xavier & Pereira Filho (2007) enfatizam a importância das técnicas estocásticas para a análise de séries temporais, incluindo a análise de variância e a regressão linear.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO

A cobertura do solo urbano é um dos grandes responsáveis pelo aquecimento das cidades e a formação das ilhas de calor. Diversos trabalhos pesquisaram os efeitos e relação entre o uso e cobertura do solo com os microclimas, (KOLOKOTRONI & GIRIDHARAN, 2008; VAN HOVE *et al.*, 2015).

Foram elaborados mapas e quantificados segundo a cobertura do solo (água, área construída, vegetação, solo nu, concreto e asfalto), de cada uma das porções referentes as 3 estações micrometeorológicas estudadas, para um melhor entendimento do comportamento microclimático (FIGURA 8).

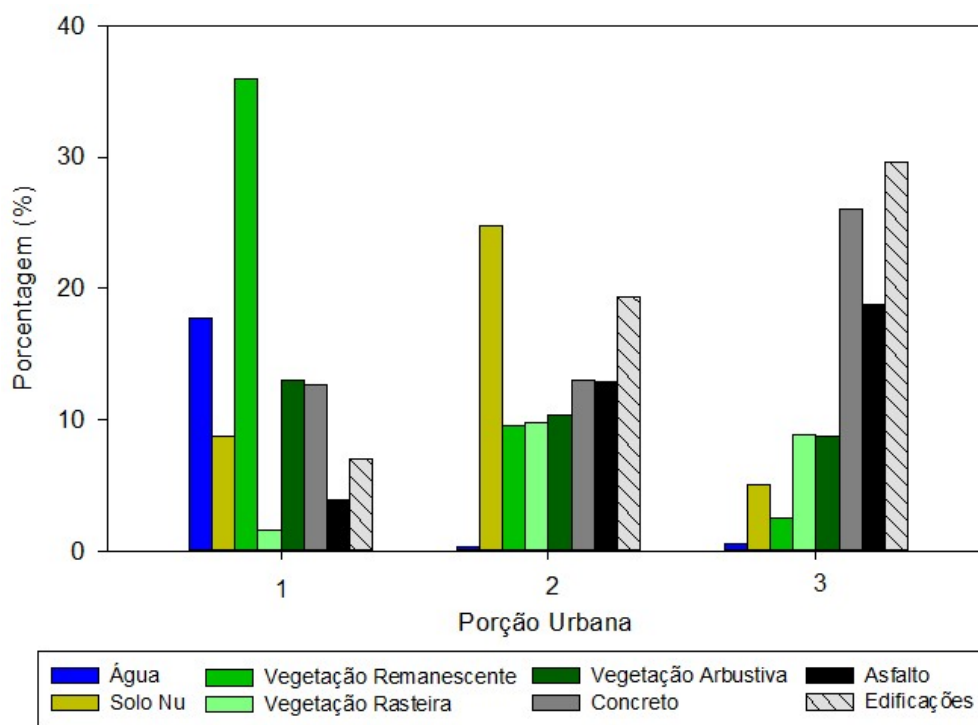


Figura 8 – Cobertura do Solo nas porções urbanas 1, 2 e 3.

A porção urbana 1 é a porção urbana com maior presença de água (17,7%), devido a presença do Rio Cuiabá em seu perímetro. Devido sua baixa urbanização, em área construída tem 7%, enquanto que em asfalto e concreto tem 3,85% e 12,65%, respectivamente. Já em solo exposto possui 8,2%. Em área de vegetação possui 13% em vegetação arbustiva, 36% em vegetação remanescente e 1,6% em vegetação

rasteira, esse alto valor de vegetação é devido a área de preservação permanente a noroeste e da mata ciliar do rio (FIGURA 9).

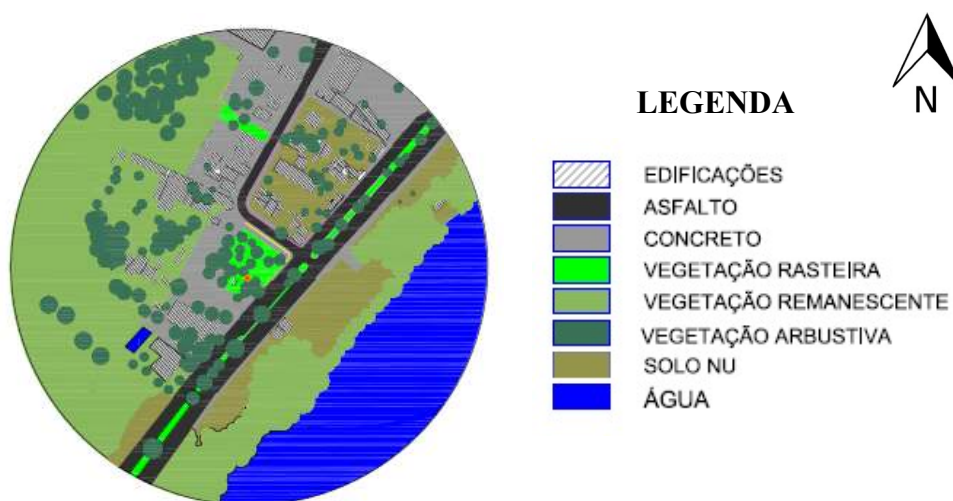


Figura 9 – Mapa de cobertura do solo Porção urbana 1 – Estação 1.

A porção urbana 2 apresenta uma grande cobertura de área vegetada, sendo 9,8% de vegetação rasteira, 9,6% de vegetação remanescente e 10,3% de arborização urbana, contudo não apresenta valor considerável de água (0,3%). A região que está localizada ainda não possui todas as ruas asfaltadas, por isso teve uma cobertura de solo nu tão elevado (24,7%). Em área asfaltada possui 12,9% e concreto 19,4% (FIGURA 10).

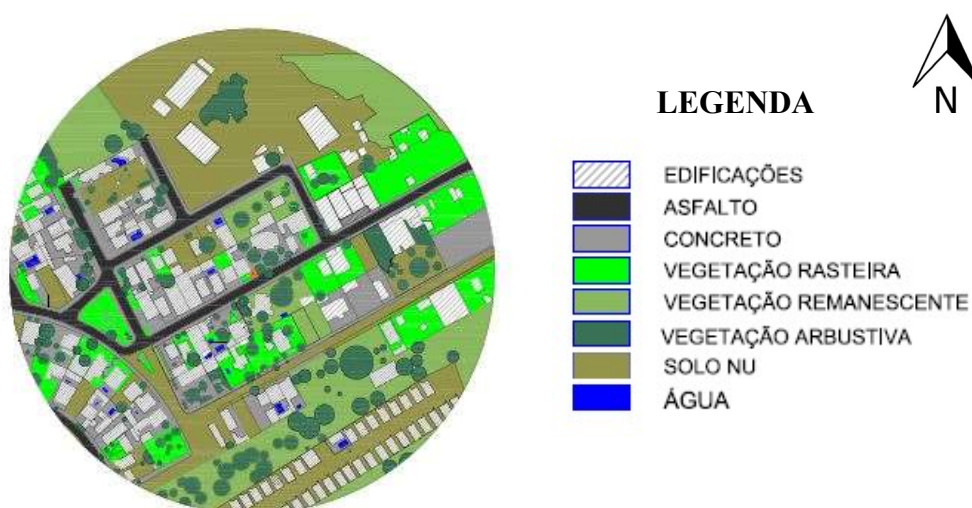


Figura 10 - Mapa de cobertura do solo Porção urbana 2 – Estação 2.

A porção urbana com maior porcentagem de área construída é a 3 com 29,6%, neste mesmo ponto observa-se os altos valores para área pavimentada seja com concreto ou com asfalto, sendo 26% e 18,8%, respectivamente. Possui em área de

vegetação, 8,8% de vegetação rasteira, 2,5% em vegetação remanescente e 8,7% em arborização urbana (FIGURA 11).

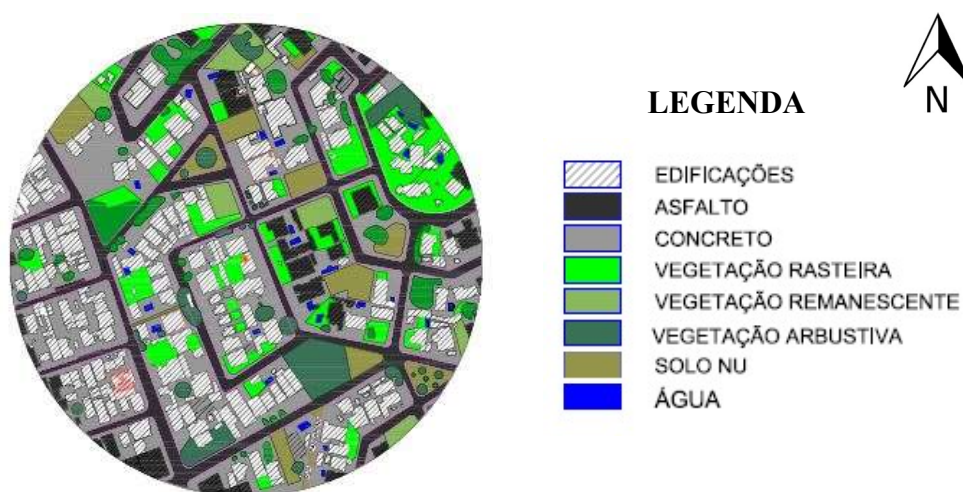


Figura 11 - Mapa de cobertura do solo Porção urbana 3 – Estação 3.

Com o intuito de organizar os dados de cobertura do solo e dinamizar a comparação entre os diversos valores registrados nos pontos referentes à cobertura do solo foi dividido em área impermeável, composta pela soma da área construída, do pavimento asfáltico e concreto, em vegetação, soma da vegetação arbustiva, vegetação remanescente e vegetação rasteira, assim como em solo nu e em corpos d'água (TABELA 4).

Tabela 4 - Porcentagens de cobertura do solo nas porções urbanas 1, 2 e 3 na cidade de Cuiabá.

Porção Urbana	Impermeável	Vegetação	Solo Nu	Água
1	23,5%	50,6%	8,2%	17,7%
2	45,3%	29,7%	24,7%	0,3%
3	74,4%	20%	5%	0,6%

É possível observar que a porção urbana 1 (Estação 1) é a porção com menor porcentagem de área impermeável (23,5%), com maior presença de água (17,7%) e de vegetação (50,6%). Em contraposto a porção urbana 3 (Estação 3) é a que possui maior área impermeável (74,4%), com menor presença de solo nu (5%) e água (0,6%) em comparação as demais porções. A estação 2 apesar de apresentar grande área de vegetação (29,7%), apresenta um valor alto de área impermeável (45,3%) e de solo nu (24,7%).

5.2. CARACTERIZAÇÃO MICROMETEOROLÓGICAS DAS PORÇÕES URBANAS

Na Figura 12A é apresentado o dia típico mensal da temperatura do ar, em que o mês com maior amplitude térmica, com uma diferença entre o valor mínimo e máximo de 12°C, no período quente-seco foi agosto. Contudo no período quente-úmido foi em janeiro com uma amplitude de 8°C, sendo também o mês com maior temperatura do ar registrado.

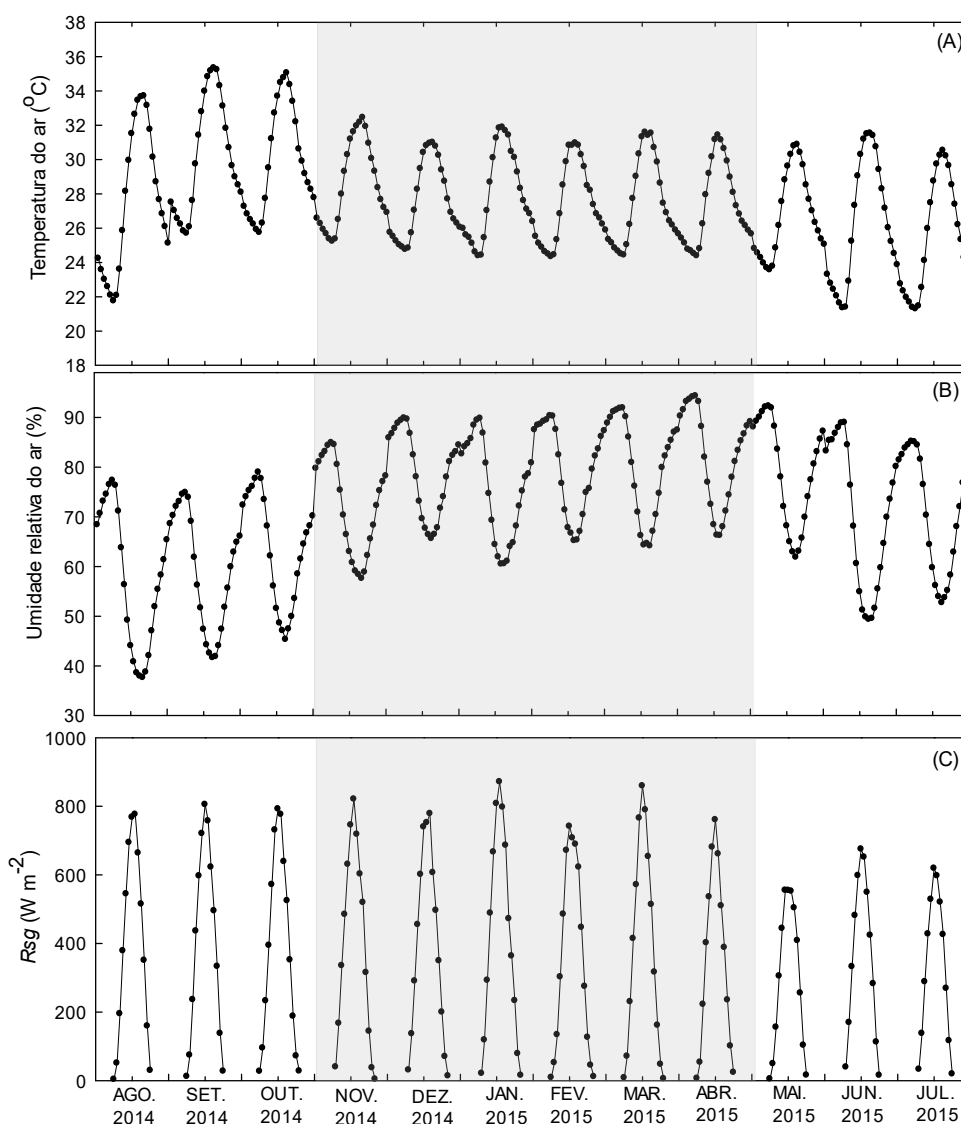


Figura 12 – Dia Típico Mensal da (A) Temperatura do Ar (B) Umidade Relativa do Ar (C) Radiação Solar Global na Estação 1. Observação: Área sombreada representa os meses do período quente-úmido.

O mês com maior temperatura do ar no período quente-seco foi setembro atingindo 36°C no pico do dia típico. Enquanto que a menor temperatura máxima no

mesmo período foi julho com 30°C. Por outro lado, no período quente-úmido os meses com maior temperatura foram novembro e janeiro, com 33°C, enquanto que o mês com temperatura máxima menor no mesmo período foi fevereiro com 31°C.

Com relação a umidade relativa do ar, houve uma sazonalidade inversa a da temperatura do ar, ao meio do dia típico enquanto a temperatura atinge seus valores máximos, a umidade atinge seus valores mínimos, sendo assim, o mês com menor umidade registrada foi agosto, que foi também o mês com maior amplitude (40%) chegando a ter amplitude 25% maior que o mês com menor amplitude do período (julho). No período quente-úmido, a maior umidade relativa do ar ocorreu entre março e abril atingindo valor próximo a 95%. A menor umidade relativa no período quente-úmido foi novembro com 55%, porém ainda assim maior em 18% que a menor registrada em agosto (período quente-seco).

Quanto a maior radiação solar global ocorreu em janeiro aproximadamente 850 W.m^{-2} , enquanto que o valor menos elevado de R_{sg} foi em maio com aproximadamente a 600 W.m^{-2} , sendo assim estes são os meses com maior e menor amplitude quando analisado o dia típico dos meses estudados. Pelo que pode ser analisado no período quente-seco o mês com valor mais elevado de R_{sg} foi setembro com valor de 800 W.m^{-2} , porém os meses de agosto (776 W.m^{-2}) e outubro (791 W.m^{-2}) não ficaram muito diferentes do mês de setembro. Enquanto que o mês que possui valor menos elevado de R_{sg} registrado no período quente-úmido foi fevereiro com 700 W.m^{-2} .

Já na estação 2, analisando dias típicos mensais, observa-se que o mês com maior amplitude térmica no período quente-seco é o mês de junho com uma diferença do valor mínimo para o valor máximo de 14°C. Contudo no período quente-úmido é o mês de janeiro com uma amplitude de 11,5°C, sendo também o mês com maior valor de temperatura registrado no período, atingindo 33°C (FIGURA 13).

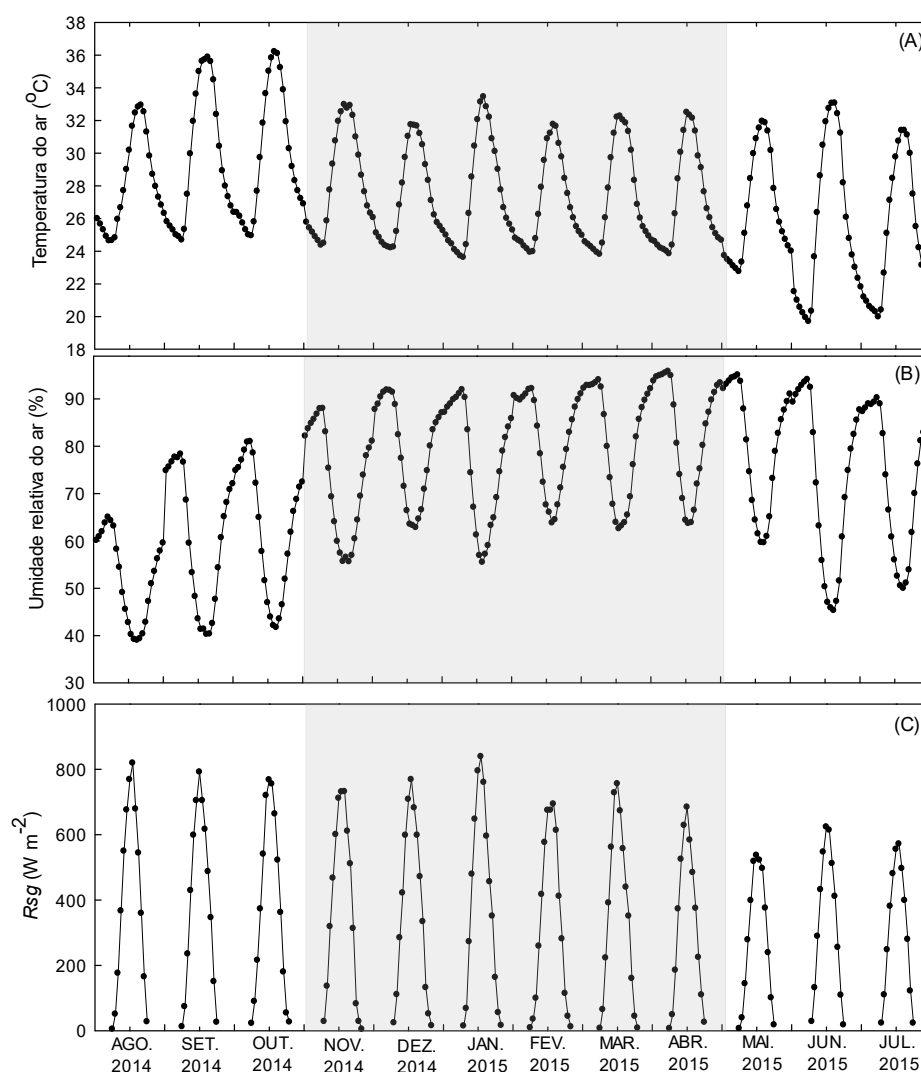


Figura 13 - Dia Típico Mensal da (A) Temperatura do Ar (B) Umidade Relativa do Ar (C) Radiação Solar Global na Estação 2. Observação: Área sombreada representa os meses do período quente-úmido.

Pode-se observar que a maior temperatura no período quente-seco foi em outubro atingindo 36°C no pico do dia típico. Enquanto que a menor temperatura máxima do mesmo período foi em Julho com 31,5°C.

No período quente-úmido a maior temperatura registrado foi janeiro com 34°C, enquanto que a menor temperatura máxima do mesmo período foram em dezembro e fevereiro ambos com 32°C.

A menor umidade relativa do ar registrada na estação 2 foi em agosto, porém o mês que teve maior amplitude foi junho com 50%. No período quente-úmido, a maior umidade relativa do ar foi aproximadamente 95% em abril. A menor umidade relativa no período quente-úmido ocorreram em novembro e janeiro com valor aproximado de

55%, porém ainda assim essa umidade foi maior em 18% do que a menor que ocorreu em agosto (período quente-seco).

Quanto a radiação solar global, o maior valor aproximado a 850 W.m^{-2} ocorreu em janeiro enquanto que o menor valor registrado foi em maio, aproximadamente 550 W.m^{-2} . No período quente-seco o mês com maior radiação solar global foi agosto com valor próximo de 820 W.m^{-2} . Enquanto que o mês que possui menor valor máximo de radiação no período quente-úmido foi fevereiro com valor de 700 W.m^{-2} .

A estação 3, teve em agosto maior amplitude térmica do período quente-seco e de todo o período estudado com uma diferença entre o valor mínimo e máximo de 13°C . No período quente-úmido foi janeiro com uma amplitude de 8°C (FIGURA 14).

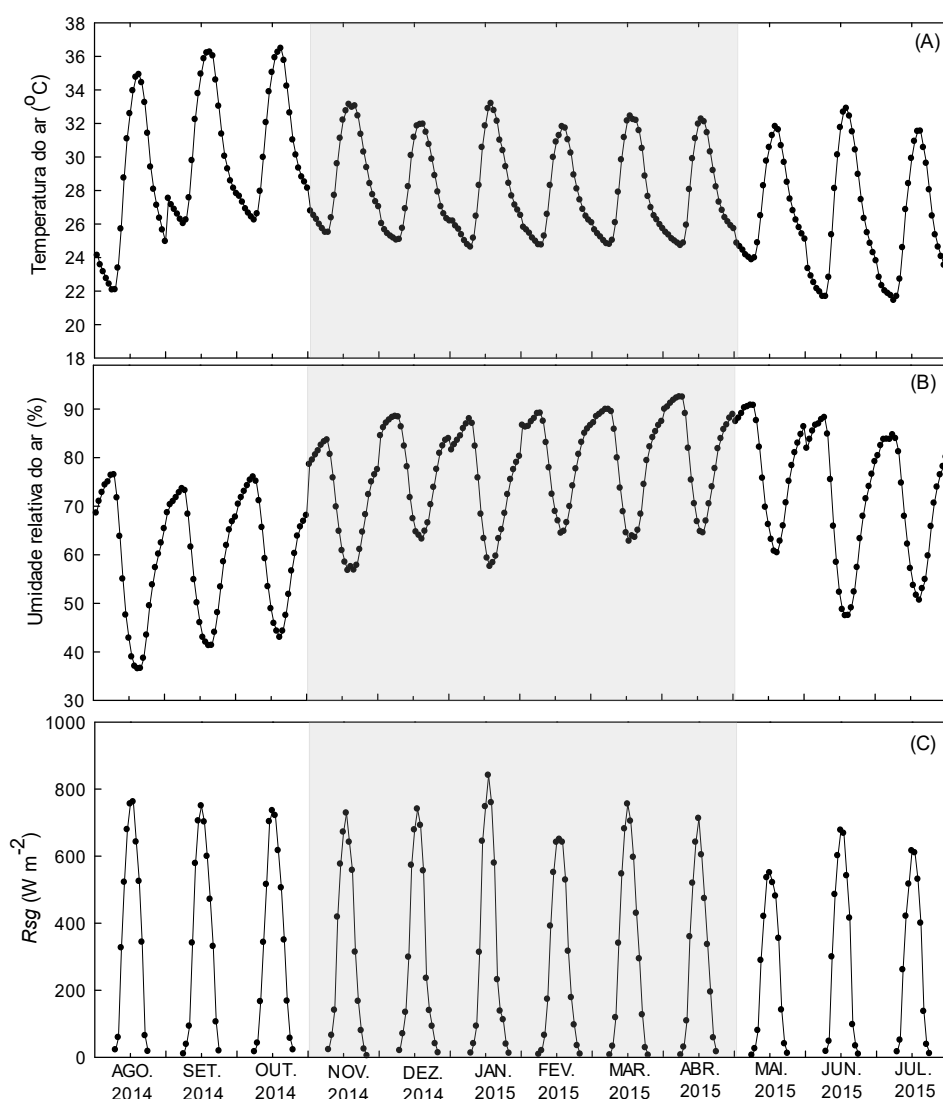


Figura 14 - Dia Típico Mensal da (A) Temperatura do Ar (B) Umidade Relativa do Ar (C) Radiação Solar Global na Estação 3. Observação: Área sombreada representa os meses do período quente-úmido.

A maior temperatura máxima do ar no período quente-seco foi em outubro com 36,5°C no pico do dia típico. Enquanto que o mês com o pico de temperatura máxima menor no mesmo período foi em julho com 31°C. No período quente-úmido a maior temperatura registrado foi janeiro com 33°C, enquanto que a menor temperatura máxima do mesmo período foi em fevereiro com 31°C.

Com relação a umidade relativa do ar, a menor umidade registrada foi de agosto com 36%, agosto foi o mês com maior amplitude (40%) do período quente-seco. No período quente-úmido, a maior umidade relativa do ar foi entre março e abril atingindo valor próximo a 95%. A menor umidade relativa do período quente-úmido foi de novembro com 55%, ainda assim maior 19% do que a umidade no período quente-seco, em agosto.

Quanto a radiação solar global, o maior valor foi 880 W.m⁻² em janeiro enquanto que o menor valor aproximado 550 W.m⁻² em maio, sendo assim estes os meses com maior e menor amplitude quando analisado o dia típico dos meses estudados. No período quente-seco o maior valor de radiação solar global foi 800 W.m⁻² em agosto. Porém setembro e outubro não ficam com valores muito diferentes de agosto. O menor valor máximo de radiação registrado no período quente-úmido foi fevereiro com valor de 650 W.m⁻².

Com isso é possível observar que as três estações possuem sazonalidade parecida, com os valores máximos e mínimos de temperatura foram registrados nos meses do período quente-seco, enquanto que os meses do período quente-úmido, apesar de registrarem valores mais amenos, os valores mínimos acabam sendo superiores ao do período quente-seco. Sendo assim, em geral, os meses do período quente-seco possuem valores de amplitude maiores (SANTOS, 2012).

Quando se analisa os valores das variáveis microclimáticas por médias mensais, percebe-se que as estações estudadas também possuem valores muito aproximados, porém a estação 3 apresenta maiores valores de temperatura do ar e menores valores de umidade relativa do ar e radiação solar global em comparação com a estação 1 e a estação 2 (TABELA 5).

Tabela 5 – Média e Desvio Padrão Mensal da Temperatura do Ar (T, °C), Umidade Relativa do Ar (UR, %) e Radiação Solar Global (Rsg, W.m⁻²) nas estações 1, 2 e 3.

Mês	Estação 1			Estação 2			Estação 3		
	T (°C)	UR (%)	Rsg (W m ⁻²)	T (°C)	UR (%)	Rsg (W m ⁻²)	T (°C)	UR (%)	Rsg (W m ⁻²)
Ago/2014	27,5	57,3	460,1	26,6	57,7	472,6	27,7	57,0	428,0
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	3,0	11	52,2	2,7	8,6	73,6	2,9	9,9	48,4
Set/2014	30,2	58,9	468,3	29,6	60,5	460,8	30,4	58,9	424,9
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	2,1	11	110,4	1,8	10,2	113,2	2,0	10,5	107,0
Out/2014	29,9	63,5	473,9	29,8	62,7	463,4	30,5	61,3	439,3
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	2,3	10,7	105,8	2,1	10,1	101,8	2,3	10,7	108,8
Nov/2014	28,5	72,0	484,2	28,3	72,4	461,3	28,9	70,9	389,5
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,9	10,2	129,9	1,8	9,9	122,2	1,9	10,3	110,9
Dez/2014	27,5	78,9	484,7	27,3	79,4	458,1	27,9	77,9	378,9
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,9	8,3	143,8	1,7	8,1	140,7	1,9	8,8	104,4
Jan/2015	27,9	75,2	522,8	27,6	76,4	490,9	28,2	74,3	407,9
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,4	5,6	117,7	1,5	6,3	110,5	1,5	6,0	90,2
Fev/2015	27,2	80,4	454,5	27,0	81,3	435,2	27,6	79,4	382,8
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,3	5,9	95,3	1,2	5,5	98,7	1,3	5,7	93,5
Mar/2015	27,5	80,2	482,2	27,3	81,2	441,9	27,9	79,0	418,5
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,9	4,2	84,0	0,9	4,7	72,6	1,0	5,0	90,9
Abr/2015	27,3	82,3	409,6	27,2	83,3	379,9	27,6	81,5	364,4
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,9	4,2	86,7	0,9	4,2	83,8	0,9	4,4	87,9
Mai/2015	26,8	79,1	348,9	26,6	80,3	327,4	27,0	78,3	309,6
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,6	6,6	89,0	1,4	5,1	80,3	1,6	6,5	86,8
Jun/2015	26,2	70,0	389,1	25,6	72,7	356,8	26,4	69,6	351,2
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	2,2	9,4	64,6	1,9	6,9	65,9	2,1	8,9	66,5
Jul/2015	25,4	70,9	363,5	24,9	73,2	337,0	25,6	70,3	332,1
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	3,4	12,7	122,6	2,9	10,1	116,7	3,3	12,2	123,5

A maior temperatura média mensal ocorreu em outubro na estação 2 e 3, e na estação 1 ocorreu em setembro. Esse comportamento térmico já era previsto porque as temperaturas se mantêm elevadas principalmente durante a primavera, que se inicia

em setembro, devido à passagem do Sol sobre os paralelos da região em direção ao Trópico de Capricórnio (MAITELLI, 1994).

A menor temperatura do ar ocorreu em julho com médias de 24,9°C e 25,6°C, estação 2 e 3, respectivamente, em acordo com Maciel *et al.* (2011) e Rocha *et al.* (2015) em estudos similares em Cuiabá-MT que obtiveram mínimas médias em julho. Valores mínimos de temperatura do ar são resultantes da invasão do Anticiclone Polar (“Friagem”), 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 (NOGUEIRA *et al.*, 2005) podendo ocorrer entre junho e julho na cidade em estudo.

Tendo em consideração a média mensal da umidade relativa do ar, nas três estações o menor valor foi em agosto, a estação 3 com 57%, enquanto que a estação 1 com 57,3% e a estação 2 com 57,7%. Contudo os maiores valores de umidade relativa do ar em todas as estações ocorreram em abril, ficando entre 81,5% e 83,3%, estação 3 e 2, respectivamente. O comportamento da umidade relativa do ar, está em acordo ao ciclo da precipitação pluviométrica, por exemplo, os meses do período seco, como no caso de agosto, são os meses de menor pluviometria anual (DIAS, 2011), sendo que durante o período seco há em porcentagem entre 3 e 30% de toda a precipitação acumulada anual (MORENO & HIGA, 2005; DINIZ *et al.*, 2008; CALLEJAS, 2012).

Quanto a radiação solar global, as maiores médias mensais foram 522,8 W.m⁻² e 490,9 W.m⁻² na estação 1 e 2, em janeiro, respectivamente. Enquanto que na estação 3, a maior média mensal foi 439,3 W.m⁻² em outubro. As menores médias mensais foram 348,9 W.m⁻², 327,4 W.m⁻² e 309,6 W.m⁻², na estação 1, 2 e 3, respectivamente em maio. Apesar do mês de maio ser considerado do período quente-seco, ou seja, com céu mais limpo e menor presença de nuvens devido à baixa precipitação, atinge valores mais baixos de radiação, provavelmente devido a esta época do ano haver maior ocorrência de queimadas em Cuiabá.

No período quente-seco é frequente a presença de queimadas revestindo completamente a cidade de Cuiabá com fumaça e fuligem (ALVES, 2011) que influencia o saldo de radiação solar de maneira que durante o dia a poluição acaba por diminuir a quantidade de radiação solar que chega até a superfície terrestre (GARTLAND, 2010).

5.3. ANÁLISE MICROMETEOROLÓGICA DOS PERÍODOS QUENTE-SECO E QUENTE-ÚMIDO

Na verificação do comportamento diário da variável temperatura do ar e umidade relativa do ar nas estações micrometeorológicas nota-se um comportamento sazonal. Nas primeiras horas do dia (0 às 5h), a temperatura do ar tende a ser menor, comportamento inverso ao da umidade relativa do ar, em que nas primeiras horas do dia (0 às 5h), encontra seu máximo valor (FIGURA 15).

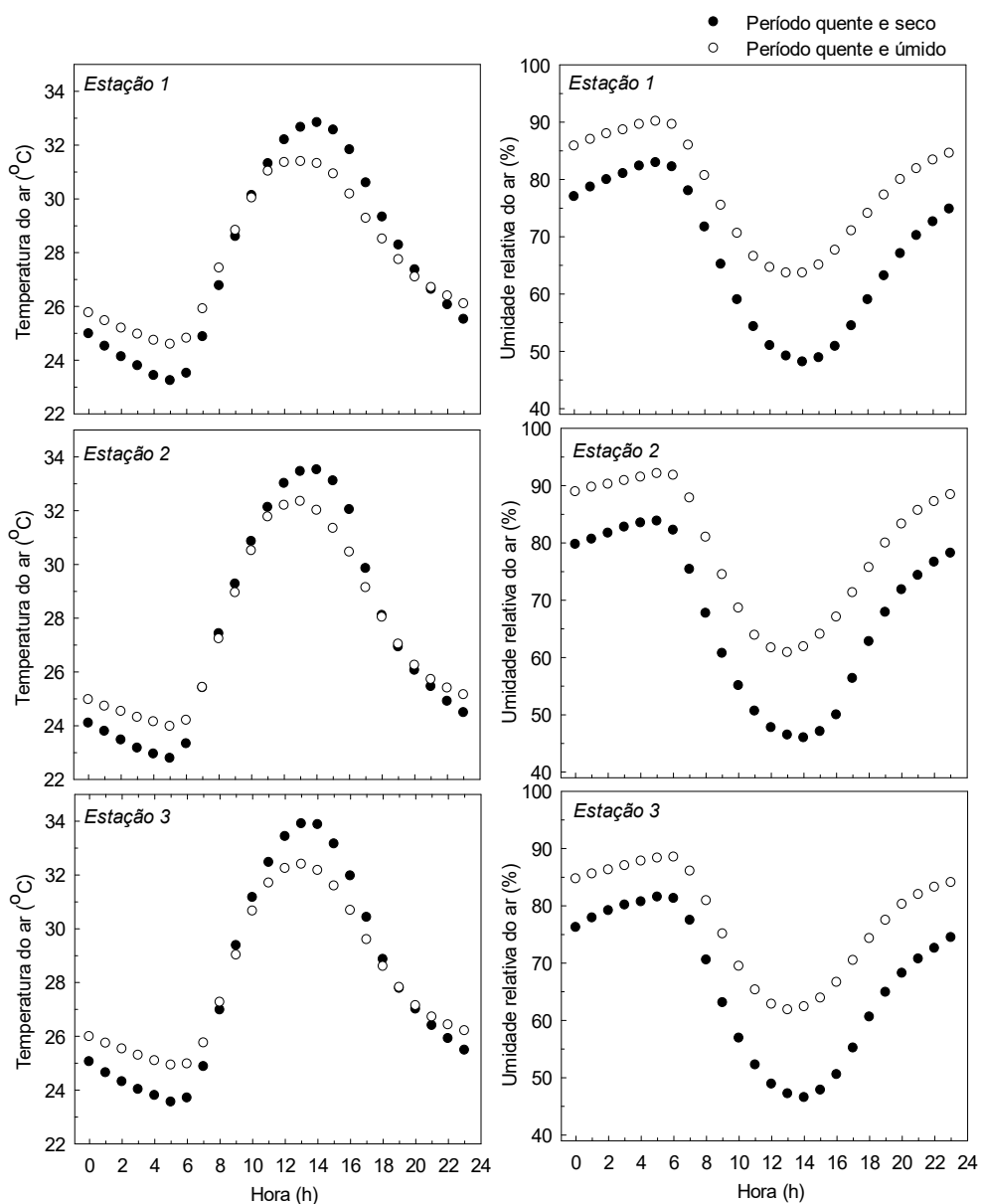


Figura 15 - Dia Típico por período quente-seco e quente-úmido da Temperatura do ar e Umidade relativa do ar nas Estação 1, 2 e 3.

A temperatura do ar teve seu pico em torno das 14h, enquanto a umidade relativa comportou-se de maneira inversamente proporcional sendo que a mínima ocorre nesse horário. Da mesma maneira, o menor valor de temperatura do ar ocorreu por volta das 6h, onde a umidade relativa atingiu seu pico.

A estação 1 registra às 14h, temperatura do ar de 31°C e 33°C, nos períodos quente-úmido e quente-seco, respectivamente. A menor temperatura do ar fica em torno de 23 e 25°C, quente-seco e quente-úmido. A máxima umidade relativa do ar, no período quente-úmido foi de 90%, enquanto que a mínima foi de 82%. No período quente-seco a máxima foi 62% e a mínima de 47%.

A estação 2 registrou no período quente-seco sua maior temperatura do ar com 34°C enquanto que sua menor temperatura fica em torno de 22,5°C. A umidade deste mesmo período fica com seu máximo valor de 85% e mínimo de 45%. No período quente-úmido, a temperatura máxima é 32,5°C e a mínima é 24°C. A umidade relativa máxima é 92% e mínima de 60%.

A estação 3 registrou temperaturas máximas de 34,2 e 32,4°C no período quente-seco e quente-úmido, respectivamente. A temperatura mínima registrada no período quente-seco é de 23°C enquanto que no período quente-úmido é de 25°C. A umidade relativa nesta estação possui no período quente-seco valor mínimo e máximo de 46% e 81%, enquanto que no período quente-úmido é de 60% e 87%.

É possível perceber que a amplitude térmica do período quente-seco é maior que no período-úmido (CALLEJAS, 2012; SANTOS, 2012), isto devido a água ser um regulador térmico. Assim como ambos os períodos apresentam sazonalidade parecida, sendo a temperatura do ar no período quente-seco é mais aquecido entre às 8h e 18h. Nos demais horários o período quente-úmido se mostra mais aquecido, chegando a ter uma diferença entre períodos de até 2°C. Diferença aproximada ao encontrada por outros estudos em Cuiabá-MT (MACIEL *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2012; ÁVILA *et al.*, 2015).

No tocante a umidade relativa do ar, observou-se que os períodos considerados neste estudo, possuem sazonalidades similares, porém em todas as horas o período quente-úmido se mantém com valores mais elevados, podendo esta diferença ser de até 30% de umidade relativa quando analisados os valores mínimos de cada período. Quando analisados os valores máximos de cada período, esta diferença diminui

ficando em torno de 6%. Valores aproximados ao encontrado por outros estudos em Cuiabá-MT (GOMES, 2010; FRANCO, 2013; LUZ *et al.*, 2013).

A radiação solar global apresenta sazonalidade similar quando analisados os períodos quente-seco e quente-úmido. Assim como apresenta semelhanças quando analisadas as estações micrometeorológicas. Seu pico ocorre em ambos os períodos entre as 11 e 12 h (FIGURA 16).

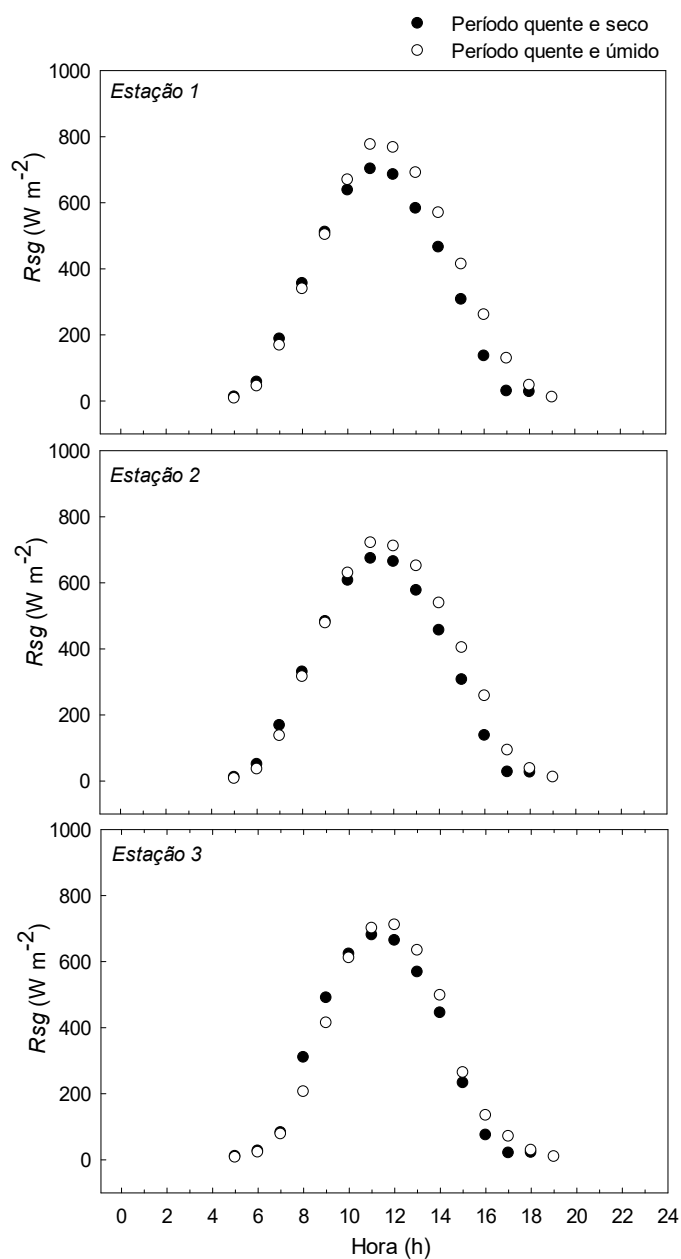


Figura 16 - Dia Típico por período quente-seco e quente-úmido da Radiação Solar Global (Rsg) nas Estação 1, 2 e 3.

As estações apresentam comportamentos semelhantes, possuindo seus valores de radiação de acordo com o fotoperíodo diário, ou seja, ao nascer do sol, inicia a incidência de radiação solar global, que vai crescendo até atingir seu pico entre as 11 e 12h, com valores decrescentes até o pôr do sol, por volta das 18 e 19h.

A estação 1, possui seu valor máximo de radiação solar global em torno de 800 W.m⁻² no período quente-úmido e 700 W.m⁻² no período quente-seco. Enquanto que a estação 2 atingiu máximos de 700 W.m⁻² e 650 W.m⁻² no período quente-úmido e quente-seco, respectivamente. A estação 3 teve seu máximo valor no período quente-úmido de 720 W.m⁻² e no período quente-seco de 700 W.m⁻².

A estação 1 apresenta maior diferença entre períodos, isto pode ser devido ao fato de ter grande influência do rio Cuiabá na sua proximidade, fazendo assim com que haja maior precipitação no local, tendo maior nebulosidade.

O menor valor de radiação solar global encontrado no período quente-seco também encontrado por outros estudos em Cuiabá-MT (GOMES, 2010; MACIEL *et al.*, 2014) e pode ser explicado pela baixa umidade relativa do ar que faz com que as massas de ar quente conduzam partículas de poeira em suspensão nos seus deslocamentos, o que dificulta a entrada da radiação solar global (ROMERO, 2007). De acordo com Varejão-Silva (2006), para as latitudes afastadas do equador, os maiores valores de fluxo de radiação acontecem no verão e os menores no inverno.

5.4. ANÁLISE DA INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR

De um modo geral, as temperaturas do ar na área urbana foram maiores que na área rural. É possível observar a formação de ICU maior nas estações urbanas 2 e 3 (FIGURA 17).

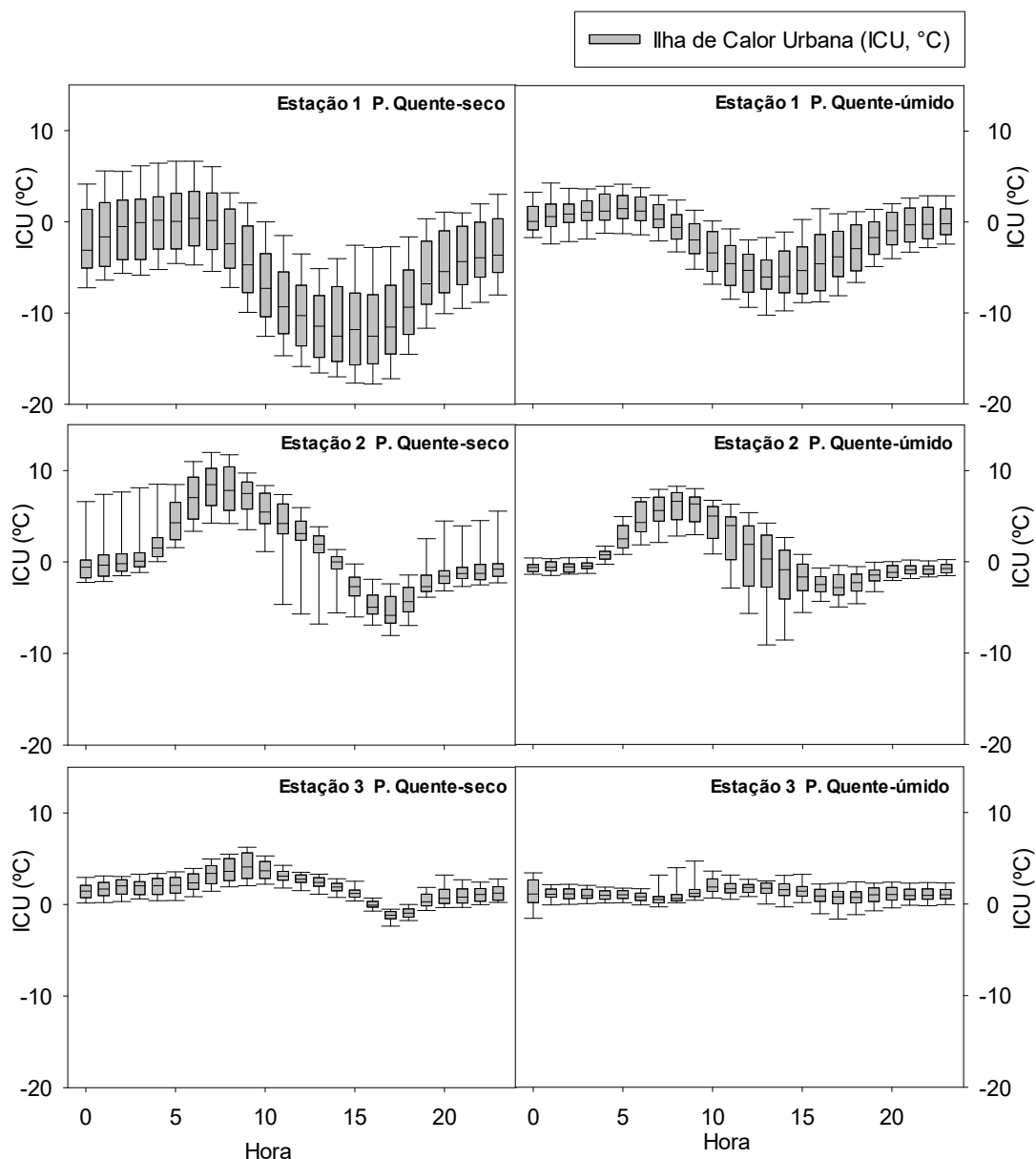


Figura 17 – Box Plot da Ilha de Calor Urbana (ICU, °C)

A estação 1 apresenta valores negativos de ilha de calor em todo o período quente-seco evidenciando a formação de ilha de frescor, que são anomalias térmicas caracterizadas 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). As temperaturas entre a estação 1 e a estação rural se igualam no período entre 3 e 7h, apesar de neste período poder atingir picos de 5°C. Após este horário a estação 1 apresenta menores valores de temperatura que a estação rural em até 15°C. Isto pode ser devido à grande presença de áreas vegetadas e corpos d'água nesta região. A vegetação é capaz de reduzir a ilha de calor devido ao fato de

durante a fotossíntese, se utilizar da energia solar para realizar a evapotranspiração, evitando assim que essa energia seja utilizada no aquecimento da região (GARTLAND, 2010), assim como pelo sombreamento (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Indicações de que características físicas do meio urbano como vegetação afetam o valor de ICU foram mencionadas em diversos artigos (KOLOKOTRONI *et al.*, 2007; WATKINS *et al.*, 2007). Em estudo sobre temperatura superficial em Tóquio, Shobhakar & Hanaki (2002) encontraram uma diferença de até -0,6°C de uma área vegetada e seu entorno. Em um clima mais quente e seco, o efeito da vegetação é ainda maior (LUCENA, 2013).

Durante o período quente-úmido, a estação 1 apresentou comportamento parecido com o período quente-seco, apresentando ilha de frescor na maior parte do dia, porém apresenta ilha de calor entre às 0 e 7h, mesmo que com valores relativamente baixos, entre 0,2 a 1°C.

Verifica-se também um comportamento mais estável neste período, sendo a amplitude menor em comparação ao período quente-úmido. Em comparação as demais estações, também foi possível observar que a sua amplitude foi maior, concordando com Van Hove *et al.* (2015) que obtiveram em estudo de ilha de calor em Rotterdam maior amplitude em áreas vegetadas.

A estação 2 apresenta ICU entre os horários das 4 às 13h, sendo o valor máximo de até 10°C às 7h. Nos demais horários, apesar de apresentarem picos mais elevados, os valores de ICU estiveram entre 4 e 5°C. Antes das 4h e após às 13h área rural é predominantemente mais aquecida que a área urbana em questão, com uma diferença de até 2°C.

No período quente-úmido, a estação 2 se mantém no mesmo comportamento do período quente-seco, com presença de ICU de até 7°C entre às 4 às 13. O maior valor médio foi de 5°C às 8h, concordando com o obtido em cidade tropical por Wong & Yu (2005) que obtiveram diferenças entre o urbano e o rural de 4°C. Assim como em estudo no Rio de Janeiro, Marques Filho *et al.* (2009) encontraram ICU em torno de 4 a 5°C.

Nos dois períodos que entre às 11 e 13h, apesar de haver a presença de ICU, ocorreu também no período ICU de até -8°C, ou seja, a estação rural está mais aquecida que a área urbana. O aquecimento da estação 2 em relação a estação rural pode ser

devido à grande presença de solo exposto nesta porção urbana. Segundo Chen *et al.* (2006) em estudo na província de Gaungdong, no sul da China, sobre ilha de calor e sua influência no clima regional, encontrou regiões de solo exposto mais aquecidas que os demais tipos de cobertura.

A estação 3, apesar de apresentar valores menores que o encontrado na estação 2, apresenta presença de ICU, em todos os horários nos dois períodos estudados, com exceção das 16 às 18 h no período quente-seco, em que a estação rural se mantém mais aquecida em até 3°C. Em estudos, sobre ilha de calor urbana em Várzea Grande, cidade circunvizinha de Cuiabá-MT, Cox (2008) encontrou diferença entre a área urbana e a área rural de 3°C às 18h.

O pico de ICU na estação 3 no período quente-seco foi às 9 h com valor de 2,5°C, enquanto que no período quente-úmido foi às 10h também com valor de 2,5°C. Percebe-se que a estação 3 mantém um comportamento mais estável com relação a presença e intensidade da ilha de calor, isto pode ser devido a cobertura do solo mais homogêneo, devendo ressaltar que é das três estações estudadas, a de urbanização mais densa, sendo assim a porção com maior densidade demográfica.

Em estudo sobre ilha de calor urbana em cidades do nordeste brasileiro, Bezerra *et al.* (2013), encontraram que a área com maior densidade urbana apresenta valores mais elevados e mais constantes em comparação com áreas vegetadas, podendo atingir picos de até 7°C.

Também deve-se ressaltar, devido haver maior concentração populacional nesta região, é possível que haja maior presença de calor antropogênico, que é positivamente relacionado a densidade populacional (CALLEJAS, 2012). Segundo Oke & Maxwell (1974), a intensidade da ilha de calor está associada ao tamanho da população da região estudada. Correlação também encontrada por Pongracz *et al.* (2006), que em estudo em Budapeste, reconheceram uma correlação positiva da intensidade da ilha de calor e da sua densidade demográfica.

A maior intensidade da ICU em Cuiabá – MT ocorreu no período quente-úmido, resultado concordante com Murphy *et al.* (2010), encontraram diferença entre os períodos quente-úmido e quente-seco de até 1°C em Porto Rico.

A fim de se facilitar a análise do comportamento da ICU foi elaborada uma tabela contendo a média dos valores de ICU no período quente-seco e quente-úmido em alguns horários, tais como às 0h, 4h, 8h, 12h, 16h e 20h (TABELA 6).

Tabela 6 – Valores de ICU

Estação	ICU					
	0h	4h	8h	12h	16h	20h
1	-0,7	1,0	-2,0	-8,1	-6,9	-2,1
2	0,05	1,2	5,4	0,5	-3,4	-0,8
3	2,6	3,0	5,1	3,5	-0,2	2,2

É possível observar na tabela 6 que a estação 3 possui maiores valores de ICU em comparação às demais, exceto às 8h, em que a estação 2 apresentou valor de ICU de 5,4°C enquanto que a estação 3 apresentou 5,1°C. A ocorrência de ICU, está em maior intensidade no período matutino. Em acordo a estudos realizados em cidades tropicais (MARQUES *et al.*, 2009; MURPHY *et al.*, 2011; BEZERRA *et al.*, 2013), porém diferente do encontrado em cidades temperadas, que tem maior intensidade de ICU no período noturno, período sem presença de radiação solar (OKE, 1982; KOLOKOTRONI & GIRIDHARAN, 2008; VAN HOVE *et al.*, 2015)

5.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Por meio do teste T de uma análise não paramétrica, foi comprovado que os valores de ilhas de calor possuem suas variâncias diferentes umas das outras, o que vem a comprovar a relação entre a cobertura do solo com os microclimas formados naquelas regiões.

Foi realizado análise estatística por meio do coeficiente de determinação (R^2) entre a ilha de calor urbana (variável dependente) e a radiação solar global (variável independente) em cada estação e período estudado (TABELA 7).

Tabela 7 – Coeficiente de Determinação (R^2) da regressão linear entre a radiação solar global e ICU

	Período Quente-seco	Período Quente-úmido
	R^2	R^2
Relação entre a radiação solar global e ICU na Estação 1	0,311	0,427
Relação entre a radiação solar global e ICU na Estação 2	0,260	0,336
Relação entre a radiação solar global e ICU na Estação 3	0,350	0,435

Os coeficientes de determinação obtiveram valores baixos (inferior a 0,5), porém no período quente-úmido o coeficiente foi mais elevado que no período quente-seco. Provavelmente, no período quente-seco, houve a presença de material particulado no ar, diminuindo assim a radiação solar global, como já visto neste estudo, e assim subdimensionando o R^2 .

Silva (2011) ao comparar variáveis ambientais com a radiação solar global, encontrou correlação significativa somente no período quente-úmido. Kolokotroni & Girihran (2008) em estudo sobre ilha de calor em Londres, analisa que o impacto da radiação solar global na alteração de variáveis ambientais é mínimo.

Foram realizadas as regressões lineares entre as temperaturas e os valores de ICU, porém para as estações 2 e 3 não se mostram significativas (TABELA 8).

Tabela 8 - Coeficiente de Determinação (R^2) da regressão linear entre as temperaturas do ar e ICU

Estação	Temperatura do ar urbano		Temperatura do ar rural	
	Período Quente-seco	Período Quente-úmido	Período Quente-seco	Período Quente-úmido
	R^2	R^2	R^2	R^2
ICU 2	0,0001	0,415	0,2799	0,1219
ICU 3	0,0069	0,2106	0,063	0,0099

Somente a ICU da estação 1 com a temperatura rural em ambos os períodos quente-seco e quente-úmido apresentaram valores significativos de R^2 , apresentados na figura 18.

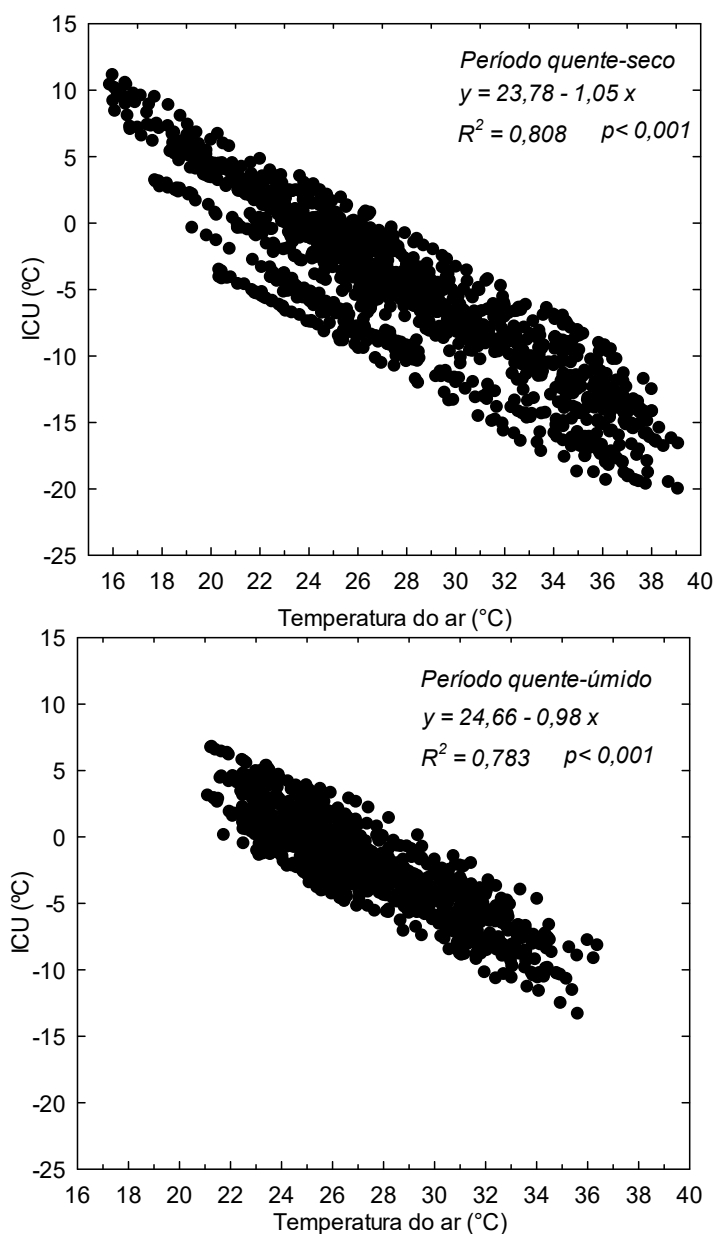


Figura 18 – Regressão linear da temperatura do ar Estação Rural/ Ilha de Calor da Estação 1.

Ambos os períodos apresentam correlação inversa entre a temperatura do ar na área rural e a ilha de calor urbana. O período quente-seco apresentou R^2 de 0,808, enquanto que o período quente-úmido apresentou valor de R^2 de 0,783.

Essa correlação linear apresentada, pode ser explicada devido ao fato da estação 1 apresentar maior estabilidade nas amplitudes do conjunto de valores,

conforme apresentado no box-plot (Figura 17), indicando assim uma relação mais estável entre o valor de ICU com a temperatura rural, sendo que devido a sua ilha de frescor foi demonstrado que sua relação com a área rural é maior, já que a temperatura do ar urbano não sofreu alterações tão significativas a ponto de alterar a ilha de frescor, porém um aquecimento ou resfriamento da área rural alteraria mais rapidamente o valor de ICU desta estação. Assim como o fato da estação 1 estar em área com menor densidade urbana e com índice vegetativo e hídrico elevados, se semelhando com a estação rural.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados, observou-se que a porção urbana com maior densidade urbana (porção urbana 3) apresentou maior temperatura do ar e menor umidade relativa do ar, ao comparar com as demais estações estudadas. Assim como foi a estação a apresentar ilha de calor urbana em todo o período estudado. Com relação a incidência de radiação solar global (R_{sg}) os maiores valores foram no período quente-úmido, assim como a maior umidade relativa do ar, enquanto que a maior temperatura do ar em todas as estações foi no período quente-seco.

Houve formação de ilhas de calor na estação 2 e 3, com comportamentos parecidos, com maiores valores no período quente-seco. Ambas as estações possuem seus picos de ICU no período matutino entre às 8 e 10h, em ambos os períodos estudados. Enquanto que a estação 1, localizada na porção urbana com maior presença de vegetação e corpos d'água, apresentou ilha de frescor em quase todo o dia em ambos os períodos.

A análise estatística, apresentou que a radiação solar global possui baixo impacto sobre a ilha de calor urbana, sendo o maior valor de R^2 encontrado no período quente-úmido, enquanto que a temperatura do ar da estação localizada na área rural apresentou relação significativa somente com os valores encontrados de ilha de frescor na estação 1. Enquanto que em análise estatísticas das variâncias das ICU, ficou comprovado que as ICU possuem suas variâncias diferentes umas das outras, comprovando então a relação da cobertura do solo com os microclimas formado nas porções urbanas estudadas.

Portanto, este estudo se mostrou adequado para análise da relação das variáveis microclimáticas e da cobertura do solo com os microclimas urbanos, podendo demonstrar a importância da análise de cobertura do solo no planejamento urbano de forma a mitigar o rigor climático imposto pelo clima de cidades, ainda em desenvolvimento, como Cuiabá.

6.1. SUGESTÕES 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. Abranger um período maior de medições, podendo ser por meio de transecto móvel a fim de se observar a influência das mudanças de cobertura do solo urbano no microclima em diferentes regiões.
- b. Investigar quais variáveis ambientais possuem maior impacto nas Ilhas de Calor Urbana em cidades tropicais.
- c. Analisar o microclima com maior quantidade de Estações Micrometeorológicas distribuídas no perímetro urbano de Cuiabá, abrangendo principalmente áreas mais verticalizadas.
- d. Analisar os canyons urbanos e fator de visão do céu para estudos da influência da ventilação e sombreamento nas trocas térmicas na cidade.
- e. Estudar sobre a evapotranspiração das plantas no ambiente urbano, assim como a evaporação das superfícies de água, mensurando o quanto esses fatores contribuem para a mitigação da ilha de calor.

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.

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

ANGELOCCI, L. R.; PEREIRA, A. R.; SENTELHAS P.C. **Agrometeorologia - Fundamentos e Aplicações Práticas**. 1. ed., Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuaria Ltda., 2002, 475p.

ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water and the urban heat island. **International Journal Climatology**, vol. 23, pp.1–26, 2003.

ÁVILA, A. D.; ITO, C. S. M.; TRICHES, F. R.; ANTUNES, F. F.; BARBOSA, J. A.; BISSI, L. B.; ALMEIDA, R. T. A. P.; REICHEL, V.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NEVES, G. A. R.; NOGUEIRA, J. S. **Análise de revestimentos de cobertura do solo em parque urbano na cidade de Cuiabá-MT-Brasil**. In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. Campinas – SP. 2015.

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 12ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

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.

BEZERRA, P. T. C.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; AZEVEDO, P. V. Ilhas De Calor E Desconforto Térmico No Semiárido Brasileiro: Um Estudo De Caso Na Cidade De Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 06, N. 03 p. 427-441. 2013.

BIAS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M.; LOMBARDO, M. A. **Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos**. In: Anais Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte: INPE, p. 1741-1748. 2003.

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.

CALLEJAS, I. J., DURANTE, L. C., ROSSETI, K. A. C. Contribuição da Pavimentação Asfáltica para o Aquecimento de Áreas Urbanas. **E&S - Engineering and Science**. 2015.

CARRACA M.G.D.; COLLIER C.G. Influência da morfologia urbana na distribuição da precipitação na Grande Manchester, Cidades e Alterações Climáticas. Que futuro?. CEG, Universidade de Lisboa, 15-16, 2008.

CHE-ANI, A. I.; SHAHMOHAMADI, P.; SAIRI, A.; MOHD-NOR, M. F. I.; ZAIN, M. F. M.; SURAT, M. Mitigating the Urban Heat Island Effect: Some Points without Altering Existing City Planning. **European Journal of Scientific Research**. v. 35, p. 204–216, 2009.

CHEN, X. L.; ZHAO, H. M.; LI, P. X.; YIN, Z. Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.104, p.133-146, 2006.

CONTI, J. B. **Clima e Meio Ambiente**. São Paulo: Atual, 1998, 3ª ed.

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

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá / **Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico de Cuiabá**. IPDU – Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. Adriana Bussiki Santos (Org.) Cuiabá, MT: Entrelinhas, 2008.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá / **Perfil Socioeconômico de Cuiabá**. IPDU – Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. Adriana Bussiki Santos (Org.) Cuiabá, MT: Central de Textos, 2009.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá / *Perfil Socioeconômico de Cuiabá – Volume V*. Cuiabá – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano – SMDU, Setembro, 2012.

DIAS, V. R. M. **Variabilidade espaço-temporal da composição química da precipitação em Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2011. 97 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

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.; SERRA, G. G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlação e proposta de um indicador. **Ambiente Construído**. v.3, n.2, p.7-20, abr./jun.2003. ISSN 1415-8876. Porto Alegre, 2003.

DINIZ, G. L.; FONSECA, M.; CAMPELO JR., J. H. Análise harmônica do regime de precipitação em duas localidades da baixada cuiabana. **Revista Biomatemática**, v. 18, p. 37-48, 2008.

EMMANUEL, M. R. **An Urban Approach to Climate-Sensitive Design: Strategies for the tropics**. Spon Press, New York. p. 63-89, 2005

FERREIRA, M. J.; OLIVEIRA, A. P.; SOARES, J.; CODATO, G.; BARBARO, E. W.; ESCOBEDO, J. F. Radiation balance at the surface in the city of São Paulo, Brazil: diurnal and seasonal variations. **Theoretical Applied Climatology**. v. 107, p. 229–246. 2012.

FRANCO, F. M. **Configuração urbana e sua interferência no microclima local: estudo de caso no bairro do Porto em Cuiabá-MT** Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, 2010.

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

GARCÍA, M. C. M. **Climatologia Urbana**. Barcelona: Universitat de Barcelona, Textos Docents – 160p, 1999.

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

GOMES, F. J. D. **Relação entre Variáveis Meteorológicas e Cobertura do Céu na região central de Cuiabá e entorno**. 73f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, 2010.

GONÇALVES, C.E.C. **Ruas confortáveis, ruas com vida - Proposição de diretrizes de desenho urbano bioclimático para vias públicas**. Dissertação – Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico** (2010). Disponível em <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em 10/02/2016.

INMET - Instituto Nacional De Meteorologia. **Climatologia**. 2003. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>. Acesso em: 10/03/2016.

JOHANSSON E. Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. **Building and Environment**, nº41, p. 1326- 1338, 2006.

KANDA, M. Progress in the scale modeling of urban climate: Review. **Theoretical Applied Climatology**, vol. 84, pp. 23–33, 2006.

KATZSCHNER, L. **Urban climate studies as tools for urban planning and architecture**. In: Anais IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Salvador, 1997.

KARAM H. A.; PEREIRA FILHO, A. J; MASSON, V.; NOILHAN, J.; MARQUES FILHO, E. P. Formulation of a tropical town energy budget (t-TEB) scheme. **Theoretical Applied Climatology**. v. 01 p.109–120. 2010.

KOLOKOTRONI, M.; ZHANG, Y.; WATKINS, R. The London heat island. and building cooling design. **Solar Energy**. 81 (1), 102–110. 2007.

KOLOKOTRONI, M.; GIRIDHARAN, R. Urban heat island intensity in London: An investigation of the impact of physical characteristics on changes in outdoor air temperature during summer. **Solar Energy**. v.82. p.986–998. 2008.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. Nova York: Academic Press, 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. **Ilha de calor nas metrópoles**. São Paulo: Hucitec, 1985.

LUCENA, A. J. Notas conceituais e metodológicas em clima urbano e ilhas de calor. **Revista Continentes** (UFRRJ), ano 2, nº2, 2013.

LUZ, V. S.; MACIEL, C. R.; PINTO JÚNIOR, O. B.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S. Análise preliminar das características ambientais em espaço de lazer: pista de caminhada da UFMT. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v(9), nº 9, p. 2049-2058, 2013.

MACIEL, C. R. **Análise da relação entre características do ambiente urbano e comportamento de variáveis microclimáticas: Estudo de caso em Cuiabá-MT**. 127f. Dissertação, (Mestrado em Física Ambiental), UFMT, Cuiabá, 2011.

MACIEL, C. R.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S. Cobertura do solo e sua influência na temperatura de microclimas urbanos na cidade de Cuiabá-MT. **Revista Caminhos da Geografia**. Uberlândia v. 12, n. 38. p.40–57. set/2011.

MACIEL, C. R.; LUZ, V. S.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S. Interação das Variáveis Microclimáticas e Cobertura do Solo em Região Urbana e Limítrofe-Urbana na Cidade de Cuiabá/MT. **Caminhos de Geografia (Revista Online)**, v. 15, n. 51, p. 199–215, Setembro, 2014.

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.

MAITELLI, G. T. Interações Atmosfera-Superfície. In: Moreno G.; Higa T. C. S. organizadores. **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade e ambiente**. Entrelinhas: Cuiabá, 2005. 296p.

MARQUES FILHO, E.P.; KARAM, H. A.; MIRANDA, A.G.; FRANCA, J. R. A. **Rio de Janeiro's urban climate**. Urban Climate News — Quarterly Newsletter of the International Association of Urban Climate (IAUC), issue no. 32, June, 5–9. 2009.

MASCARÓ, L. **Ambiência Urbana**. 1 ed. Porto Alegre: Sagra – DC Luzzatto, 1996.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. L. **Vegetação Urbana**. Porto Alegre. 3ª Edição, 2010.

MEMON, R.A., LEUNG, D.Y.C., LIU, C.H., LEUNG, M.K.H. Urban heat island and its effect on the cooling and heating demands in urban and suburban areas of Hong Kong. **Theoretical Applied Climatology**, v. 103 n. 3-4, pp. 441-450. 2010.

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**. In: Clima Urbano. Org. Mendonça, F., Monteiro, C. A. de F. São Paulo: Contexto, 2003.

MENDONÇA, R.S.R. de; ASSIS, E.S. Conforto térmico urbano: estudo de caso do bairro Floresta de Belo Horizonte – MG. In: **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.3, n.3, p. 45-63, jul./set. 2003.

MINELLA, F. C. O. **Avaliação da influência de aspectos da geometria urbana sobre os níveis de conforto térmico em ruas de pedestres de Curitiba**. Dissertação – Mestrado em Tecnologia – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MINELLA, F. O.; KRUGER, E. L. **Impactos da geometria urbana no microclima**, Curitiba, Disponível em www.utfpr.edu.br/curitiba/estrutura-universitaria/diretorias/dirppg/eventos/mopp/2010/artigos/ppgte/MOPP2010PPGTEFOMinella.pdf, acessado em abril, 2016.

MORENO G., HIGA T. C. S. **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. Cuiabá. Entrelinhas. 2005. 269p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Série Teses e Monografias, n.25 – 1976.

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.

MURPHY, D. J.; HALL, M. H.; HALL, C. A. S.; HEISLER, G. M.; STEHMAN, S. V.; ANSELM-MOLINA, C. The relationship between land cover and the urban heat island in northeastern Puerto Rico. **International Journal Of Climatology**. p. 1222–1239. 2011.

NERY, J. **Temperatura do ar e padrões de ocupação em Salvador**. In: VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 05 a 07 de novembro de 2003, Curitiba-PR. Anais do VII ENCAC; 2003.

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.

OKE, T. R. **The distinction between canopy and boundary-layer heat islands**. *Atmosphere*. p.268–277. 1976.

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

OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v.1, 1981.

OKE, T.R. The Energetic Basis of the Urban Heat Island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.108, n.455, p.1-24. Jan. 1982.

OKE, T. R., MAXWELL, G. B. Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. **Journal of Climatology**, vol. 9. pp. 192-200. 1984.

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

OKE, T.R. **Boundary layer climates**. 2.ed. New York: Routledge, 1996.

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

OKE, T. R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. IOM Report, TD. World Meteorological Organization, Geneva, 2006.

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.

OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; SANCHES, L.; DE MUSIS, C. R. Microclima urbano - praças públicas em Cuiabá/MT/BRASIL. **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia v. 13, n. 43 p. 311–325. out/2012.

ORLANSKI, I. Rational subdivision of scales for atmospheric process. *Bull. Amer. Met. Soc.*, v.56, 1975.

PENG, S., PIAO, S., CIAIS, P., FRIEDLINGSTIEN, P., OTTLE, C., BREON, F. M., NAN, H., ZHOU, L., MYNEMI, R. B. Surface Urban Heat Island Across. *Environmental Science & Technology*, v. 46, p. 696-703, 2012.

PEZZUTO, C. C.; LABAKI, L. C.; FRANCISCO FILHO, L. L. **Conforto térmico nos espaços urbanos abertos: a morfologia urbana e a relação com as condições climáticas.** In: VII ENCAC e 3ª Conferência Latino-Americana Sobre Conforto E Desempenho Energético De Edificações, Curitiba, 2003.

PONGRACZ, R.; BARTHOLY, J.; DEZSO, Z.; Remotely sensed thermal information applied to urban climate analysis. *Advances in Space Research*. vol. 37, pp. 2191–2196. 2006.

RAJAGOPALAN, P.; LIM, K. C.; JAMEI, E. Urban heat island and wind flow characteristics of a tropical city. *Solar Energy*, p. 159–170, 2014.

RIZWAN, A. M.; DENNIS, L. Y. C.; LIU, C. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, vol. 20, pp. 120–128. 2008.

ROCHA, A. F.; PAULA, D. C. J.; SOUZA, N. S.; SILVA, P. C. B. S.; MIRANDA, S. A.; ZAMADEI, T.; SOUZA, A. P.; MACHADO, N. G.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, J. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A. **Variações microclimáticas de áreas urbanas em biomas no estado de Mato Grosso: Cuiabá e Sinop.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v.4, p.246-257, dez/2015.

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

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura bioclimática do espaço público.** 1. ed. Brasília: UNB, 2007. 226 p.

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.

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

SILVA, V. A. M. **Influência da cobertura do céu na estimativa da Radiação Solar utilizando modelo digital de elevação**. 2011. 73 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

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.

SHOBHAKAR, D.; HANAKI, K. Improvement of urban thermal environment by managing heat discharge sources and surface modification in Tokyo. **Energy and Buildings**. 34, 13–23. 2002.

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.

STEWART, I. D. A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. **International Journal Climatology**, vol. 31, pp. 200–217. 2011.

TAHA, H. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. **Journal of Energy and Buildings**, nº25, p. 99-103, 1997.

VENTURA, T. M.; OLIVEIRA, A. G.; MARQUES, H. O.; OLIVEIRA, R. S.; MARTINS, C. A.; FIGUEIREDO, J. M.; BONFANTE, A. G. **Uma abordagem computacional para preenchimento de falhas em dados micrometeorológicos**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online), v. 1, p. 61-70, 2013.

VAN HOVE, L. W. A.; JACOBS, C. M. J.; HEUSINKVELD, B. G.; ELBERS, J. A.; VAN DRIEL, B. L.; HOLTSLAG, A. A. M. Temporal and spatial variability of urban heat island and thermal comfort within the Rotterdam agglomeration. **Building and Environment**. v.83 p.91-103. 2015.

VAREJÃO, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife-PE Brasil, Março de 2006.

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.

VOOGT, J. A. Urban Heat Island, Causes and consequences of global environmental change. **Encyclopedia of Global Environmental Change**. vol. 3, pp. 660-666. 2002.

VOOGT, J. A., OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, vol. 86, pp. 370–384. 2003.

WATKINS, R.; PALMER, J.; KOLOKOTRONI, M. Increased temperature and intensification of the urban heat island implications for human comfort and urban design. **Building and Environment**. v. 33 p. 86–96. 2007.

WONG, N. H.; YU, C. Study of green areas and urban heat island in a tropical city. **Habitat International**. p.547–558. 2005.

XAVIER, T. M. B. S.; PEREIRA FILHO, A. J. **Análise das medições e observações meteorológico-climáticas de superfície**. In: Pereira Filho, A.J., Santos, P.M., Xavier, T.M.B.S. (eds), *Evolução do tempo e do clima na região metropolitana de São Paulo*, cap.6, Linear B; IAG/USP, 2007.

YANNAS, S., MALDONADO, E., eds. **PASCOOL handbook - Designing for summer comfort**. Architectural Association Graduate School, Londres, 1995. Cap. 4: Thermal Inertia.

7.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

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

LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR**. 2012. 172f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

LIU, W.; YOU, H.; DOU, J. Urban-rural humidity and temperature differences in the Beijing area. **Theor. Appl. Climatol.**, Viena, p.1-7, 2008.

MACHADO, N. G.; FRIEDLANDER, V. A.; SANCHES, L.; BIUDES, M. S. Temperatura e Umidade relativa do ar na estação seca em diferentes usos do solo no Campus Cuiabá - Bela Vista do IFMT. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v.(9), nº 9, p. 2018-2025. 2013.

OLIVEIRA, J. R. F.; ZANELLA, M. E. Ilhas de Calor em cidade de pequeno porte: o caso de Pacatuba-CE. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.1278 - 1286, 2012.

SOUZA, F. X. S. Alterações do Macroclima Urbano de Paranaguá devido a ação antrópica – PR. **HARPIA-Revista de Divulgação Científica e Cultural do Isulpar**, v.1, nº 1, novembro/2010.

STREILING, S.; MATZARAKIS, A. Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 29, n. 6, p. 309-317, 2003.

VILELA, J. A. **Variáveis do clima urbano: análise da situação atual e prognósticos para a região do bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG**. 2007. 213f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

XU, H. A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 29, n. 14, pp. 4269- 4276. 2008.